

Coraz więcej przyszłych inwestorów budujących własne domy interesuje się alternatywnym sposobem ich ogrzewania. Zastanawiają się, czy do ogrzewania i podgrzewania ciepłej wody zastosować pompy ciepła. Zadają sobie proste i ważne pytanie: czy takie rozwiązanie jest opłacalne, czy koszty inwestycyjne poniesione na realizację tego zadania zwrócą się, a jeżeli tak – to po jakim czasie? Na ile zagadnienie techniczne pomp ciepła jest już poznane przez projektantów i instalatorów? Czy ci ostatni potrafią, profesjonalnie i zgodnie z zasadami sztuki inżynierskiej, wykonać i uruchomić instalację pompy ciepła? Pytania te są ważne, szczególnie teraz, gdy tak wiele firm instalacyjnych reklamuje się, przekonując, że potrafią i mają doświadczenie w montażu pomp ciepła. Niestety tak nie jest. Wielu spośród nich wywodzi się wprost z branży kotłowej. Przez wiele lat, z dużym powodzeniem instalowali kotły gazowe, olejowe czy kotły na paliwa stałe. Wydaje się im, że pompa ciepła to takie samo urządzenie grzewcze, a jednak tak nie jest. Pompa ciepła wymaga chociaż podstawowej wiedzy technicznej z zakresu chłodnictwa. Wielu początkujących instalatorów, przy nieprawidłowym dobraniu pompy obiegowej przetwarzającej wodę c.o. przez skraplacz pompy ciepła, zastanawia się, dlaczego co chwilę sprężarka blokowana jest presostatem HP i dlaczego sterownik pompy ciepła nie potrafi, po ustąpieniu przyczyny awarii, samodzielnie uruchomić pompy ciepła ponownie. Porównują tę sytuację do kotła gazowego, gdzie przy nawet niewielkim przepływie wody przez nagrzewnicę kotła, awaria przegrzania nie wystąpi, z uwagi na płynną regulację wydajności palnika gazowego. Wydaje się, że jedynie słusznym podejściem do nowych zagadnień technicznych, jakimi bez wątpienia są pompy ciepła, jest gruntowna edukacja. Brak podstawowej wiedzy z zakresu chłodnictwa, wymiany ciepła i hydrauliki prowadzi do popełniania podstawowych błędów w instalacjach pomp ciepła, które rzutują złą opinią na całą gałąź techniki, jaką są pompy ciepła z dużym dystansem i niedowierzaniem przyszłych właścicieli pomp ciepła. Artykuł ten ma na celu przybliżyć instalatorom wszystkie zagadnienia techniczne dotyczące doboru i montażu pompy ciepła Logatherm.

Ciepło inaczej

Zrozumieć pompe ciepła



Własności cieplne budynku, w którym miałyby być zainstalowana pompa ciepła

Izolacja cieplna budynku

Można powiedzieć, że pompa ciepła jest urządzeniem energooszczędnym, tanim w eksploatacji, choć nieco droższym w inwestycji, zatem powinna być instalowana w odpowiednich budynkach. Mamy tu na myśli budynki energooszczędne, a więc takie, które zużywają niewiele energii cieplnej do utrzymania w nich wymaganego komfortu cieplnego mieszkańców. Obowiązujące normy w tym zakresie mówią, że budynek energooszczędny to taki, dla którego zapotrzebowanie na moc cieplną, przypadającą na jednostkową powierzchnię, wynosi maksymalnie 55 W/m^2 lub odnosząc to do jego kubatury (objętości) – 18 W/m^3 . Z doświadczenia można powiedzieć, że tylko w budynkach spełniających te kryteria montaż pompy ciepła przynosi oczekiwane korzyści i zadowolenie użytkownika. Innymi słowy można stwierdzić, że pompa ciepła zainstalowana w takim budynku będzie pracować ekonomicznie i przyniesie wymierne oszczędności w ogrzewaniu ku zadowoleniu właściciela urządzenia.

Aby budynek mógł nosić miano energooszczędnego, powinien, już na etapie projektowania przez architekta, zostać poddany analizie technicznej. Architekt wraz z przyszłym właścicielem powinni określić wygląd budynku, jego walory estetyczne i użytkowe, ale również i walory ochrony cieplnej. Powinny zostać zaprojektowane okna o odpowiednim wyglądzie, ale również o odpowiednim (jak najmniejszym) współczynniku przenikania ciepła, elewacja zewnętrzna ścian o odpowiedniej strukturze i kolorze, ale z materiałów o dobrej izolacyjności (np. ze styropianu lub wełny mineralnej). Aspekt, na który należy zwrócić uwagę, a który jest powszechnie pomijany przez architektów, to grubość warstwy izolacyjnej na stropach budynków. Niestety, prawie w każdym nowoprojektowanym budynku grubość tej izolacji jest zbyt mała, najczęściej architekci projektują tylko od 4 do 6 cm styropianu na stropie na gruncie lub nieogrzewanej piwnicy i od 2 do 4 cm na stropach pomiędzy kondygnacjami. Z punktu widzenia ochrony akustycznej (tłumienia hałasów) zapewne to wystarczy, ale z punktu widzenia ochrony cieplnej budynku to zbyt mało, szczególnie gdy systemem grzewczym budynku jest ogrzewanie podłogowe. Jeżeli architekt zaprojektuje zbyt cienką warstwę izolacji na ścianie zewnętrznej, bez żadnego uszczerbku dla konstrukcji budynku, inwestor może ją zwiększyć o kilka centymetrów (jedynie będzie trzeba wydłużyć parapety), jeżeli zaś izolacja w podłodze w projektowanym budynku będzie zbyt mała, to zwiększenie jej grubości przez inwestora nie będzie praktycznie możliwe, bez ko-

