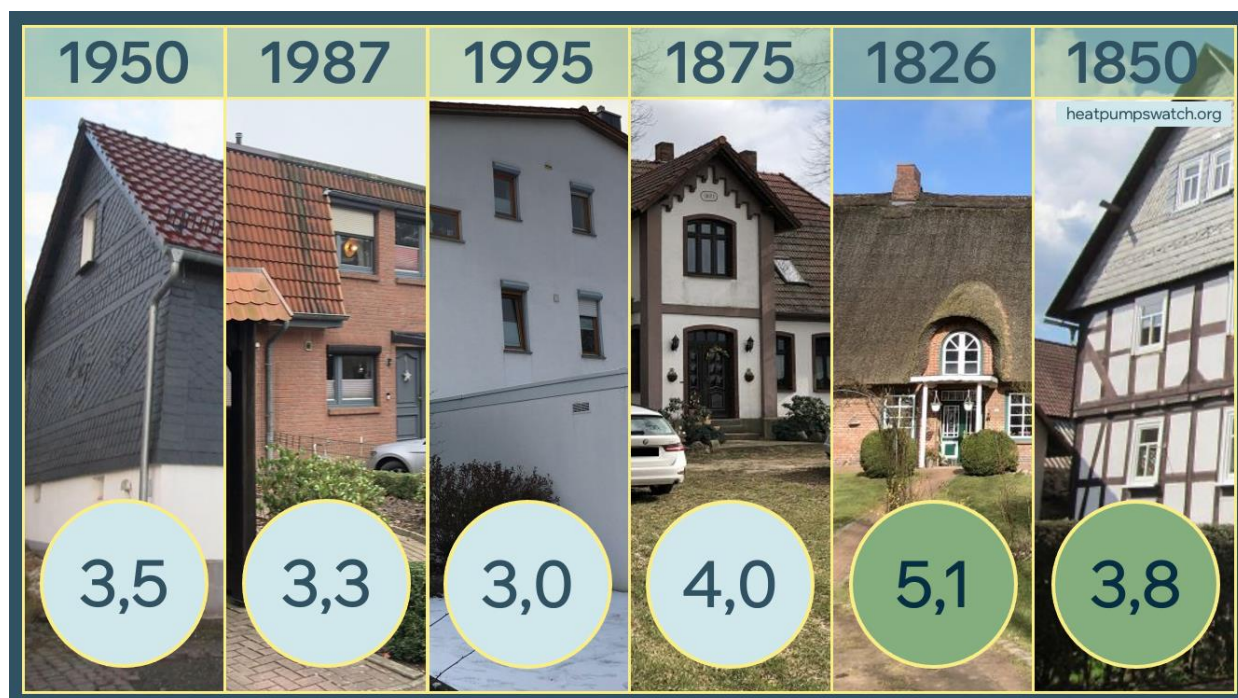


Efektywność a wiek budynku: pompy ciepła w budynkach od 1826 roku do współczesności

Autor: dr inż. Marek Miara. Oryginał opublikowany 25.11.2025 (niem.); wersja polska: 08.09.2026.

Analiza pomp ciepła w budynkach istniejących okazała się zadaniem bardzo obiecującym. Wartości średnie wskazywały wprawdzie pewien kierunek, ale dopiero dokładne przyjrzenie się poszczególnym instalacjom ujawniło, które z nich kryją w sobie duży potencjał, a które potencjalne pułapki. Dlatego w artykule szczegółowo przeanalizujemy sześć domów, od zabytkowego budynku z 1826 roku po obiekt z 1995 roku. Główny wniosek można zdradzić już na początku: o wysokiej efektywności nie decyduje wiek budynku, lecz kompetentne zaprojektowanie i prawidłowa instalacja całego systemu grzewczego, w szczególności hydrauliki.



W pierwszej części artykułu wszystkie domy poddamy jednostkowej analizie i ocenie, aby pokazać ich charakterystykę oraz związane z tym specyficzne wyzwania. W podsumowaniu przedstawimy natomiast generalne wnioski dotyczące ogółu budynków starszych z instalacjami pomp ciepła.

