

**Maciej ROZPONDEK**

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: [maciej.rozpondek@wst.com.pl](mailto:maciej.rozpondek@wst.com.pl)

**Grzegorz KASPRZYK**

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: [grzegorzkasprzyk@interia.pl](mailto:grzegorzkasprzyk@interia.pl)

## **SYSTEMY GRZEWCZE W BUDYNKACH JEDNORODZINNYCH JAKO INSTRUMENT ENERGETYKI PROSUMENCKIEJ**

s. 97-106

### STRESZCZENIE

Przedstawiono możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budynkach. Przeanalizowano systemy ogrzewania domów jednorodzinnych. Zaproponowano biwalentne i multiwalentne rozwiązania z pompą ciepła jako głównym źródłem ciepła.

### SŁOWA KLUCZOWE

systemy ogrzewania, pompa ciepła, prosumencka mikro instalacja energetyczna

### WPROWADZENIE

Na świecie dokonuje się cywilizacyjna zmiana trajektorii rozwojowej energetyki, która polega na przyjęciu nowych modeli przebudowy m.in. w UE, USA oraz budowie nowej energetyki w Chinach, Indiach i w krajach Afryki Subsaharyjskiej. W wyniku tych zmian następuje nieuchronny proces polegający na przejściu od paliw kopalnych i systemów energetycznych oraz rządowo-korporacyjnej polityki energetycznej do gospodarki cechującej się efektywnością, powszechnym zastosowaniem odnawialnych źródeł energii OZE i inteligentnej infrastruktury oraz niezależnych inwestorów i prosumeryzmu, czyli możliwości pełnienia przez odbiorcę podwójnej roli – producenta i konsumenta. Sprzyjają temu ustalenia zawarte w Porozumieniach Paryskich z 2015 roku, nowa umowa klimatyczna ONZ przyjęta w roku 2016 oraz Deklaracja państw G7 na szczycie 26-27 maja 2016 roku o zaprzestaniu dotowania paliw kopalnych po 2025 roku [1]. Środki pomocowe z UE powinny być przeznaczone w minimum 20% na przebudowę polskiej energetyki, a ich odpowiednia część powinna zostać wykorzystana do wdrożenia energetyki prosumenckiej w polskim rolnictwie i na terenach wiejskich. Szacuje się, że ok. 40% ludności mieszka na obszarach wiejskich, a liczba domów mieszkalnych, potencjalnych uczestników rynku energetyki budynkowej słonecznej i wiatrowej do zainstalowania prosumenckiej mikro instalacji energetycznej PME wynosi ok. 2,5 miliona. Ponadto do tego rynku PME można zaliczyć tzw. socjalne gospodarstwa rolne

o powierzchniach od 1 do 10 ha, których liczba wynosi 1,05 miliona. Rozwój energetyki prosumenckiej sprzyja zrównoważonemu rozwojowi energetyczno-środowiskowemu i jest najefektywniejszym sposobem realizacji celów Pakietu 3x20, czyli odpowiednio o 20%: zwiększenie efektywności energetycznej, wzrost udziału energii odnawialnej i redukcja emisji ditlenku węgla [2]. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii OZE w celach grzewczych praktycznie prawie zawsze wiąże się z wykorzystaniem energii elektrycznej. Ekologiczną energię elektryczną można również produkować dysponując dostatecznymi warunkami obszarowymi lub wykorzystując ekologiczne źródła znacznej mocy. W przeciętnych polskich warunkach nie dysponuje się ani odpowiednio silnym źródłem, ani bardzo dużą powierzchnią działki budowlanej, więc energia elektryczna produkowana jest zazwyczaj przy użyciu ogniw fotowoltaicznych PV na niewielką skalę. Takie ogniwa mają wystarczająco dużą skuteczność w okresie dużego nasłonecznienia i wówczas nadmiar produkcji energii elektrycznej może być oddawany odpłatnie do sieci energetycznej na zasadach prosumeryzmu. Bezpośredni pobór ciepła słonecznego jest najbardziej uzasadniony ekonomicznie na tych szerokościach geograficznych, w których okres nasłonecznienia jest najdłuższy. Jedną z metod zwiększenia sprawności wytwarzania energii elektrycznej jest system połączenia technologii ogniw fotowoltaicznych PV z technologią kolektora słonecznego określaną jako Photovoltaic Thermal PVT. Systemy hybrydowych modułów PVT mają dwie zalety: chłodzenie fotoogniw wpływające na większą sprawność konwersji energii słonecznej na elektryczną, która wynosi ok. 15% oraz wykorzystanie ciepła odpadowego w sposób użyteczny na cele grzewcze tj. po uwzględnieniu strat – 45% z pozostałych 85% [3]. Zastosowanie tylko kolektorów słonecznych i ogniw fotowoltaicznych na terenie Polski nie pokrywa w całości zapotrzebowania użytkowników na energię w ciągu roku. Z tego względu dla celów ogrzewania i produkcji ciepłej wody użytkowej w budynku należy skorzystać ze źródeł zmagazynowanej energii słonecznej, która znajduje się w powietrzu, wodzie i gruncie.

