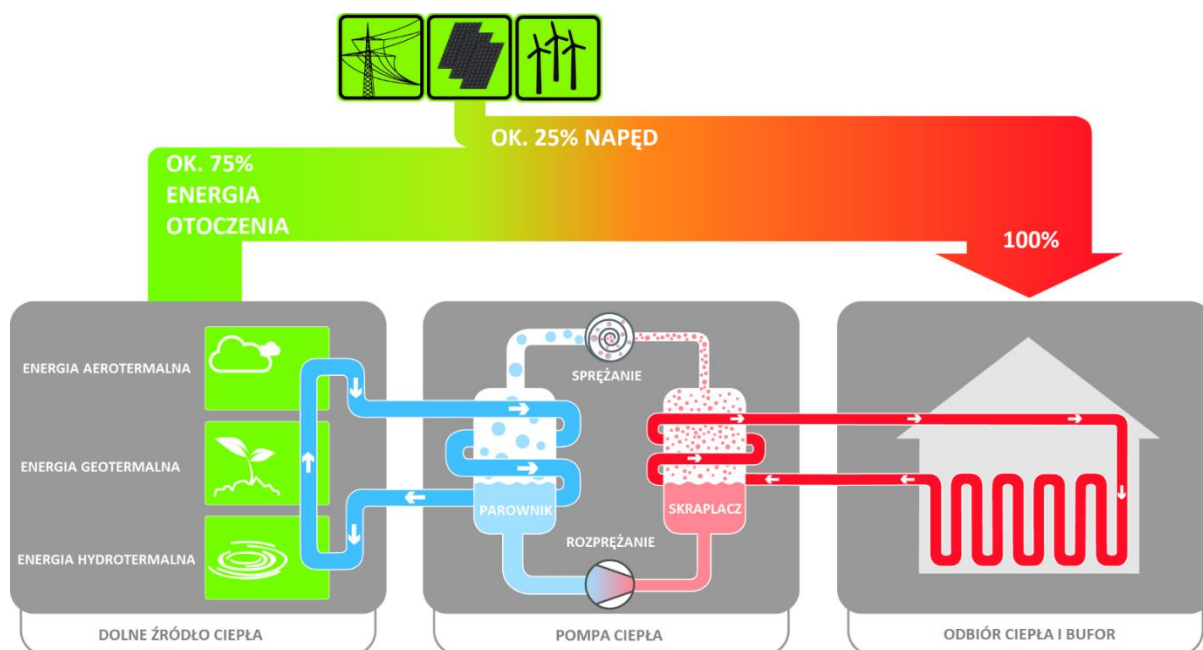


Pompy ciepła w ciepłownictwie przyszłości

Maciej Parmee, Rafał Remiśko

Od kilku lat można zaobserwować znaczący wzrost zainteresowania nowoczesnymi rozwiązaniami w energetyce. Oprócz najczęściej wymienianych przykładów jak fotowoltaika, należy zwrócić również uwagę na niskoemisyjne technologie grzewcze, wśród których coraz większą popularność zyskują pompy ciepła. Rosnący popyt na tego typu rozwiązania jest dostrzegalny zarówno w Europie jak i w Polsce, co wynika głównie z fali podwyżek cen konwencjonalnych źródeł energii, troski o stan środowiska naturalnego, rosnącego znaczenia zrównoważonego rozwoju, stosowania założeń gospodarki o obiegu zamkniętym czy obaw o bezpieczeństwo energetyczne. Jak działają pompy ciepła? Ile kosztują? Jakie niosą ze sobą wady oraz zalety?

Pompa ciepła, czyli co i jak



Źródło: BWP/PORT PC [https://portpc.pl/opis-technologiei/bwp_pompa_ciepala/]