W ramach projektu badawczego „WP-QS im Bestand” przeprowadzonego w niemieckim instytucie Fraunhofer ISE zbadano 77 instalacji pomp ciepła w budynkach istniejących. W naszej analizie skoncentrujemy się na sześciu wybranych obiektach, które odzwierciedlały reprezentatywne spektrum różnych warunków ramowych i charakterystyk pracy. Szczegółową analizę wszystkich zbadanych obiektów można znaleźć w raporcie końcowym projektu.¹ Efektywność wybranych instalacji leżała zarówno poniżej, jak i powyżej średnich wartości efektywności instalacji pomp ciepła ze wspomnianego projektu.

Cztery z opisywanych instalacji były obsługiwane przez pompę ciepła typu powietrze-woda i dwie przez gruntową pompę ciepła z sondami gruntowymi. Budynki powstały w różnym czasie: od 1826 do 1995 roku i charakteryzowały się różnym poziomem modernizacji energetycznej. Szczególną uwagę poświęcimy osiąganym w nich rocznym współczynnikom efektywności (SPF) pomp ciepła, temperaturze systemów grzewczych, a także hydraulicznym i regulacyjnym charakterystykom poszczególnych instalacji.

Słaby standard energetyczny, dobra efektywność

	1950	standard energetyczny	zły
	120 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	145 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	42 °C
		maksymalna temp. grzewcza	59 °C
		rozprowadzenie ciepła	grzejniki
		źródło ciepła	powietrze

Instalacja o oznaczeniu ID 541 znajdowała się w budynku z 1950 roku o powierzchni ogrzewanej 120 m². Stan energetyczny budynku należało ocenić jako słaby: w przeszłości wymieniono jedynie okna, podczas gdy pozostałe elementy pozostały w stanie pierwotnym.

Mimo dużego zapotrzebowania energetycznego budynku, na poziomie 145 kWh/m² rocznie, pompa ciepła typu powietrze-woda współpracująca z instalacją grzejnikową osiągnęła wysoki roczny współczynnik efektywności (SPF) wynoszący 3,5. Jednym z powodów tak dobrego wyniku była stosunkowo wysoka wartość współczynnika COP (ang. *Coefficient of Performance*) tej konkretnej pompy ciepła. Dla punktu pomiarowego A2/W35 wynosiła ona 4,3, co wskazywało na efektywną pompę ciepła. Dom był wyposażony w hybrydowy system grzewczy, przy czym dodatkowe źródło ciepła w postaci kotła gazowego nie miało istotnego wpływu na pracę pompy ciepła.

Średnia temperatura obiegu grzewczego wyniosła 42 stopnie Celsjusza, maksymalna 59 stopni Celsjusza. Tym samym instalacja ta należała do systemów o raczej wysokich wartościach temperatury wśród wszystkich badanych budynków. Wynikało to ze słabego stanu energetycznego budynku.

Wysokie zużycie energii cieplnej w budynku (145 kWh/m² rocznie) to również pokłosie jego słabej izolacji termicznej. Udział ciepłej wody użytkowej wynosił 14 procent całkowitego zapotrzebowania na energię cieplną, co jest wartością typową dla tego typu domów jednorodzinnych.

Wnioski: Mimo wysokiej temperatury systemu grzewczego instalacja osiągnęła dobrą efektywność. Przykład ten pokazuje, że nawet w niezmodyfikowanych starych budynkach, wymagających wysokiej temperatury układu grzewczego, możliwe jest osiągnięcie dobrych rocznych współczynników efektywności, które gwarantują opłacalność ekonomiczną takich instalacji.

Dobry standard energetyczny, przeciętna efektywność

	1987	standard energetyczny	dobry
	165 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	53 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	33 °C
		maksymalna temp. grzewcza	47 °C
		rozprowadzenie ciepła	grzejniki
		źródło ciepła	powietrze

Instalacja ID 546 pracowała w budynku z 1987 roku o powierzchni ogrzewanej 165 m². Szczegółowe dane o przeprowadzonych w nim pracach modernizacyjnych nie były dostępne, jednak niskie zużycie energii pozwalało wnioskować o dobrym standardzie energetycznym budynku.

Pompa ciepła powietrze-woda współpracowała z instalacją grzejnikową i osiągnęła roczny współczynnik efektywności (SPF) na poziomie 3,3. Warto przy tym zaznaczyć, że pompa charakteryzowała się stosunkowo niskim na tle pozostałych instalacji współczynnikiem COP w punkcie A2/W35, wynoszącym 3,7 (dla porównania: w odcinku 3 przeanalizowano wartości COP dostępnych obecnie na rynku pomp ciepła).