nieczności przeprojektowania budynku mającego na celu podniesienie ościeżnic drzwiowych i okiennych lub opuszczenie posadzki (tzw. „chudziaka”), poprzez wykonanie głębszych wykopów wewnątrz budynku. Doświadczenie w wykonywaniu projektów ogrzewania podłogowego mówi, że najważniejsze z punktu widzenia ochrony cieplnej jest wykonanie izolacji stropu na gruncie lub nad pomieszczeniem nieogrzewanym o grubości 12 cm i 4-5 cm na stropach pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi.

Niezbędna jest, już na etapie projektowania budynku, współpraca architekta z projektantem instalacji grzewczych, dla prawidłowego określenia grubości poszczególnych izolacji w przegrodach budowlanych. Niestety powszechnym zjawiskiem jest to, że brakuje takiej współpracy i często budynki i ich przyszli użytkownicy pozbawieni są odpowiedniej ochrony cieplnej, przez to koszty ogrzewania rosną, a wystarczyłoby obniżyć o kilka centymetrów podłogę czy zaproponować lepsze okna lub nieco grubszą warstwę styropianu na ścianach, a straty cieplne w budynku zmalałyby znacznie.

Montaż pompy ciepła w budynku, który nie spełnia wymogów prawidłowej izolacyjności przegród i w którym występuje większe zapotrzebowanie na moc cieplną potrzebną do ogrzewania, spowoduje nieekonomiczną pracę pompy ciepła. Nieekonomiczną, to znaczy, że koszty ogrzewania będą wyższe od tych, jakich oczekuje użytkownik, i porównywalne z kosztami ogrzewania wykorzystującymi inne, konwencjonalne systemy grzewcze (gaz płynny czy olej opałowy). A przecież montaż pompy ciepła, jak podnoszą przeciwnicy i zwolennicy tych urządzeń, ma sens techniczny wówczas, gdy spełniony jest aspekt ekonomiczny, czyli gdy koszty inwestycyjne zwrócą się po 5-7 latach dzięki oszczędnościom poczynionym przy ogrzewaniu budynku, w porównaniu do kosztowni konwencjonalnej.

Pompa ciepła zainstalowana w budynku nieenergooszczędnym, z uwagi na wzmożoną ucieczkę ciepła z takiego budynku, będzie pracować o wiele godzin więcej, niż w budynku energooszczędnym. Dłuższy czas pracy to również większe zużycie energii elektrycznej napędowej sprężarki. Mimo że „sprawność” działania pompy ciepła jest duża, jednak ten wydłużony czas pracy będzie odczuwalny finansowo. Niektórzy projektanci proponują zastosować w budynkach starej konstrukcji (o dużym zapotrzebowaniu na ciepło) większe pod względem mocy cieplnej pompy ciepła. Jednak efekt ekonomiczny będzie podobny – większe zużycie energii elektrycznej napędowej z uwagi na większy silnik sprężarki pompy ciepła.

Temperatura wewnątrz pomieszczeń.

Wymagania użytkownika

Mało kto z użytkowników wie, że na straty ciepłe budynku, oprócz izolacji cieplnej, taki sam wpływ ma również temperatura wewnątrz pomieszczenia. Analizując prawo Pecleta, okazuje się, że na straty ciepłe budynku temperatura wewnętrzna (dokładnie różnicy temperatur pomiędzy temperaturą wewnątrz a na zewnątrz) ma taki sam wpływ, jak powierzchnia przegród budowlanych czy ich własności izolacyjne (współczynnik przenikania ciepła k). Niewielu z nas wie również, że podniesienie temperatury w pomieszczeniu choćby o 1°C skutkuje zwiększeniem ucieczki ciepła na zewnątrz budynku, a więc większymi stratami energii cieplnej przez budynek. Z doświadczenia wielu projektantów instalacji grzewczych okazuje się, że podwyższenie temperatury w budynku o 1°C powoduje zwiększoną ucieczkę ciepła z budynku od 6 do 8%. Oznacza to zatem, że gdy użytkownik podniesie temperaturę w budynku z 20°C do 21°C to budynek będzie wymagał dostarczenia nawet o 8% więcej energii cieplnej z pompy ciepła, co będzie skutkowało wydłużeniem jej czasu pracy, a to przyczyni się do większego zużycia energii elektrycznej napędowej, a więc w konsekwencji do nieuniknionego podwyższenia kosztów ogrzewania. Zastanówmy się, co stanie się, gdy podniesimy temperaturę wewnątrz budynku o 5°C, z +20°C do +25°C. Zwiększy się z użycie energii cieplnej przez budynek nawet o 40%. Zatem i koszty eksploatacji pompy ciepła zwiększą się o 40%. Niejednokrotnie spotykamy się z przykrymi głosami użytkowników pomp ciepła, że są niezadowoleni z posiadania pompy ciepła, ponieważ koszty ogrzewania miały być niewielkie, a po zainstalowaniu pompy ciepła okazuje się, że koszty te są duże i porównywalne do kosztów eksploatacji innych źródeł energii. Użytkownik najczęściej wtedy prosi o interwencję serwisu i dokonanie regulacji lub usunięcie usterki w pompie ciepła. Po przyjeździe na miejsce okazuje się, że pompa ciepła działa prawidłowo, tylko temperatura wewnątrz budynku wynosi 24°C, a wszyscy domownicy chodzą w krótkich spodenkach i przewiewnych koszulach. Przy takiej temperaturze wewnętrznej pompa ciepła, jak i każde inne urządzenie grzewcze, ma prawo dużo kosztować eksploatacyjnie, bo budynek dużą część energii traci na zewnątrz.