Pompy ciepła to urządzenia grzewcze stosowane w instalacjach ogrzewania centralnego i ciepłej wody użytkowej. Ich działanie polega na transporcie energii z miejsca o niższej temperaturze (nazywanego źródłem dolnym) do obszaru o wyższej temperaturze (źródła górnego). Ze względu na odwrotność tego procesu względem naturalnego kierunku przemian, jego realizacja wymaga dostarczenia dodatkowej energii. Najczęściej dostarcza się ją w formie mechanicznej, poprzez wykorzystanie sprężarki, zasilanej energią elektryczną. Pompy ciepła wykorzystujące takie rozwiązanie nazywamy sprężarkowymi. Dzięki łatwo dostępnym komponentom jak i braku specjalnych uwarunkowań są to najbardziej spopularyzowane urządzenia na rynku. Źródłem dolnym w takich instalacjach jest zazwyczaj szeroko rozumiane otoczenie (powietrze, zbiornik wodny, grunt), stanowiące niemal nieograniczony rezerwuuar niskotemperaturowego ciepła, którego z wielu powodów nie jesteśmy w stanie bezpośrednio wykorzystać. Sposób działania pompy ciepła umożliwia wydajne pozyskiwanie tej energii. Źródło górne stanowią natomiast w uproszczeniu nasze pomieszczenia, czy też ciepła woda użytkowa. Miarą efektywności procesu ogrzewania jest współczynnik COP (*ang.*

coefficient of performance). Jest on wyznaczany przez porównanie ilościowe energii cieplnej uzyskanej w procesie, do energii wykorzystanej do napędzania urządzenia. Tak więc jeśli pracuje ono ze współczynnikiem COP równym 5, to jeden kilowat mocy elektrycznej umożliwia uzyskanie pięciu kilowatów mocy cieplnej. Często stosowaną odmianą tego współczynnika jest jego odpowiednik sezonowy – SCOP (*ang. seasonal coefficient of performance*). Jego wartość to po prostu średnie COP w sezonie grzewczym.¹

Najczęściej spotykanym sposobem na przybliżenie schematu działania pompy ciepła jest porównanie jej do chłodziarki (tzw. lodówki). Pobiera ona ciepło od artykułów spożywczych (źródło dolne), obniżając ich temperaturę. Odebrana energia w postaci ciepła jest odprowadzana do otoczenia (źródło górne) poprzez wymiennik. Za transport energii dla obu instalacji odpowiada specjalnie dobrany czynnik roboczy o odpowiednich właściwościach fizycznych, pozwalającym na pracę w temperaturze niższej od źródła dolnego i wyższej od źródła górnego przy jednoczesnym zachowaniu podstawowej cechy obiegu – jego cykliczności.

Czy pompa ciepła jest źródłem odnawialnym?

Pompa ciepła sama w sobie nie jest źródłem energii, a jedynie urządzeniem umożliwiającym jej transport. Źródła dolne stosowane w pompach uznajemy za odnawialne, jednak w bilansie należy także uwzględnić energię elektryczną, której zużycie nawet mimo optymalizacji pracy, jest relatywnie wysokie. Urządzenie często reklamuje się jako ekologiczne, co nie zawsze jest zgodne z prawdą. W porównaniu do konwencjonalnych jednostek, przez fakt pozyskiwania energii z otoczenia, pompa ciepła wypada zdecydowanie lepiej. Należy jednak pamiętać, że jej wpływ na środowisko zależy głównie od źródła energii elektrycznej, ponieważ instalacja może być zasilana ze źródeł konwencjonalnych np. elektrowni węglowych, które w przypadku Polski dominują w produkcji energii elektrycznej (w 2021 ok. 80% energii elektrycznej wytworzono ze spalania węgla²). Tak niekorzystna struktura wytwarzania w przyszłości może się zmienić. Docelowym i zarazem najbardziej ekologicznym rozwiązaniem wydaje się zasilanie pompy ciepła ze źródeł odnawialnych. Możliwa jest współpraca przydomowej elektrowni fotowoltaicznej lub wiatrowej z pompą ciepła, ale jest to rozwiązanie pod wieloma względami problematyczne. Okresy produkcji energii elektrycznej z fotowoltaiki często nie pokrywają się z zapotrzebowaniem na ciepło. Jest to problem zarówno w skali sezonowej – największe zapotrzebowanie w okresie grzewczym, o umiarkowanym nasłonecznieniu, jak i dobowej – w nocy temperatura otoczenia jest niższa, więc wymagana jest większa moc ogrzewania. O ile rozwiązaniem problemów skali dobowej są magazyny energii (np. akumulatorowe, lub zbiorniki z ciepłą wodą), tak sezonowa rozbieżność może być bardzo problematyczna. Jest to problem, który należy rozwiązać, by móc myśleć o oparciu ciepłownictwa wyłącznie na źródłach odnawialnych.