### **Zastosowanie wybranych OZE do ogrzewania budynków i produkcji ciepłej wody użytkowej**

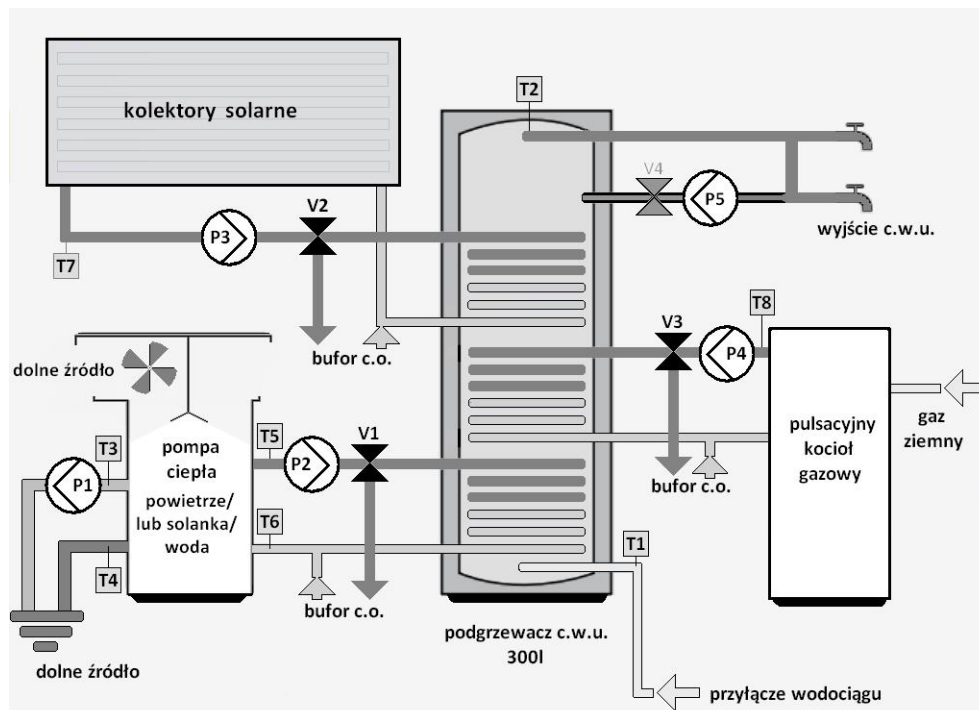
Prawidłowy projekt techniczny zastosowania OZE musi zostać poprzedzony skomplikowanymi obliczeniami, aby inwestycja zwróciła się w zaplanowanym czasie, a nie stała się przyczyną zwiększonych kosztów ogrzewania i produkcji ciepłej wody użytkowej. Decydując się na zasilenie domu jednorodzinnego w ciepło pochodzące z odnawialnych źródeł energii trzeba przede wszystkim dokonać oceny walorów energetycznych działki. Jeżeli przez działkę nie przepływa rzeka ani nie znajduje się na niej żaden zbiornik wodny, taki jak np. staw, należy przeprowadzić badania geologicznej struktury podłoża, które przewidziano jako źródło ciepła. Może to być jednak kosztowne i w przypadku niewielkich instalacji nie jest opłacalne. Takie dziesięciometrowe odwierty mogą naprowadzić na żyłę wody podziemnej, której jednak obecność nie przesądza o jej zastosowaniu jako dolnego źródła ciepła. Dopiero wynik badania składu chemicznego wody podziemnej może potwierdzić, bądź wykluczyć jej zastosowanie dla pompy ciepła typu woda/woda. Źródło ciepła w postaci wody podziemnej zapewnia praktycznie stałą temperaturę  $+10\pm 2^{\circ}\text{C}$  przez cały rok, ale ze względu na moc pobieraną ze źródła musi zapewnić także jej odpowiednią wydajność. W przypadku braku możliwości korzystania z wody podziemnej lub gdy badania jej składu chemicznego nie potwierdzają celowości inwestowania w ten rodzaj instalacji, do wyboru są jeszcze co najmniej trzy inne rodzaje źródeł dla pomp ciepła. W przypadku działki niewielkich rozmiarów można jako dolne źródła zastosować wymiennik złożony z kilku głębokich na kilkadziesiąt metrów sond, wprowadzonych do odwiertów pionowych i jako pompy ciepła użyć typu solanka/woda.