Instalacja ta, ze średnią temperaturą obiegu grzewczego 33 stopnie Celsjusza i maksymalną 47 stopni Celsjusza, wykazywała stosunkowo niskie wartości temperatury na tle wszystkich badanych instalacji pomp ciepła powietrze-woda, co powinno umożliwić w normalnych warunkach jej efektywną pracę.

Przy zapotrzebowaniu na ciepło na poziomie zaledwie 53 kWh/m² rocznie instalacja osiągnęła najniższe zużycie energii cieplnej spośród wszystkich sześciu badanych obiektów. Udział ciepłej wody użytkowej był relatywnie wysoki i wynosił 22%, co jest typowe przy niskim zapotrzebowaniu na ogrzewanie pomieszczeń.

Wnioski: Mimo dobrego stanu energetycznego budynku i niskiej temperatury pracy obiegu grzewczego efektywność instalacji wyniosła jedynie 3,3. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem jest to, że sama pompa ciepła, w porównaniu z nowszymi modelami, miała niższą podstawową efektywność, widoczną w wartościach COP.

Wysoka temperatura obiegu grzewczego

	1995	standard energetyczny	dobry
	170 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	70 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	47 °C
		maksymalna temp. grzewcza	64 °C
		rozprowadzenie ciepła	grzejniki
		źródło ciepła	powietrze

Instalacja ID 514 pracowała w budynku z 1995 roku charakteryzującym się dobrym pierwotnym stanem energetycznym, dodatkowo poprawionym przez niewielkie prace termomodernizacyjne. Budynek z powierzchnią ogrzewaną 170 m² reprezentował typowy dom jednorodzinny z lat 90. XX wieku.

Zapotrzebowanie na ciepło pokrywała pompa ciepła typu powietrze-woda współpracująca z instalacją grzejnikową i zbiornikiem ciepła typu kombi (połączenie zbiornika buforowego ze zbiornikiem na ciepłą wodę użytkową). Osiągnęła ona roczny współczynnik efektywności (SPF) na poziomie 3,0. Wobec stosunkowo wysokich wartości temperatury w obiegu grzewczym stanowiło to wprowadzenie solidny wynik, ale jednocześnie był on wyraźnie poniżej wartości średniej osiągniętej dla całej grupy badanych instalacji (SPF średnio 3,4).

Zwracał uwagę fakt, że instalacja ta, mimo iż budynek był najmłodszy spośród sześciu wybranych obiektów i wszystkich obiektów z projektu Fraunhofer ISE, wykazywała najwyższe średnie (47 stopni Celsjusza) i maksymalne (64 stopnie Celsjusza) wartości temperatury obiegu grzewczego. Krzywa grzewcza była ustawiona bardzo wysoko i płasko, co oznaczało, że zarówno przy temperaturze zewnętrznej 5 stopni Celsjusza, jak i 15 stopni Celsjusza stosowane były niemal identyczne i do tego zbyt wysokie wartości temperatury zasilania.

Zużycie energii cieplnej przed montażem pompy ciepła wynosiło 144 kWh/m² rocznie. Po instalacji pompy ciepła zmierzono jednak znacznie niższe jej zużycie, na poziomie 70 kWh/m² rocznie, i to łącznie z przygotowaniem ciepłej wody użytkowej. Grzałka elektryczna nie była wykorzystywana w okresie pomiarowym.

Wnioski: Wysokie wartości temperatury obiegu grzewczego nie pasowały do niskiego zapotrzebowania na energię grzewczą tego budynku. Po optymalizacji krzywej grzewczej oraz ewentualnym zastosowaniu grzejników niskotemperaturowych możliwe jest osiągnięcie znacząco wyższej efektywności.

Bardzo dobra efektywność w starym domu

	1875	standard energetyczny	średni
	360 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	110 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	36 °C
		maksymalna temp. grzewcza	57 °C
		rozprowadzenie ciepła	grzejniki
		źródło ciepła	powietrze

Instalacja ID 571, w budynku z 1875 roku, reprezentowała jeden z najstarszych obiektów. Był to budynek o ponadprzeciętnej powierzchni ogrzewanej – wielkości 360 m². Nie dysponowano dokładnymi danymi o konkretnych pracach modernizacyjnych, jednak stan wizualny wskazywał na jedynie ich niewielki zakres.