Patrząc jednak z punktu widzenia użytkownika, wielu z nich twierdzi, że temperatura +20°C wewnątrz budynku jest po prostu zbyt niska i odczuwa chłód. Jest w tym racja, jeżeli systemem grzewczym jest instalacja grzejnikowa, a więc system konwekcyjnego ogrzewania pomieszczeń. Skuteczność jego działania jest ograniczona do ruchu powietrza w pomieszczeniu. Aby ciepłe powietrze przepłynęło od grzejnika do drugiego końca pomieszczenia, musi zostać odpowiednio mocno pod-

grzane, a i tak okaże się, że w najdalszych krańcach pomieszczeń jest niedostatecznie ciepło. Stąd pojawia się dyskomfort cieplny i domownicy odczuwają chłód, gdyż powierzchnie otaczające (ściany, meble) są niedostatecznie nagrzane. Częściej zdarza się, że domownicy odczuwają tzw. przeciąg, mimo że wszystkie okna są pozamykane i szczelne. Efekt ten to złudzenie naszego organizmu, który odczuwa przeciąg, gdy różnica temperatur w pomieszczeniu, w jednym jego końcu przy grzejniku jest wyższa niż w drugim końcu pomieszczenia, szczególnie przy nieogrzewanej ścianie i wynosi powyżej 2,5°C.

Przeciwieństwem jest ogrzewanie podłogowe, przy zastosowaniu którego temperatura +20°C wewnątrz budynku jest w zupełności wystarczająca, ponieważ element grzewczy znajduje się w każdym miejscu pomieszczenia, w każdym miejscu przebywania domowników. Ponadto ogrzewanie podłogowe, z uwagi na swoją bardzo niską temperaturę podłogi, przekazuje ciepło na sposób promieniowania, a promieniowanie podczerwone dociera do wszystkich elementów wyposażenia pomieszczenia, podgrzewając je, z uwagi na co człowiek nie czuje chłodu (przeciągu), stojąc przy nieogrzewanej ścianie budynku. Z punktu widzenia strat cieplnych budynku niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe przynosi wymierne zyski ekonomiczne.

Wentylacja budynku

Podobnie jak temperatura powietrza wewnętrznego wpływa na wzmożone straty ciepłe budynku, również i wentylacja budynku może powodować większe zapotrzebowanie na ciepło, szczególnie gdy jest to wentylacja nieokreślona i niezbadana pod względem ilościowym. Każda wymiana powietrza w budynku unosi ze sobą określoną ilość energii cieplnej potrzebnej do ogrzania powietrza wentylacyjnego. Im niższa temperatura powietrza wpływającego do budynku, tym więcej energii cieplnej koniecznej do jego podgrzania. Bezsporny jest fakt, że budynek musi być wentylowany. Normy higieniczne mówią, że w prawidłowo wykonanym budynku powietrze powinno być wymieniane co najmniej raz na godzinę (od 0,8 do 1,2 wymiany na godzinę w zależności od przeznaczenia budynku). Zatem i zużycie energii cieplnej na wentylację jest konieczne i nieuniknione, jednak za każdym razem należy przeprowadzić analizę techniczną i wybrać najwłaściwszy system wentylacji, spośród wielu dostępnych obecnie na rynku.