Bardziej ekonomiczną wersją, ale wymagającą większej wielkości działki jest zastosowanie wymiennika poziomego. Wg [4] koszt instalacji pompy ciepła z wykorzystaniem wód gruntowych jest niższy o około 12% od kosztów instalacji z poziomym gruntowym wymiennikiem ciepła co przekłada się na niższy jednostkowy koszt wytwarzania ciepła, tj. odpowiednio 37 i 42 zł/GJ. Otrzymane wartości sezonowych współczynników wydajności grzewczych dla pompy ciepła wykorzystującej wody podziemne wynoszą od 3,7 do 5,5 a dla gruntowego wymiennika ciepła od 3,0 do 5. W literaturze podano także rzeczywistą wartość średniorocznego współczynnika efektywności pompy ciepła z poziomym gruntowym wymiennikiem ciepła, która wynosi od 3,2 do 3,3 [5]. Ze względu na ograniczone koszty inwestycji, spodziewany zysk oraz brak konieczności wykonywania stosunkowo drogich badań geologicznych i ryzyko nie znalezienia wody gruntowej jest to najpopularniejsza konstrukcja dolnego źródła ciepła w przypadku użycia pompy ciepła typu solanka/woda. Gruntowe poziome wymienniki ciepła są wykonywane w różnych konfiguracjach. Stosuje się układy szeregowe, węzownicowe i spiralne, które powinny umieszczać się na głębokości ok. 1,2-1,8 m, czyli 0,3 m poniżej głębokości przemarzania w danej strefie klimatycznej. Przyjmuje się, że dla uzyskania w parowaczu wartości strumienia ciepła pobieranego równego 1 kW, potrzebna jest powierzchnia gruntu wynosząca od 15 do 100 m<sup>2</sup>. Jeżeli pompy ciepła są użytkowane tylko na potrzeby ogrzewania, to wówczas należy przyjmować wartości jednostkowej ilości ciepła pobieranego z gruntu w ciągu roku od 50 do 70 kWh/(m<sup>2</sup> · a) [6,7]. Stosunkowo często stosowane jest niekoherentne źródło ciepła, czyli powietrze. Podstawową wadą takiego rozwiązania – powietrznego źródła ciepła dla pompy typu powietrze/woda lub powietrze/powietrze jest ograniczony zakres temperatury jej sprawnego działania. W literaturze [8-12] przedstawiono stosowane rozwiązania współpracy pomp ciepła z innymi odnawialnymi źródłami energii i technologiami. Najczęściej wykorzystuje się współpracę pompy ciepła z termicznymi kolektorami słonecznymi. Przyjmuje się, że przeciętnie z 1 m<sup>2</sup> kolektora słonecznego można otrzymać około 300-400 kWh/(m<sup>2</sup> · a). Ponadto następuje podwyższenie temperatury dolnego źródła w obiegu pompy ciepła za pośrednictwem zasobnika ciepła lub bufora wody grzejnej zasilanych z kolektorów słonecznych. W przypadku zastosowania technologii hybrydowej, czyli z pompą ciepła, jest możliwe uzyskanie z kolektora słonecznego od 600 do 650 kWh/(m<sup>2</sup> · a) [8,9]. W pracy [10] przedstawiono schemat multiwalentnego źródła ciepła: sprężarkowa pompa ciepła – kolektor słoneczny i kocioł grzewczy (gazowy, olejowy lub kondensacyjny). Jeżeli nie występuje jedno ze źródeł układ przekształca się w biwalentny, a przy jednym działającym źródle – w układ monowalentny. Źródła ciepła w układach biwalentnych np. pompa ciepła z kotłem grzewczym, mogą współpracować w sposób równoległy lub alternatywny. W rozwiązaniach układów kolektorów słonecznych zastosowano m.in. trójstrefowe wodne bufory ciepła, przy czym w pierwszej kolejności ciepło z kolektora słonecznego jest kierowane do strefy średnotemperaturowej jeżeli nie jest w pełni „załadowana”, a temperatura w pierwszej strefie jest równa co najmniej temperaturze strefy średnotemperaturowej i dopiero wtedy następuje przekazywanie ciepła do strefy wysokotemperaturowej. Dla otrzymania odpowiedniego rozwarstwienia temperaturowego, zwiększenia sprawności konwersji promieniowania słonecznego i korzystniejszych współczynników wydajności cieplnej zasobnik ciepłej wody powinien współdziałać z zewnętrznymi wymiennikami ciepła. W [11,12] przedstawiono systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego budynków z zastosowaniem układów: monowalentnego – energia cieplna dostarczana z sieci ciepłowniczej i biwalentnego – pompa ciepła i energia cieplna z sieci. Do ogrzewania zastosowano system trzech połączonych kaskadowo dwusprężarkowych pomp ciepła z wymiennikami pionowymi o łącznej mocy grzewczej 243,6 kW i chłodniczej – 186,9 kW. Sezonowy współczynnik efektywności systemu grzewczego osiągnął wartość 6,25.