Pompa ciepła typu powietrze-woda współpracująca z instalacją grzejnikową osiągnęła w tym budynku bardzo wysoki roczny współczynnik efektywności (SPF) równy 4,0, czyli wyraźnie powyżej średniej 3,4 dla wszystkich zbadanych w projekcie pomp ciepła tego samego typu. Równie wysoka była wartość współczynnika COP tej pompy ciepła w punkcie A2/W35, wynosząca 4,4, co wskazywało na wysoce efektywne urządzenie pracujące w korzystnych warunkach.

Ze średnią temperaturą obiegu grzewczego 36 stopni Celsjusza i maksymalną 57 stopni Celsjusza instalacja mieściła się w zakresie temperaturowym niskim do średniego, co było godne uwagi w przypadku niezmmodernizowanego budynku z XIX wieku i wskazywało na grzejniki o dużej powierzchni wymiany ciepła.

Zużycie energii cieplnej wynosiło 110 kWh/m² rocznie, co dla budynku w tym wieku i z niewielkim zakresem modernizacji należało uznać za wartość raczej niską. Głębsza analiza wykazała skomplikowane prowadzenie rur hydraulicznych wokół zasobnika ciepła, z częściowo błędnymi przepływami wynikającymi z wadliwie wykonanej hydrauliki instalacji.

Wnioski: Mimo niedoskonałości hydraulicznych instalacja osiągnęła znakomite wartości efektywności dzięki wysokiej jakości pompie ciepła i korzystnym wartościom temperatury systemu grzewczego. Przykład ten przekonuje, że nawet w zabytkowych, w dużej mierze niezmmodernizowanych budynkach można osiągnąć bardzo dobre roczne współczynniki efektywności pomp ciepła.

Wysoki potencjał efektywności gruntowych pomp ciepła

	1826	standard energetyczny	średni
	240 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	95 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	32 °C
		maksymalna temp. grzewcza	60 °C
		rozprowadzenie ciepła	mieszane
		źródło ciepła	grunt

Instalacja ID 569 znajdowała się w najstarszym z przedstawionych budynków, pochodzącym z 1826 roku. Powierzchnia ogrzewana wynosiła 240 m². Po przeprowadzeniu kompleksowej modernizacji budynek odpowiadał przeciętnemu standardowi energetycznemu.

Gruntowa pompa ciepła z sondami gruntowymi współpracowała z mieszanym systemem rozprowadzenia ciepła, złożonym z grzejników i ogrzewania podłogowego. Z rocznym współczynnikiem efektywności (SPF) na poziomie 5,1 instalacja ta osiągnęła najwyższą wartość tego współczynnika spośród wszystkich sześciu badanych obiektów. Dodatkowo zainstalowany był kocioł na pellet, który jednak nie miał żadnego wpływu na pracę systemu. Udział pompy ciepła w pokryciu zapotrzebowania cieplnego wynosił niemal 100%.

Instalacja pracowała przy najniższej średniej temperaturze obiegu grzewczego spośród sześciu analizowanych systemów, wynoszącej 32 stopnie Celsjusza. Temperatura maksymalna wynosiła 60 stopni Celsjusza. Te zróżnicowane poziomy temperatury wynikały z połączenia ogrzewania podłogowego oraz grzejników, a pracę z tak niskimi parametrami temperaturowymi umożliwiła przeprowadzona termomodernizacja. Zużycie energii cieplnej w budynku na poziomie 95 kWh/m² rocznie mieściło się w umiarkowanym zakresie.

Wnioski: Instalacja ta dobitnie pokazuje, jaki wysoki potencjał efektywności mają gruntowe pompy ciepła w zmodernizowanych starych budynkach o niskiej temperaturze systemu grzewczego. Potwierdził się więc w pełni potencjał tej technologii, zarówno dzięki niskim parametrom pracy, jak i wykorzystaniu bardzo dobrego dolnego źródła ciepła. Instalację dodatkowo wyposażono w kocioł na pellet, jednak praca systemu pokazała, że pompa ciepła była w stanie niemal samodzielnie pokryć obciążenie cieplne, przez co funkcja kotła na pellet jako rezerwy stała się w zasadzie zbędna.