Okazuje się często, że niebagatelny wpływ na ogrzanie budynku ma jakość techniczna systemu wentylacji. Gdy wentylacja wykonana jest nieprawidłowo i zbyt duże ilości powietrza zewnętrznego napływają do wnętrza budynku, powoduje to zwiększone zużycie energii cieplnej. Często sam użytkownik doprowadza do takiego stanu, montując różnego rodzaju wentylatorki wywiewne w kratkach wentylacyjnych. Nie tak powinno wyglądać

usprawnianie systemu wentylacji. Jeżeli chcemy, aby budynek był wentylowany mechanicznie, czyli poprzez system wentylacji nawiewno-wywiewnej, bo boimy się, że wentylacja grawitacyjna będzie nieskuteczna (np. z uwagi na zbyt niskie kominy, szczególnie w budynkach parterowych), należy dokładnie obliczyć niezbędną i wymaganą ilość powietrza wentylacyjnego. Na podstawie tych obliczeń oraz obliczeń hydraulicznych rurociągów należy dobrać wielkość centrali wentylacyjnej (wielkość wentylatora). Wiele jest firm instalacyjnych, które „na oko” dobierają centrale wentylacyjne. Niejednokrotnie dobór taki jest prawidłowy, lecz częściej okazuje się niewłaściwy i najczęściej zawyżony, zgodnie z powiedzeniem, że „lepiej dać więcej niż za mało”. Taki dobór powoduje wprost większe koszty ogrzewania budynku. Pewnym wyjściem z tej złej sytuacji jest zastosowanie wentylacji z wymiennikiem do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, z tzw. rekuperatorem. Zminimalizuje on straty wynikłe ze złego doboru centrali wentylacyjnej i przyczyni się do zaoszczędzenia energii cieplnej poprzez wstępny podgrzew powietrza nawiewanego.

Istnieje również inny błąd związany z szacowaniem energii cieplnej koniecznej do podgrzewania powietrza wentylacyjnego przy zastosowaniu central wentylacyjnych z rekuperatorem. Wielu projektantów zakłada bezkrytycznie, że sprawność „rekuperacji” jest zawsze taka, jaką podaje producent urządzenia, a więc ok. 90%. Zatem zgodnie z danymi tabelarycznymi urządzenia zakładają one, że tylko 10% energii cieplnej potrzebnej będzie do ogrzania powietrza nawiewanego, pozostała część to odzysk z powietrza wywiewnego. Niestety, założenie to jest nieprawdziwe, a skutek – podobny do wcześniej cytowanych, a więc większe od zakładanego zużycie energii napędowej pompy ciepła, z uwagi na niedoszacowanie zapotrzebowania na ciepło systemu wentylacji, co znowu spowoduje podwyższenie kosztów ogrzewania.



Zanim podejmiemy decyzję o wyborze źródła ciepła do ogrzewania naszego budynku, ze wskazaniem na pompę ciepła, powinniśmy zastanowić się nad uwarunkowaniami technicznymi i użytkowymi naszego przyszłego domu. Z doświadczenia wynika, że pompa ciepła spełni warunki i oczekiwania ekonomiczne (niewielkie koszty ogrzewania) jedynie wówczas, gdy budynek będzie nosił znamiona budynku energooszczędnego. Będzie posiadał odpowiednią izolację ścian i stropów, szczególnie stropów na gruncie lub nad pomieszczeniami nieogrzewanymi, gdy systemem grzewczym jest ogrzewanie podłogowe, będzie posiadał odpowiednią izolację stropodachu (odpowiednia ilość i odpowiednie ułożenie wełny mineralnej pomiędzy krokwiami dachu oraz izolacja parochronna), wybrane zostaną ładne, ale i energooszczędne okna i drzwi. Zaprojektowany zostanie system wentylacji, czy to grawitacyjnej, czy mechanicznej, doprowadzający odpowiednią ilość świeżego powietrza do wnętrza. Każdy przyszły użytkownik pompy ciepła powinien jasno odpowiedzieć sobie na pytanie: jaką temperaturę powietrza wewnątrz budynku będę utrzymywał? Jeżeli będzie to temperatura do +21°C, to montaż pompy ciepła jest uzasadniony, jeżeli zaś nasze oczekiwania są w granicach +23°C do +26°C – to jedynym i słusznym rozwiązaniem jest montaż kotła na gaz ziemny, płynny lub innego urządzenia grzewczego firmy Buderus.

Podsumowując, montaż pompy ciepła jest uzasadniony ekonomicznie jedynie wówczas, gdy:

- budynek spełnia wymogi budynku energooszczędnego (max: 55W/m² lub 18 W/m³),
- temperatura wewnątrz budynku nie będzie wyższa niż +21°C,
- systemem rozprowadzenia ciepła będzie instalacja niskotemperaturowa.



Instalacje rozprowadzenia ciepła preferowane do współpracy z pompami ciepła

Równie ważnym aspektem użytkowym, koniecznym do przeanalizowania przez przyszłego użytkownika pompy ciepła, jest wybór systemu rozprowadzenia ciepła w budynku. Mówi się, że pompa ciepła jest urządzeniem niskotemperaturowym, a więc takim, które zasila system grzewczy budynku w ciepło, przy niskiej temperaturze krążącego nośnika ciepła (najczęściej wody). I tak jest w istocie, z tym że ta niska temperatura nie wynika z ograniczonych możliwości technicznych pompy ciepła, ale z własności ekonomicznych jej pracy. W kolejnym artykule szczegółowo przedstawiono wpływ parametrów temperaturowych instalacji grzewczej na ekonomiczną pracę pompy ciepła. Wynika z nich, że lewobieżny obieg chłodniczy, który realizo-

wany jest w pompie ciepła, jest tym bardziej sprawny, im niższa jest temperatura skraplania (niższe ciśnienie skraplania). Oznacza to, że gdy pompa ciepła współpracuje z niskotemperaturowym systemem grzewczym budynku, temperatura i ciśnienie skraplania są na niskim poziomie, wówczas zużycie energii napędowej przez sprężarkę jest również niewielkie, a koszty ogrzewania – małe. Jeżeli zaś zmusimy pompę ciepła do zasilania wysokotemperaturowej instalacji grzewczej (np. instalacji grzejnikowej), spowoduje to wzrost ciśnienia skraplania, a przez to większe zużycie energii napędowej i podwyższenie kosztów ogrzewania.