**Projekty procesowe systemów zastosowania wybranych OZE dla potrzeb ogrzewania i c.w.u. w budynku jednorodzinnym**

Wszystkie urządzenia zastosowane we właściwym zakresie ogrzewają lub wspomagają centralne ogrzewanie c.o. oraz produkcję ciepłej wody użytkowej c.w.u. W przedstawionych rozwiązaniach projektów procesowych podstawowym źródłem ciepła jest pompa ciepła. Rozwiązaniem, które zapewnia komfort cieplny z perspektywą realnego w czasie zwrotu inwestycji jest instalacja pompy ciepła typu solanka/woda lub powietrze/woda. Pompa powinna być wspomagana ciepłem pochodzącym z kolektorów solarnych oraz szczytowo/awaryjnym kotłem gazowym lub kotłem spalającym paliwa odnawialne. Obliczenia wykonywane dla pompy ciepła jako podstawowego, ekonomicznego źródła ciepła, zasilającego niskotemperaturową instalację centralnego ogrzewania często nie spełniają testu Viessmanna dotyczącego szybkości podgrzewania ciepłej wody użytkowej c.w.u. i wskazują na konieczność nawet 50%-owego przewymiarowania jej mocy. Jednym z parametrów wspomnianego testu jest liczba korzystających z c.w.u. osób. Przewidując dodatkowe źródła ciepła, w postaci instalacji kolektorów solarnych oraz z kotła gazowego, moc pompy ciepła powinna być obliczona i dobrana optymalnie, czyli głównie dla centralnego ogrzewania. Moc pompy ciepła typu powietrze/woda nie odbiega znacząco od obliczonej i dobranej dla pompy typu solanka/woda. Zakres pracy pompy powietrznej dla temperatury zewnętrznej jest ograniczony do  $-5^{\circ}\text{C}$ . Wynikający ze względów ekonomicznych zakres pracy tej pompy ograniczony zostanie do temperatury  $0^{\circ}\text{C}$ , aby współczynnik wydajności pompy ciepła COP znajdował się jeszcze w zakresie optymalnym. W przypadku pompy powietrznej źródła pomocnicze są wykorzystywane w szerszym zakresie. Wydajność pracy solankowej pompy ciepła z gruntowym wymiennikiem poziomym lub z sondami pionowymi, jest ograniczona jedynie wydolnością dolnego źródła. Jeżeli czas osiągnięcia nastawy temperatury przez pompę ciepła i równoległe pracującą instalację kolektorów solarnych przekroczy dopuszczalny limit, wówczas zostanie załączone dodatkowe szczytowe źródło ciepła. Moment załączenia kotła następuje przy utrzymujących się temperaturach ujemnych i jednoczesnym dużym zachmurzeniu. Pompa ciepła zostaje wyłączona w przypadkach nieekonomicznej sprawności lub awarii jej instalacji. System pracuje wówczas w oparciu o pozostałe źródła ciepła. W przypadku kolektorów solarnych możliwe jest zastosowanie próżniowych rur szklanych, zamiast płaskich, przy czym żywotność rur próżniowych jest krótsza. Kolektory próżniowe odznaczają się wyższą sprawnością w okresie zimowym, ze względu na lepszą izolację termiczną podgrzanego już czynnika obiegowego. W przypadku ich zastosowania do podgrzewania wody w basenie kąpielowym w okresie letnim, bardziej właściwe będzie użycie kolektorów płaskich, ponieważ ich szklane osłony ochraniające instalację cyrkulującego czynnika mają lepszą przewodność cieplną i szybciej przejmują ciepło za pomocą absorbera promieniowania słonecznego. Efektywność pracy kolektorów słonecznych ogranicza energia zużywana przez pompy obiegowe, więc w przypadku braku minimalnego natężenia promieniowania system załącza obieg cyklicznie, pobierając zgromadzone ciepło. Temperatura czynnika obiegowego decyduje o wyborze sposobu działania instalacji cieplnej. Wynika to z zalecanych parametrów eksploatacyjnych źródła ciepła – kolektorów słonecznych, tj. rezygnacji z poboru ciepła w przypadku, gdy ich temperatura jest znacznie niższa od zadanej do podgrzewania c.o. lub c.w.u. Jako szczytowo/awaryjne źródło ciepła zastosowano kondensacyjny, pulsacyjny kocioł gazowy o wysokiej sprawności konwersji energii chemicznej gazu ziemnego (obliczonej za pomocą wartości opałowej) na energię cieplną wynoszącej do 109%. W przypadku zastosowania kotła spalającego biomasę, domy jednorodzinne muszą być wyposażone w magazyn odpowiedniej wielkości. Wilgotność biomasy stosowanej do spalania

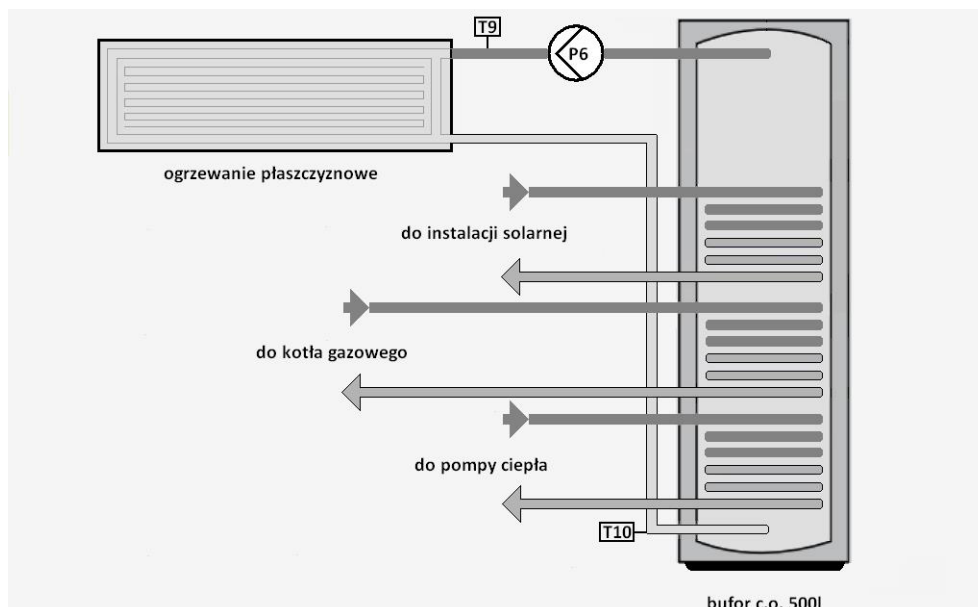
w kotłach powinna wynosić do 20% mas. i aby to osiągnąć potrzeba co najmniej rocznego okresu suszenia. Na rys. 1 i rys. 2 przedstawiono trzy niezależne instalacje multiwalentnego systemu ogrzewania centralnego i produkcji ciepłej wody użytkowej, dostarczające ciepło z odnawialnych oraz ekologicznego źródła energii, jakim jest gaz ziemny. Niezależność instalacji uzyskano dzięki hydraulicznemu rozsprzęgnięciu systemów dostarczających ciepło poprzez zastosowanie indywidualnych wymienników w podgrzewaczu ciepłej wody użytkowej oraz buforze centralnego ogrzewania. Każde z trzech źródeł może zasilać obydwa obiegi przejmujące ciepło. W zależności od chwilowych możliwości danego źródła oraz potrzeb użytkowników układ za pośrednictwem trójdrożnych elektrozaworów V1, V2 i V3 kieruje strumienie ciepła o temperaturze 40°C do bufora c.o. lub 55 – 60°C do podgrzewacza c.w.u.