Błędy montażowe obniżają efektywność systemu

	1850	standard energetyczny	średni
	205 m ²	zapotrzebowanie na ciepło	104 [kWh/m ² a]
		średnia temp. grzewcza	42 °C
		maksymalna temp. grzewcza	51 °C
		rozprowadzenie ciepła	grzejniki
		źródło ciepła	grunt

Instalacja ID 573 była zamontowana w budynku z 1850 roku o powierzchni ogrzewanej 205 m². Po przeprowadzonych pracach termomodernizacyjnych budynek odpowiadał przeciętnemu standardowi energetycznemu. Dodatkowo zainstalowane były kolektory słoneczne.

Gruntowa pompa ciepła z sondami gruntowymi zasilala instalację grzejnikową i osiągnęła roczny współczynnik efektywności (SPF) na poziomie 3,8. Dla pomp ciepła gruntowych jest to wartość raczej umiarkowana, co w tym przypadku wynikało ze stwierdzonych błędów w instalacji hydraulicznej.

Średnia temperatura obiegu grzewczego wyniosła 42 stopnie Celsjusza, a maksymalna 51 stopni Celsjusza. Mimo wykorzystania gruntowego źródła ciepła wartości temperatury obiegu grzewczego mieściły się więc w zakresie średnim do wysokiego, co ograniczało efektywność instalacji, a zużycie energii cieplnej na poziomie 104 kWh/m² rocznie było wartością średnią.

Budynek ten charakteryzował się bardzo skomplikowaną i częściowo błędnie wykonaną instalacją hydrauliczną. Na przykład przyłącza zostały zamienione miejscami przy podłączeniu do bufora, co prowadziło do dużego spadku temperatury (przy jego równoległym wpięciu do systemu grzewczego).

Wnioski: Błędy hydrauliczne wyraźnie obniżyły efektywność systemu, co dobrze widać w porównaniu z instalacją opisaną wcześniej. Ten przykład uwidoczniał, jak duże znaczenie dla ogólnej efektywności systemu z pompą ciepła ma staranne zaplanowanie hydrauliki i kompetentny montaż.

Podsumowanie i wnioski

Analiza sześciu wybranych instalacji dostarczyła istotnych wniosków dotyczących pracy pomp ciepła w budynkach istniejących:

- **Potencjał efektywności nie zależy od wieku budynku.** Zbadane instalacje dowiodły, że pompy ciepła mogą osiągać wysokie roczne współczynniki efektywności również w budynkach zabytkowych. Zakres obejmował obiekty powstałe w latach od 1826 do 1995, przy czym nie stwierdzono bezpośredniej korelacji między wiekiem budynku a efektywnością. Decydujące znaczenie miały natomiast wartości temperatury systemu grzewczego i sposób zaprojektowania hydrauliki.
- **Niska temperatura w systemie odgrywa istotną rolę.** Instalacje o najniższych wartościach temperatury obiegu grzewczego (ID 569: 32 stopnie Celsjusza, ID 546: 33 stopnie Celsjusza, ID 571: 36 stopni Celsjusza) osiągnęły najlepszą efektywność. Tak niskie wartości temperatury mogą wynikać z kilku czynników: przewymiarowania pierwotnej instalacji rozprowadzającej ciepło, wymiany tradycyjnych grzejników na grzejniki niskotemperaturowe, modernizacji energetycznej lub kombinacji tych działań. Analiza pokazała, że przy odpowiednim zaprojektowaniu całego systemu także w budynkach bez lub tylko z częściową termomodernizacją można osiągnąć niską temperaturę w obiegu grzewczym.
- **Gruntowe pompy ciepła mają przewagę.** Obie analizowane gruntowe pompy ciepła, z wartościami SPF na poziomie 5,1 (ID 569) i 3,8 (ID 573), osiągnęły średnio wyraźnie wyższą efektywność niż pompy ciepła powietrze-woda (od 3,0 do 4,0). Potwierdziło to zasadniczą przewagę efektywnościową gruntowych źródeł ciepła, choć instalacja o numerze 573 pokazała, że błędy hydrauliczne mogą tę przewagę wyraźnie ograniczyć.
- **Hydraulika ma kluczowe znaczenie.** Instalacje 571, a zwłaszcza 573, pokazały, jak bardzo błędy w projektowaniu i wykonaniu hydrauliki mogą pogorszyć efektywność systemu. Skomplikowane prowadzenie rur, błędne przepływy czy zamienione przyłącza wyraźnie obniżyły osiągalny roczny współczynnik efektywności. Dlatego staranne projektowanie hydrauliki i zapewnienie jak najwyższej jakości montażu są tak istotne.
- **Wykorzystanie grzałki elektrycznej jest znikome.** W czterech z sześciu analizowanych instalacji grzałka elektryczna w ogóle nie była wykorzystywana albo tylko w minimalnym stopniu (poniżej 2 procent). Pokazało to, że nawet w starych budynkach bez termomodernizacji, o wyższej temperaturze systemu grzewczego, możliwa jest praca w dużej mierze monoenergetyczna, choć trzeba pamiętać, że okres pomiarowy był stosunkowo łagodny, jeśli chodzi o temperatury zewnętrzne.
- **Kompleksowa termomodernizacja często nie jest konieczna.** Wyniki zrelatywizowały często wyrażane przekonanie, że pompy ciepła w budynkach istniejących bezwzględnie wymagają ich uprzedniej kompleksowej termomodernizacji. Instalacja 541 (niezmodernizowany budynek z 1950 roku) oraz instalacja 571 (niemal niezmodernizowany budynek z 1875 roku) osiągnęły dobre roczne współczynniki efektywności, odpowiednio SPF 3,5 i 4,0. Decydujące znaczenie miało w tych przypadkach zaprojektowanie całego systemu pod kątem dopasowanych, choć niekoniecznie bardzo niskich wartości temperatury systemu grzewczego.

Przedstawione wyniki pomiarów terenowych jednoznacznie wskazują na duży potencjał technologii pomp ciepła w budynkach istniejących. Jednocześnie przekonują one, że prawidłowe projektowanie, dobór i montaż mają decydujące znaczenie dla osiągnięcia wysokiej efektywności układów grzewczych.

Najważniejsze przesłania:

- Efektywność pompy ciepła w budynku istniejącym nie zależy od wieku budynku, a raczej od dobrego zaprojektowania i prawidłowej instalacji.
- Nawet przy wysokiej temperaturze zasilania można osiągnąć dobrą efektywność. W starszych budynkach, jedynie z częściową termomodernizacją lub nawet bez niej, pompa ciepła również może pracować efektywnie, zapewniając ekonomiczną opłacalność.
- Dobry standard budynku i niska temperatura systemu grzewczego nie gwarantują najwyższej efektywności. Wśród dostępnych na rynku modeli pomp ciepła można zaobserwować duże zróżnicowanie efektywności mierzonej w laboratorium (współczynnika COP), co ma znaczący wpływ na efektywność osiąganą w rzeczywistych warunkach działania.
- Wysoka temperatura obiegu grzewczego czasem nie pasuje do faktycznego, niskiego zapotrzebowania budynku na ciepło. W takich przypadkach optymalizacja krzywej grzewczej, a czasem także zastosowanie grzejników niskotemperaturowych mogą znacząco zwiększyć efektywność.
- Nawet przy drobnych usterkach hydraulicznych stary, zabytkowy budynek może osiągnąć znakomitą efektywność, jeśli zastosuje się w nim wysokiej jakości pompę ciepła i zapewni niską temperaturę systemu grzewczego.
- Gruntowa pompa ciepła w zmodernizowanym starym budynku może osiągnąć wysoką efektywność i uczynić dodatkowe źródło ciepła, na przykład kocioł na pellet lub gaz ziemny, całkowicie zbędnym.
- Błędy hydrauliczne wyraźnie obniżają efektywność i uwidaczniają kluczowe znaczenie starannego projektu oraz fachowego montażu.

Źródła

¹ Günther, D. i in. (2025): WP-QS im Bestand: Entwicklung optimierter Versorgungskonzepte und nachhaltiger Qualitätssicherungsmaßnahmen für Wärmepumpen im EFH-Bestand. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, raport końcowy, październik 2025.