Rynek pomp ciepła i perspektywy rozwoju

Z raportu *Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC)*³ wynika, że w latach 2011-2021 liczba sprzedanych urządzeń typu powietrze/woda w Polsce wzrosła aż 50-krotnie, a tylko w latach 2017-2021 ten wzrost był 10-krotny. Autorzy raportu podają, że w

¹ D. Chwieduk, M. Jaworski, "Energetyka odnawialna w budownictwie, Magazynowanie energii", Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2018, s.229

² Raport produkcji w roku 2021, dane PSE

³ PORT PC 2021: <https://portpc.pl/port-pc-wzrost-o-80-sprzedazy-pomp-ciepła-do-ogrzewania-budynków-w-2021-r/>

2021 r. sprzedano 79 tys. sztuk takich pomp, co przełożyło się na wzrost o 88% wobec 2020 r. W tym samym okresie znacznie mniejszym zainteresowaniem cieszą się gruntowe pompy ciepła, przy których zaobserwowano jedynie kilkuprocentowe wzrosty. Z kolei *Europejskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła* (ang. *The European Heat Pump Association, EHPA*) raportuje, że tylko w 2021 r. na terenie Unii Europejskiej sprzedano łącznie ponad 2 mln pomp ciepła, przy czym w kolejnych latach oczekuje się dalszego wzrostu sprzedaży i zdobycia 50% udziału w całym rynku urządzeń grzewczych w UE. W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój rynku pomp ciepła tak w Polsce jak i w Unii Europejskiej. Tak dużym zmianom na rynku bezsprzecznie sprzyjają rosnące ceny tradycyjnych źródeł energii, zwiększająca się świadomość ekologiczna, rozwój koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym oraz wszechobecne dążenie do zrównoważonego rozwoju. Nie bez znaczenia jest również napięta sytuacja geopolityczna w Europie i wynikająca z niej paląca potrzeba dywersyfikacji miksu energetycznego w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Ważnym czynnikiem instytucjonalnym sprzyjającym dalszemu wzrostowi sprzedaży pomp ciepła jest fakt, że zaklasyfikowano je jako kluczowe rozwiązanie na drodze do dekarbonizacji w ogrzewaniu w ramach Europejskiego Zielonego Ładu.

Koszty i finansowanie

Koszty zakupu i instalacji pomp ciepła są bardzo zróżnicowane w zależności o lokalizacji, kosztów siły roboczej, typu pompy ciepła, marki urządzenia, wymogu zastosowania szczególnych rozwiązań technologicznych czy inżynierskich oraz sprzężenia pompy ciepła z instalacją OZE lub jego braku. Można przyjąć, że orientacyjny koszt domowej pompy powietrznej może wynosić średnio od 15 do 45 tysięcy złotych, a gruntowej od 35 do 65 tysięcy. Osoby fizyczne i prawne zainteresowane eksploatacją pomp ciepła mogą przy tym skorzystać z licznych krajowych i regionalnych programów pomocowych, dzięki którym można uzyskać częściowe dofinansowanie – do najpopularniejszych ogólnopolskich programów należy *Czyste Powietrze* (osoby fizyczne), *Moje Ciepło* (osoby fizyczne), *Stop Smog* (osoby fizyczne), *Agroenergia* (rolnicy) czy *Energia Plus* (przedsiębiorstwa). Ponadto istnieją też liczne lokalne programy wsparcia skierowane już do beneficjentów z obszaru danego województwa. Niemniej, koszt zakupu pompy ciepła pozostaje wciąż względnie wysoki. W porównaniu do sprawdzonych urządzeń o podobnej mocy, na przykład kotła gazowego czy węglowego, jest to droższa technologia w kontekście inwestycji początkowej. Nie ma to jednak decydującego wpływu na ocenę opłacalności tych rozwiązań, ponieważ pompy ciepła mogą być tańsze w eksploatacji nawet o kilkadziesiąt procent w porównaniu do kotłów gazowych i węglowych. Tym samym zazwyczaj nadwyżka kosztów inwestycyjnych zwraca się w kilka lat. W połączeniu z faktem obserwowalnego spadku cen możliwe jest, że w dłuższym okresie zakup urządzeń konwencjonalnych stanie się po prostu nieopłacalny. Nie można też wykluczyć, że w perspektywie kilkunastu lat nastąpią zmiany legislacyjne, których celem będzie eliminacja kotłów gazowych czy węglowych na rzecz pomp ciepła tak, jak to się obecnie dzieje z kotłami węglowymi starej generacji, tzw. kopciuchami.