Rys. 1. Wybrane elementy schematu instalacji ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) z wykorzystaniem pompy ciepła typu solanka /woda lub opcjonalnie powietrze/woda – opracowanie własne  
 Fig. 1. Selected elements of the system design domestic hot water (dhw) using a heat pump brine / water or optional air / water - to develop their own

Na podstawie pomiarów temperatury na wyjściu z każdego zasobnika T2 (rys. 1) i T10 (rys. 2) oraz temperatury danego źródła ciepła T5, T7 i T8 sterownik decyduje o jego dalszej pracy i dołączeniu dodatkowego źródła do pracy biwalentnej w przypadku niewydolności źródła podstawowego. W oparciu o wskazania czujników T1, T2 T3, T4, T5, T6 i T10 system kontroluje pracę zespołu pompy ciepła i określa dalszą opłacalność jego wykorzystania. Dla zapewnienia stałej temperatury c.w.u. we wszystkich miejscach poboru zastosowano pompę obiegową P5. Zaleca się, aby pompa obiegowa c.w.u. znajdowała się po stronie powrotnej, a podczas poboru ciepłej wody powinna być automatycznie wyłączana – rys. 1, 3 i 4. Załączona pompa zwiększa przepływ powrotny, ograniczając ciśnienie w kranach. Z tego względu średnica rurociągu powrotnego powinna zostać odpowiednio zmniejszona. W przypadku zamontowania pompy P5 na zasilaniu, tym bardziej nie może być załączona w trakcie poboru wody, ponieważ jej niska wydolność stłumi skuteczność pomp wodociągowych. Wyłączona pompa stanowi

będzie opór przepływu, nieco większy od wodomierza. W przypadkach granicznych np. konieczności szybkiego przygotowania c.w.u. dla wielu osób, system umożliwia pracę multiwalentną tzn. przy użyciu wszystkich trzech źródeł ciepła. Podstawowym źródłem ciepła w zaprojektowanym systemie jest pompa ciepła i to jej rozbudowany sterownik – opcja sterowania pracą trzech źródeł ciepła, może decydować o pracy całego systemu. Można także zastosować inny programowalny sterownik zewnętrzny. Instalacja pompy ciepła wraz z pompami obiegowymi P1 i P2 pozostaje głównym źródłem ciepła do czasu obniżenia współczynnika COP do poziomu opłacalności pracy instalacji, tzn. zrównania się kosztów paliwa gazowego i energii elektrycznej wykorzystanej przez zespół pompy ciepła. Taka sytuacja może wystąpić w przypadku długotrwałego utrzymywania się niskiej temperatury i przy równoczesnym braku słonecznej pogody. Dopóki jednak pompa ciepła pracuje wydajnie, instalacja pulsacyjnego kotła gazowego uruchamia się tylko w trybie szczytowym, uzupełniając powstałe niedobory strumieni ciepła w zakresie płynnej regulacji mocy od 1 do 20 kW.