Podobnie i teraz o wyborze systemu rozprowadzenia ciepła w budynku decyduje przyszły użytkownik pom-

Ciepło z ziemi czy powietrza?



Pompa ciepła typu powietrze/woda
Logatherm WPL
(5,6-10,1 kW)
z modułem wewnętrznym AW C

Pompa ciepła typu glikol/woda
Logatherm WPS K
(5,9-10,7 kW)

Pompa ciepła typu glikol/woda
Logatherm WPS
(5,9-16,7 kW)

Buderus ma dla Ciebie odpowiedź

py ciepła. Poprzez swój brzemienisty w skutkach wybór, może zdecydować o przyszłych kosztach ogrzewania swojego domu. Przy zastosowaniu pompy ciepła i ogrzewania podłogowego na pewno koszty ogrzewania będą dużo niższe, niż przy zastosowaniu systemu konwencjonalnego – grzejnikowego.

Jednak i podczas wyboru ogrzewania podłogowego czają się pewne zagrożenia natury technicznej, o których należy tutaj wspomnieć. Wielu inwestorów, chcąc trochę zaoszczędzić lub po prostu z nieświadomości, powierza wykonanie systemu ogrzewania podłogowego firmie, na zasadzie wykonania instalacji „na oko”. Firmy instalacyjne układają rury ogrzewania podłogowego, bazując na swoim doświadczeniu. Wielokrotnie takie ogrzewanie działa bez zarzutów, no może czasami jedno pomieszczenie jest niedogrzone, a inne – przegrzane, ale wykonanie niewielkiej regulacji przez użytkownika eliminuje te uciążliwości. Nie pamięta się jednak nigdy o aspekcie ekonomicznym pompy ciepła i wymaganej jak najniższej temperatury zasilania. Z temperaturą za-

silania wiąże się ilość i sposób ułożenia rur ogrzewania podłogowego, które później zostaną zalane posadzką jastrychową i razem stanowią „grzejnik podłogowy”. W metodzie wykonania ogrzewania „na oko” zawsze do racji właściciela i instalatora przemawia aspekt finansowy, czyli aby ułożyć jak najmniej rury w posadzce. Jeżeli okaże się, że istotnie w tym czy innym pomieszczeniu tej rury ułożono za mało, czyli odległości pomiędzy sąsiednimi rurami są zbyt duże, co w konsekwencji skutkuje za niską temperaturą w pomieszczeniu (niedogrzeniem pomieszczenia) lub całego budynku, rada instalatora jest prosta: proszę podnieść temperaturę zasilania ogrzewania podłogowego. Dla pracy kotła gazowego nie ma to istotnego znaczenia, ale dla pompy ciepła powoduje pogorszenie warunków pracy, wzrost ciśnienia skraplania, czyli wzrost kosztów ogrzewania. Przestrzegam wszystkich, którzy po raz pierwszy mają styczność z pompami ciepła przed takim podejściem w sytuacji niewystarczającej pracy ogrzewania podłogowego jako niewłaściwym i niepożądanym.

Doświadczenie mówi, że nieodzowne dla prawidłowej pracy pompy ciepła i zadowolenia użytkownika, z posiadania pompy ciepła jest wykonanie projektu ogrzewania podłogowego budynku. Jednak projekt ten powinien być wykonany przez osobę, która rozumie zjawiska zachodzące w pompie ciepła, aby bez zbędnego tłumaczenia zechciała zaprojektować system ogrzewania podłogowego z temperaturą zasilania o wartości np. +36°C. Większość projektantów uważa, że niska temperatura zasilania ogrzewania podłogowego to wartość ok. +45°C. Tak jest dla kotłów gazowych, dla pompy ciepła jest to temperatura na granicy opłacalności użytkownika. Zachęcam przyszłych inwestorów i instalatorów do zamawiania projektów ogrzewania podłogowego, mimo że wymaga to poniesienia dodatkowych kosztów, jednak zysk z ich wykonania zwróci się szybko.