Wady

Wartość wcześniej wspomnianego współczynnika COP jest zależna od wielu czynników. Tym najbardziej istotnym jest różnica temperatur pomiędzy źródłem dolnym i górnym. Im ta różnica jest większa, tym więcej pracy wymagane jest do wymuszenia przepływu ciepła. Z tego właśnie powodu wydajność pomp powietrznych jest zmienna w zależności od pogody, pory dnia i roku. Mamy tu do czynienia z niekoherentnością uzyskiwania ciepła. W najzimniejsze dni, kiedy ogrzewanie pomieszczeń wymaga go najwięcej, pompa pracuje z

najmniejszą wydajnością. Pomimo położenia Polski w strefie klimatu umiarkowanego, często ze względu na kilka najchłodniejszych dni konieczne jest stosowanie układów biwalentnych z dodatkowym wsparciem dla powietrznej pompy ciepła. Zazwyczaj są to po prostu grzałki rezystancyjne, ale przy instalacjach o większych parametrach, jako źródła szczytowe stosowane mogą być na przykład kotły gazowe. Mimo to, dzięki bardzo dobrej dostępności i niskiej cenie powietrzne pompy ciepła stanowią najpopularniejsze rozwiązanie. Częściowym rozwiązaniem problemu wrażliwości na zmiany temperatury jest zastosowanie mniej popularnych, bo droższych, pomp gruntowych. Temperatura gruntu zmienia się w zdecydowanie mniejszym zakresie. Oznacza to stosunkowo niedużą różnicę temperatur źródeł, a co za tym idzie wysokie wartości SCOP. Takie instalacje umożliwiają również stosowanie pasywnego chłodzenia latem, kiedy grunt jest dużo zimniejszy od powietrza atmosferycznego. Wysoki koszt inwestycji rekompensowany jest przez bardzo niskie rachunki za ogrzewanie i chłodzenie. Jednak ze względu na niedogodności związane z koniecznością uzyskiwania odpowiednich pozwoleń, wykonywaniem odwiertów lub rozkopów oraz na wyższą cenę, stosowane są one dużo rzadziej niż pompy powietrzne. Koszty pompy ciepła zależą w znacznym stopniu od wybranego urządzenia. Te najtańsze są najmniej wydajne, co oznacza, że konieczne może być stosowanie dodatkowych źródeł ciepła. To wiąże się z większymi kosztami eksploatacji, szczególnie odczuwalnymi przy obecnych zmianach cen energii. Droższe rozwiązania cechują się znacznie mniejszymi kosztami zmiennymi, które mogą okazać się jednak mniej istotne niż wysoka cena samej inwestycji. Obecność sprężarki oznacza również potrzebę dostępu do energii elektrycznej, czyli konieczność przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, posiadania instalacji OZE, dodatkowych akumulatorów lub alternatywnego źródła ciepła. Instalacje umożliwiające ogrzewanie tylko i wyłącznie z OZE są wciąż rzadko spotykane ze względu na wymóg dużej mocy i odpowiedniego magazynu energii. Pompy ciepła ze względu na naturę samego procesu uzyskiwania ciepła i swoją bezwładność najlepiej sprawdzą się w budynkach, które wymagają ciągłego utrzymania względnie stałej temperatury, czyli halach produkcyjnych czy miejscach użyteczności publicznej. W zależności od miejsca i sposobu montażu, generowany przez pompę ciepła hałas może być uciążliwy dla użytkowników, zwłaszcza w budynkach mieszkalnych.