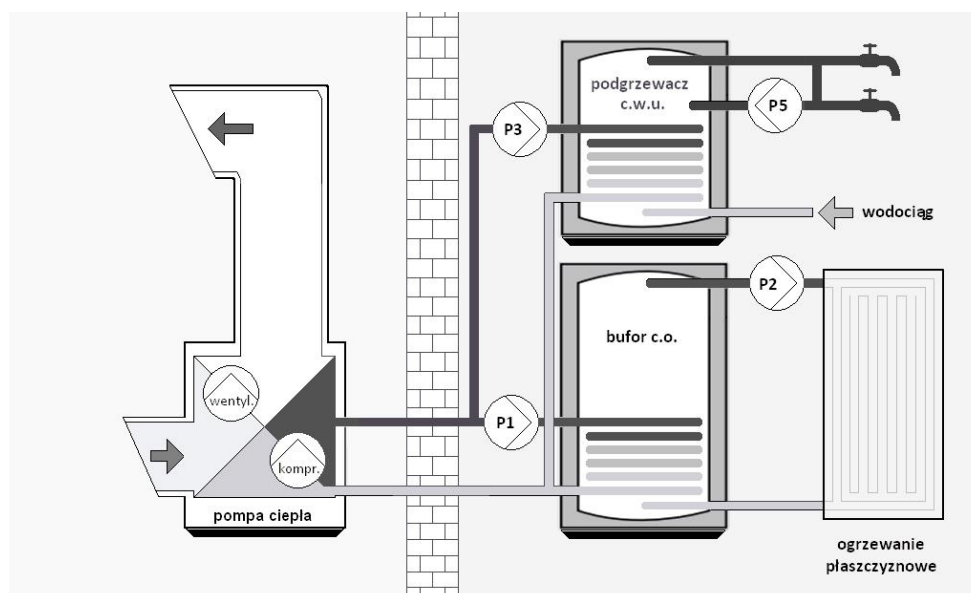


Rys. 2. Wybrane elementy schematu instalacji centralnego ogrzewania z wykorzystaniem pompy ciepła typu solanka /woda lub opcjonalnie powietrze/woda – opracowanie własne  
 Fig. 2. Selected elements of the system design central heating using a heat pump brine / water or optional air / water – to develop their own

Ciepło z kotła gazowego przekazywane jest do właściwego zasobnika za pośrednictwem pompy obiegowej P4 i trójdrożnego elektrozaworu V3. Instalacja kolektorów solarnych powinna być obliczona dla potrzeb produkcji c.w.u. Może także pracować na potrzeby centralnego ogrzewania w okresie zimowym jako źródło wspomagające. W ramach oszczędzania energii elektrycznej w okresie całkowitego braku nasłonecznienia obieguwa pompa solarna P3 zostaje wyłączona. System czuwa jednak nad rozładowaniem entalpii czynnika pośredniczącego w przekazaniu ciepła wyprodukowanego w instalacji kolektorów solarnych poprzez jego cykliczne obiegi, których częstotliwość uzależniona jest od temperatury, pory dnia i warunków pogodowych. W przypadku dłuższego braku odbioru ciepła w okresie letnim system w podstawowej wersji oddaje jego nadmiar do kanalizacji. Opcja bardziej rozbudowana daje możliwość rozładowania temperatury podgrzewacza c.w.u. do basenu kąpielowego lub przy pomocy odwracalnej pompy ciepła z zastosowaniem tzw. chłodzenia aktywnego – zwrotu energii dolnemu

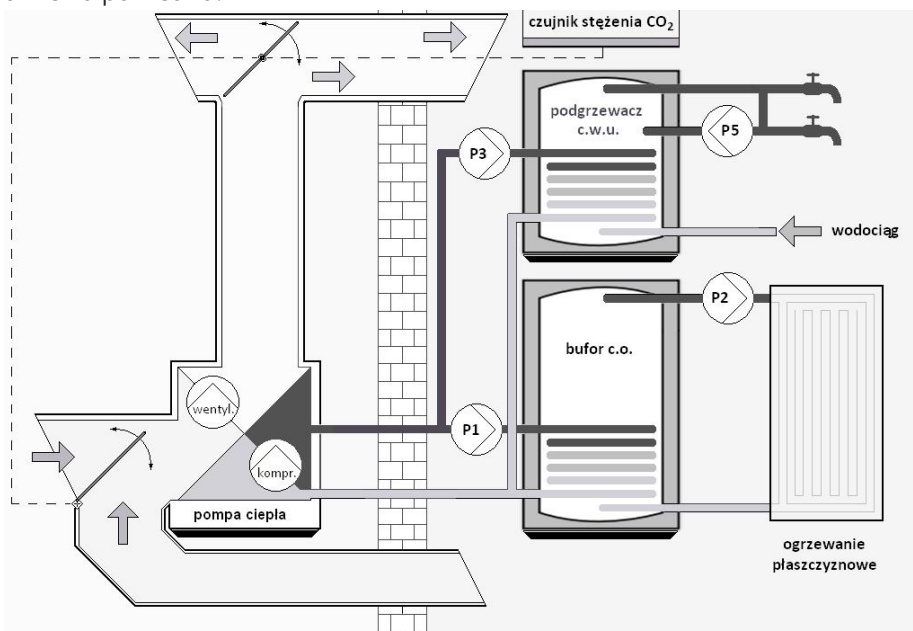
wymiennikowi zabudowanemu w gruncie – letnia regeneracja dolnego źródła ciepła. W przypadku utrzymującej się niskiej temperatury dolnego źródła pompy ciepła – eksploatacja staje się nieekonomiczna – pompa nie zostaje załączona. System pracuje wówczas w oparciu o instalację pulsacyjnego kotła gazowego, wspomaganego instalacją kolektorów solarnych. Pompa ciepła nie może być często załączana, ze względu na znaczne ograniczenie jej żywotności. Czas pracy i liczba załączeń są parametrami decydującymi o trwałości tego urządzenia. Prąd rozruchowy ww. pompy, startującej pod ciśnieniem czynnika w jej wewnętrznym obiegu może osiągać ośmiokrotną wartość prądu nominalnego. Zamontowane w kuchni, łazienkach i toaletach ultradźwiękowe czujniki ruchu w czasie braku poboru c.w.u. wyzwalają okresowo P5, gwarantując tym samym bardziej oszczędną eksploatację obiegu. Sensory ruchu mogą być jednocześnie elementami rozbudowanej instalacji antywłamaniowej. Rozładowanie entalpii czynnika zgromadzonego w buforze centralnego ogrzewania zapewnia pompa obiegowa P6. Podstawowym warunkiem wykorzystania pomp ciepła w celu transferu ciepła otoczenia do ogrzewania budynku mieszkalnego jest jego niskie zapotrzebowanie na ciepło. Następnym, jest wymóg zastosowania niskotemperaturowego płaszczyznowego ogrzewania, na przykład podłogowego lub ściennego, ponieważ wysoka sprawność pomp ciepła jest osiągnięta w ograniczonym zakresie różnicy temperatury dolnego i górnego źródła.