Sposób doboru pompy ciepła do określonego budynku

Wybór pompy ciepła do określonego budynku jest wyborem trudnym. Powinien on uwzględniać wszystkie podane wyżej aspekty techniczne i użytkowe przyszłej instalacji grzewczej budynku i preferencji użytkownika. Powinien zatem zawierać:

- własności termiczne budynku,
 - zakładaną temperaturę wewnątrz budynku,
 - przeznaczenie użytkowe poszczególnych pomieszczeń,
 - system wentylacji,
 - temperaturę zasilania instalacji grzewczej,
- ale również:
- strefę klimatyczną Polski, w jakiej będzie zlokalizowany budynek,
 - minimalną temperaturę powietrza zewnętrznego występującą w danej strefie klimatycznej,
 - średnią temperaturę okresu grzewczego w danej strefie klimatycznej,
 - orientację budynku w stosunku do szerokości geograficznej,
 - nasłonecznienie,
 - wietrzność.

Stosowane są dwie metody doboru pompy ciepła do budynku. Pierwsza, najprostsza, polega na dobraniu pompy ciepła o mocy cieplnej (wydajności cieplnej) w pełni pokrywającej zapotrzebowanie na moc cieplną budynku. Projektant oblicza tzw. zapotrzebowanie budynku na moc cieplną wyrażoną w kW. Obliczenia te powinny uwzględniać powyżej opisane wskaźniki cieplne i parametry budynku, a szczególnie: minimalną obliczeniową temperaturę zewnętrzną w danej strefie klimatycznej, wewnętrzną temperaturę poszczególnych pomieszczeń, sposób zaizolowania ścian, stropów i dachu, parametry wybranych okien i drzwi oraz ilość powietrza wentylacyjnego. Dla obliczonej wartości zapotrzebowania budynku na moc cieplną z katalogu wybieramy model pompy ciepła o mocy cieplnej nie mniejszej niż wartość obliczona. Jest to gwarancją, że nawet w najzimniejsze dni pompa ciepła sama utrzyma założone w obliczeniach temperatury wewnątrz poszczególnych pomieszczeń (pod warunkiem prawidłowego zaprojektowania i wykonania systemu grzewczego).

Pojawia się pytanie: czy warto pompę ciepła, a więc urządzenie bądź co bądź drogie inwestycyjnie, dobierać na pełne zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą, które wystąpi tylko przy najniższych temperaturach obliczeniowych powietrza zewnętrznego. W ciągu ilu dni w ciągu sezonu grzewczego występują niskie, obliczeniowe temperatury na zewnątrz (temperatury obliczeniowe: dla Gdańska: -16°C, dla Warszawy: -18°C, dla Białegostoku: -22°C)? Przypominając sobie kilka zim wstecz, okazuje się, że faktycznie tych dni z najniższą temperaturą jest niewiele. Statystyki mówią, że nie jest ich więcej niż 7 do 10. Zatem czy warto dobierać pompę ciepła na 100% zapotrzebowania na moc ciepłą budynku? Czy warto zabezpieczać się na temperatury, które występują bardzo rzadko lub w ogóle urządzeniem, które jest drogie inwestycyjnie? A może lepiej będzie dobrać pompę ciepła na np. 80% zapotrzebowania na moc ciepłą budynku? Okaże się, że pompa ciepła sama jest w stanie ogrzewać budynek przez większość sezonu grzewczego, a gdy na zewnątrz temperatura powietrza spadnie do wartości obliczeniowej np. -18°C, wówczas pompa ciepła będzie musiała użyć dodatkowego źródła ciepła, aby utrzymać komfort cieplny w budynku. O takim dodatkowym źródle ciepła mówi się: źródło szczytowe, które uruchamiane jest tylko przy wystąpieniu maksymalnego zapotrzebowania na moc ciepłą budynku. Wydaje się, że taki dobór pompy ciepła jest uzasadniony, a dla poparcia tej tezy przedstawiony zostanie przykład ogrzewania budynku za pomocą pompy ciepła dobranej w trzech wielkościach mocy cieplnej w stosunku do budynku.

Przeanalizujemy koszty inwestycyjne i eksploatacyjne ogrzewania budynku najczęściej budowanego w Polsce, czyli o powierzchni ok. 200m² przy wykorzystaniu najpopularniejszej pompy ciepła Logatherm Buderus. Obliczenia energetyczne związane z doбором pompy ciepła wykonane zostały za pomocą programu komputerowego, który każdorazowo do wykonania analizy energetycznej przywołuje dane klimatyczne sprzed trzech lat z jednej z 40 stacji meteorologicznych Polski. Obliczenia te zostały wykonane dla miasta Gdańska.

Tabela 1. Dane do obliczeń.

Powierzchnia ogrzewana budynku:	195m²
Szacunkowe zapotrzebowanie na moc ciepłą budynku:	195 m² x 55 W/m² = 10 725 W = 10,7 kW
Ilość osób korzystających z ciepłej wody użytkowej:	4 osoby
Temperatura obliczeniowa wewnątrz budynku:	+20°C
Obliczeniowa temperatura zasilania instalacji grzewczej:	+36°C
Obliczeniowa temperatura nośnika ciepła instalacji dolnego źródła ciepła:	+1°C
Strefa klimatyczna:	pierwsza, miasto Gdańsk

Obliczenia energetyczne i dobór pompy ciepła wykonano w trzech wariantach różniących się pod względem mocy grzewczej urządzenia. I tak do analizy wybrano pompy ciepła Logatherm Buderus o symbolach: WPS 7K, WPS 9K i WPS 11K. Cyfra w oznaczeniu pompy ciepła określa w zaokrągleniu jej wydajność cieplną. Wyniki obliczeń cieplnych budynku przedstawiono w tabeli 2. z podziałem na poszczególne wielkości pompy ciepła.