Długa lista zalet

Pompy ciepła mogą stanowić zrównoważoną alternatywę dla ogrzewania elektrycznego, gazowego czy olejowego przy jednoczesnym zapewnianiu nam niezależności. Dodatkowym atutem jest fakt, że są tanie w eksploatacji i mają żywotność sięgającą nawet 25 lat, co sprawia, że przy obecnie gwałtownie rosnących cenach surowców energetycznych zwrot z inwestycji może nastąpić już nawet w ciągu 5 lat w porównaniu z tradycyjnymi nośnikami energii. Nie bez znaczenia jest również to, że pompy ciepła nie wymagają uciążliwej obsługi, czyli dostarczania materiału opałowego, rozpalania pieca i jego okresowego czyszczenia. Wraz z rozwojem i upowszechnieniem koncepcji Inteligentnego Domu można oczekiwać jeszcze większych korzyści w zakresie optymalizacji zużycia i obniżenia kosztów. Co więcej, pompa ciepła może zostać zamontowana właściwie w każdym obiekcie z przeznaczeniem na cele gospodarcze, produkcyjne lub mieszkalne, a dzięki szeregowi dostępnych form finansowania można znacząco ograniczyć początkowe koszty uruchomienia takiej instalacji. Pompa ciepła charakteryzuje się wysokim bezpieczeństwem w kontekście środowiska naturalnego (niska emisyjność) oraz zdrowia i życia ludzkiego (brak ryzyka związanego z zatruciem tlenkiem węgla czy wybuchem). Jest też dobra wiadomość dla amatorów klimatyzowanych pomieszczeń, w okresie letnim rewersyjne pompy ciepła mogą pełnić funkcję pasywnej klimatyzacji i na drodze zwrotnego wychwytu ciepła obniżać temperaturę

nawet o kilka stopni. Z kolei w kontekście zakładów produkcyjnych istotnym aspektem jest możliwość odzyskiwania przez układ pomp ciepła tzw. ciepła odpadowego wytwarzanego w procesach produkcyjnych. W przemyśle i budownictwie istnieje wiele miejsc, w których ciepło odpadowe o niskiej temperaturze, dawniej traktowane jako straty, zostaje powtórnie wykorzystane właśnie dzięki zastosowaniu technologii pomp ciepła. Wiąże się to zazwyczaj ze znacznymi oszczędnościami oraz mniejszym zanieczyszczeniem środowiska. Efektywne sprzężenie pomp ciepła i instalacji przemysłowych na dużą skalę pozwoli w praktyce na wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym i rozpocznie nową erę ciepłownictwa. Podsumowując zalety należy dodać, że implementacja omawianych urządzeń jest związana zazwyczaj z wymogiem wysokiej efektywności energetycznej ogrzewanych budynków. Mimo dodatkowych kosztów, wymóg ten pozwala ograniczyć zużycie energii, co przynosi korzyści użytkownikowi, systemowi energetycznemu i środowisku.

Perspektywy

Ekologiczny kierunek rozwoju gospodarki i energetyki niesie ze sobą liczne zmiany w ciepłownictwie. Upowszechnienie pomp ciepła wraz ze zmianą struktury wytwarzania energii i rozwojem jej magazynów umożliwiłaby znaczny wzrost udziału ekologicznego ciepłownictwa. Mowa tu nie tylko o rozwiązaniach indywidualnych, przydomowych, ale również o ciepłe przemysłowym o odpowiednio niskich parametrach. Należy pamiętać, że zmiany w naszym sposobie gospodarowania energią muszą polegać zarówno na rozwoju nowych, czystych technologii, ale również na minimalizacji niepotrzebnych strat. Wzrost cen paliw, emisji i urządzeń pokazuje, że nie stać już nas na niedbałość wynikającą z wielu lat bezrefleksyjnego wykorzystywania zasobów planety. Pompy ciepła już teraz są narzędziem zwiększania wpływu tzw. „szóstego paliwa”, czyli efektywności energetycznej. Biorąc pod uwagę wspomniany rozwój technologii, spadek jej cen i działania na rzecz środowiska pompy ciepła mogą być szczególnie interesujące dla odbiorców niepodpiętych jeszcze do sieci ciepłowniczej, czyli mieszkańców wsi i małych miast. Przyszłość sektora produkcji, sprzedaży i serwisu pomp ciepła wygląda zatem bardzo obiecująco. Można postawić śmiałą tezę, że staną się one kluczowym elementem transformacji energetycznej. Być może za jakiś czas przerosną swoją popularnością znane nam od lat rozwiązania takie jak kotły węglowe, gazowe czy na biomasę.