Schemat podstawowego zastosowania pompy ciepła typu powietrze/woda do produkcji c.o. i c.w.u. przedstawiono na rys. 3. W zależności od zapotrzebowania pompa ciepła zasila za pośrednictwem pompy obiegowej P1 zbiornik/bufor c.o. podnosząc temperaturę czynnika w nim zawartego do ok. 40 °C lub dzięki pompie P3 podgrzewa wodę wodociągową w zasobniku c.w.u. do temperatury ok. 55 °C. Pompa obiegowa P2 doprowadza ciepło do płaszczyznowych grzejników ściennych i podłogowych, natomiast P5 zapewnia utrzymanie jednakowej temperatury c.w.u. we wszystkich punktach jej poboru. Pompy ciepła na ogół wyposażone są w wielokanałowe sterowniki, przystosowane do pracy biwalentnej po stronie źródeł oraz odbiorników energii cieplnej. W okresie zimowym wskazane jest zastosowanie szczytowo/awaryjnego źródła ciepła np. w postaci kotła spalającego gaz ziemny lub paliwa odnawialne.



Rys. 3. Pompa ciepła typu powietrze-woda w układzie centralnego ogrzewania i centralnej wody użytkowej  
Fig. 3. The heat pump air-water central heating & domestic hot water

Wykorzystanie entalpii strumienia powietrza pompy ciepła typu powietrze/woda przedstawiono na rys. 4. Filtrowane, oziębione, wypływające przez kanał wylotowy pompy ciepła powietrze można skierować ponownie do zasilania układu wentylacji i klimatyzacji budynku bezpośrednio lub do zastosowanego wymiennika np rekuperatora. W kanale dolotowym powietrza proponuje się zainstalowanie czujnika stężenia ditlenku węgla, który sterowałby stopniem recyrkulacji powietrza w celu podwyższenia temperatury źródła dolnego. Wpłyne to korzystnie na zwiększenie rzeczywistej wartości średniorocznego współczynnika efektywności pompy ciepła. Stopień otwarcia przepustnicy, o liniowej charakterystyce przepływu, jest funkcją stężenia ditlenku węgla w powietrzu usuwanym z pomieszczenia. Wówczas także wspomaganie temperatury źródła dolnego będzie zmienne. W przypadku przekroczenia umownej wartości stężenia granicznego w powietrzu odprowadzanym z pomieszczenia następuje zamknięcie przepustnicy powietrza obiegu powietrza recyrkulacyjnego. Zużyte, ogrzane powietrze powrotne, wprowadzone do czerpni pompy ciepła podwyższa współczynnik COP. W okresie letnim pompa, zasilając instalację c.w.u. oraz np. basen kąpielowy w ciepło, produkuje jednocześnie chłód. W przypadku zwiększonego zapotrzebowania na zimno system sterowania klimatyzacją odwraca obieg Carnota w odpowiednio dobranym modelu pompy ciepła i zasila wówczas bufor c.o. chłodem. Rentowność takich przełączeń wylicza procesor w oparciu o dane z własnych sensorów, nastaw sterownika pompy i systemu klimatyzacji. Wyliczona i wyregulowana przez obrotowe przepustnice część wartości strumienia przepływającego przez pierwotny wymiennik pompy powietrza (3000÷4000 m<sup>3</sup>/h) zostaje skierowana do wnętrza bezpośrednio lub przez wymiennik, w zależności od wyposażenia i poziomu hałasu pochodzącego od wentylatora. Redukcję poziomu hałasu zapewnią elastyczne, niemetalowe połączenia kanałów nawiewowych. Strumień powietrza z pompy ciepła typu powietrze/woda lub powietrze/powietrze można wykorzystać także w instalacjach już istniejących, wyposażonych np. w rekuperator powietrza zużytego. Dostępnych jest wiele rozwiązań sterowania przepustnicami i żaluzjami, które umożliwiają precyzyjną regulację strumienia powietrza.