Tabela 2. Wyniki analizy energetycznej zastosowania pompy ciepła do ogrzewania budynku o powierzchni 195 m² w mieście Gdańsk.

	Jednostka	Wariant I	Wariant II	Wariant III	
Lp.	Model pompy ciepła	WPS 7K	WPS 9K	WPS 11K	
1.	Wydajność cieplna pompy ciepła	kW	7,3	9,1	10,7
2.	Zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą do ogrzewania	kW	10,7	10,7	10,7
3.	Stopień pokrycia mocy cieplnej budynku przez pompę ciepła	%	70	86	100
4.	Niezbędna moc cieplna źródła szczytowego	kW	3,2	1,5	0
6.	Zużycie energii cieplnej przez budynek w ciągu roku	kWh	32 440	32 440	32 440
7.	Energia cieplna dostarczona przez pompę ciepła w ciągu roku	kWh	31 870	32 360	32 440
8.	Stopień pokrycia zapotrzebowania na energię cieplną budynku przez pompę ciepła	%	98	99	100
9.	Niezbędna ilość energii cieplnej wymaganej do dostarczenia ze źródła szczytowego	kWh	570	80	0
10.	Czas pracy pompy ciepła	h	4 280	3 400	2 970
11.	Ilość energii elektrycznej napędowej zużytej przez pompę ciepła na rok	kWh	8 250	8 070	7 960
12.	Ilość energii elektrycznej zużytej przez źródło szczytowe – grzałkę elektryczną	kWh	570	80	0
13.	Roczny koszt zużytej energii elektrycznej napędowej przez pompę ciepła	PLN brutto	2 568	2 514	2 482
14.	Roczny koszt zużytej energii elektrycznej przez źródło szczytowe – grzałkę	PLN brutto	168	25	0
15.	Łączny koszt ogrzewania budynku i podgrzewania ciepłej wody w skali roku	PLN brutto	2 736	2 539	2 482

Analizując wyniki obliczeń energetycznych zawartych w tabeli 2., należy zauważyć, że pompa ciepła WPS7K dobrana została na 70% wartości zapotrzebowania budynku na moc ciepłą, pompa ciepła WPS9K – na 86%, a ostatnia – na 100%, co w konsekwencji wymaga zastosowania dla pierwszego wariantu źródła szczytowego (np. grzałki elektrycznej) o mocy 3,2 kW, dla drugiego wariantu – o mocy 1,5 kW, a dla pompy ciepła WPS11K grzałka nie będzie potrzebna, gdyż pompa ciepła dobrana jest na 100%.

Taki dobór wydajności ciepłych pomp ciepła dla naszego budynku w konsekwencji sprawia, że pompa ciepła WPS7K jest w stanie w ciągu roku dostarczyć do budynku energii cieplnej w ilości 31 870 kWh, co w porównaniu do zapotrzebowania budynku na energię cieplną stanowi 98%, zatem źródło szczytowe musi doprowadzić brakującą ilość ciepła w ilości 570 kWh. Pompa ciepła WPS9K pokrywa 99% zapotrzebowania budynku na energię cieplną, zatem w tym przypadku źródło szczytowe musi dostarczyć zaledwie 80 kWh energii cieplnej, natomiast pompa ciepła WPS11K w pełni pokrywa zapotrzebowanie budynku na energię cieplną, ponieważ dobrana została na 100% zapotrzebowania budynku na moc cieplną. Okazuje się zatem, że sama, bez udziału źródła szczytowego, zabezpieczy straty cieplne rozpatrywanego budynku. Przejdźmy do analizy ekonomicznej zawartej na końcu tabeli 2. Okazuje się rzecz bardzo ciekawa i zaskakująca dla wielu przyszłych właścicieli pompy ciepła, otóż koszt pracy każdej jest porównywalny, ponieważ koszt całorocznej pracy pompy ciepła WPS7K (ogrzewanie i produkcja ciepłej wody) wyniesie brutto 2 568 zł, pompy ciepła WPS9K – 2 514 zł, a pompy ciepła WPS11K – 2 482 zł. Jak to się dzieje skoro każda pompa ciepła ma inną moc cieplną, zatem i inną sprężarkę? Tak jest w rzeczywistości, jednak my rozliczamy się nie za moc elektryczną urządzenia, ale za użytą energię elektryczną, zatem za iloczyn mocy elektrycznej wyrażonej w kW i czasu pracy urządzenia wyrażonego w h (godzinach). Należy zatem porównać dane w wierszu nr 10 z tabeli 2. i okaże się, że pompa ciepła WPS7K w istocie ma najmniejszy silnik elektryczny sprężarki, ale jej czas pracy jest najdłuższy bo wynosi aż 4 820 godzin rocznie, dla pompy ciepła WPS9K czas pracy to 3 400 godzin, natomiast dla pompy ciepła WPS11K – to 2 970 godzin. Okazuje się zatem że ilość energii elektrycznej napędowej wszystkie pompy ciepła zużyją na podobnym poziomie (wiersz 11 tabeli 2.), gdyż najmniejsza pompa ciepła ma najmniejszą moc elektryczną sprężarki, jednak będzie ona pracowała najwięcej godzin w skali roku, natomiast pompa ciepła WPS11K posiada największą moc silnika elektrycznego, ale jej czas pracy będzie najkrótszy, a wszystkie pompy ciepła zasilają w ciepło taki sam budynek, o identycznym zapotrzebowaniu na ciepło. Zatem koszty pracy wszystkich pomp ciepła są porównywalne. O ostatecznej wartości rachunku za energię elektryczną decyduje źródło szczytowe i tak przy wykorzystaniu pompy ciepła WPS7K grzałka elektryczna będzie kosztować dodatkowo ok. 168 zł, w przypadku pompy ciepła WPS9K – 25 zł, natomiast przy wykorzystaniu pompy ciepła WPS11K grzałka nie zostanie w ogóle uruchomiona (dobór pompy ciepła na 100%).