Rys. 4. Pompa ciepła typu powietrze-woda w układzie centralnego ogrzewania i centralnej wody użytkowej wykorzystującego entalpię powietrza schłodzonego oraz zużytego  
 Fig. 4. The heat pump air-water central heating & domestic hot water using the enthalpy of the air cooled and exhaust air



## Wnioski

Przedstawiono projekty procesowe multiwalentnego i biwalentnego systemu ogrzewania i ciepłej wody użytkowej budynku. Wpisują się one znacząco w realizację strategii energetyki prosumenckiej PME, czyli zwiększenia samowystarczalności energetycznej użytkowników. Dotyczy to szczególnie budynków jednorodzinnych na terenach wiejskich, których liczbę szacuje się na około 3,5 miliona oraz w miejscowościach o rozproszonej zabudowie. W przypadku instalacji z powietrzną pompą ciepła zaproponowano rozwiązanie odzysku ciepła z powietrza zużytego oraz wykorzystanie powietrza oziębionego w okresie letnim. Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych zaleca się wprowadzenie zmian w dotychczas stosowanym układzie usytuowania i sterowania pompy obiegowej c.w.u. Zmniejszenie średnicy rurociągu powrotnego lub zastosowanie zsynchronizowanego z pracą ww. pompy normalnie zamkniętego elektrozaworu (V4/P5 – rys. 1) zwiększy przepływ ciepłej wody w miejscach jej poboru.

## Bibliografia

- [1] Popczyk, J.: Zmiana paradygmatu rozwoju energetyki. Konferencja naukowa p.t.: Cud energetyczny? Polityka zrównoważonego rozwoju w gospodarce komunalnej – doświadczenia szwedzkie i polskie realia. Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach – Ambasada Królestwa Szwecji. Katowice, 6 czerwiec 2016.
- [2] Popczyk, J.: Potencjał energetyki prosumenckiej w kształtowaniu gospodarki niskoemisyjnej. Praca zbiorowa pod redakcją Mazurkiewicz, J., Pająk, K.: Gospodarka niskoemisyjna. Uwarunkowania i wyzwania. Toruń: Wydawnictwo Adam Marszałek 2014. s. 174, 185-187.
- [3] Jaroszyk, F., Pająk, K.: Metody zwiększenia wytwarzania energii elektrycznej w systemach hybrydowych modułów fotowoltaicznych PVT. Praca zbiorowa pod redakcją Mazurkiewicz, J., Pająk, K.: Gospodarka niskoemisyjna. Uwarunkowania i wyzwania. Toruń: Wydawnictwo Adam Marszałek 2014. s. 132-139, 142-143. ISBN: 978-83-7780-974-7.
- [4] Pająk, L., Tomaszewska, B.: Porównanie efektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych wykorzystania pompy ciepła typu woda/woda i solanka/woda do ogrzewania domu jednorodzinnego. W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2016 nr 4, s. 152-157. ISSN: 0137-3676.
- [5] Żarski, K.: Średnioroczny współczynnik efektywności pompy ciepła z poziomym wymiennikiem gruntowym. W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2005 nr 2, s. 3-5. ISSN: 0137-3676.
- [6] Praca zbiorowa. Buczek, A., Telejko, T.: Pompy ciepła. Odnawialne i nieodnawialne źródła energii. Poradnik. Kraków-Tarnobrzeg: Wydawca TARBONUS 2008. s. 221-256. ISBN: 978-83-7394-220-2.
- [7] Rubik, M.: Dolne źródła ciepła – budowa i wymiarowanie gruntowych wymienników ciepła. W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2008 nr 9, s. 3-7. ISSN: 0137-3676.
- [8] Lachman, P.: Potencjał zastosowania pomp ciepła w kontekście rozwoju technologii OZE i celów pakietu energetyczno klimatycznego. W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2011 nr 11, s. 43-450. ISSN: 0137-3676.
- [9] Boroń, W., Chomiak, A., Smyła, J.: Hybrydowa instalacja wykorzystująca OZE do poprawy efektywności energetycznej budynków zabytkowych. W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2016 nr 4, s. 146-151. ISSN: 0137-3676.
- [10] Foit, H.: Wyznaczanie optymalnej postaci źródła ciepła zawierającego kolektory słoneczne dla zaopatrzenia w ciepło budynku mieszkalnego. Praca zbiorowa pod redakcją Popiołka, Z.: Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego. Ener-Indoor Centrum Energetycznie Efektywnych Technik i Systemów.

Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2005. s. 128-134. ISBN: 83-922941-1-4.

[11] Michalak, P., Grygierczyk, S.: Pompy ciepła w pasywnym budynku biurowym.

W: Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2015 nr 10, s. 396-398. ISSN: 0137-3676.

[12] Gil, S., Tomeczek, J., Rozpondek, M.: Strategiczny Projekt Badawczy p.t.: Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków – zadanie badawcze nr 5: Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach. Politechnika Śląska PBS-5/RM1/2010 – etap 9: „Analiza głównych czynników wpływających na zużycie energii cieplnej w budynkach”.

## HEATING SYSTEMS IN SINGLE-FAMILY HOUSES AS AN INSTRUMENT OF ENERGY PROSUMER

### SUMMARY

The opportunities to use renewable energy sources in buildings have been presented. The systems of heating single family houses have been analysed. The bivalent and multivalent solutions with a heat pump as a primary source of heat was proposed.

### KEYWORDS

systems of heating, heat pump, prosumer micro installation energy