Można zatem z pełną odpowiedzialnością stwierdzić, że w przytoczonym przykładzie najlepszym wyborem pompy ciepła, z punktu widzenia kosztów eksploatacyjnych, jest wariant trzeci, czyli wybranie pompy ciepła WPS11K o wydajności cieplnej dobranej na 100% zapotrzebowania budynku na moc cieplną. Koszt energii elektrycznej przy ogrzewaniu domu o powierzchni 195m² tą pompą ciepła jest najniższy!

Jednak analiza powyższa nie ma żadnego sensu ekonomicznego, jeżeli do kosztów eksploatacji urządzenia nie dodamy kosztów inwestycyjnych poniesionych na zrealizowanie tej inwestycji, koszty te podano w tabeli 3. Uwzględniono w nich całkowite koszty wykonania kotłowni z pompą ciepła i całkowite koszty wykonania instalacji dolnego źródła ciepła w postaci wymiennika poziomego.

Tabela 3. Całkowite koszty inwestycyjne montażu pompy ciepła w budynku.

Lp.	Model pompy ciepła	Jednostka	Wariant I WPS 7K	Wariant II WPS 9K	Wariant III WPS 11K
1.	Całkowity koszt netto wykonania kotłowni z pompą ciepła (wliczono cenę: pompę ciepła, podgrzewacz ciepłej wody, bufor na c.o., koszty materiałów instalacyjnych, montaż i rozruch kotłowni)	PLN netto	36 350	37 500	40 250
2.	Całkowity koszt wykonania instalacji dolnego źródła ciepła w postaci kolektora poziomego wykonanego na gotowo (wliczono w cenę: prace ziemne, rurę na wymiennik, niezamierzający nośnik ciepła, rozdzielacz hydrauliczny z regulacją przepływów)	PLN netto	9 500	14 500	16 700
3.	Całkowita długość wymiennika poziomego	m	480	600	720
4.	Wymagana powierzchnia działki na wymiennik poziomy	m ²	600	800	900
5.	Całkowity koszt inwestycji	PLN netto	45 850	52 000	56 950

Analizując koszty inwestycyjne opisane w tabeli 3., można teraz powiedzieć, że najbardziej opłacalną z punktu widzenia kosztów inwestycji jest pompa ciepła WPS7K, ponieważ wartość tej inwestycji jest najniższa. Mamy więc do rozstrzygnięcia konflikt ekonomiczny. Z punktu widzenia kosztów eksploatacji najlepszym rozwiązaniem jest pompa ciepła WPS11K, ale z punktu widzenia inwestycji jest ona najdroższa i to o ponad 11 000 zł netto. Z kolei pompa ciepła WPS7K jest najtańsza inwestycyjnie, ale najdroższa eksploatacyjnie i to o ponad 250 zł rocznie, co stanowi, o ponad 10% wyższe koszty eksploatacji w porównaniu do WPS11K. Może warto zastanowić się nad wybraniem pompy ciepła WPS9K. Eksploatacyjnie jest droższa w porównaniu do WPS11K tylko o 57 zł (wydaje się niewiele), ale co jest ważniejsze, jest tańsza inwestycyjnie od pompy WPS11K, aż o prawie 5 000 zł. Należy tu również zwrócić uwagę na fakt często pomijany w podobnych analizach, że pompa ciepła WPS9K wymaga również mniejszej powierzchni działki na kolektor poziomy i to aż o 100 m², co przy obecnych cenach gruntu może mieć niebagatelny wpływ na wartość całej inwestycji. Wydaje się zatem, że rozwiązaniem kompromisowym pomiędzy kosztami inwestycji i kosztami eksploatacji jest wybór pompy ciepła na około 80% zapotrzebowania budynku na moc cieplną. W przytoczonym przykładzie pompa ciepła WPS9K dobrana jest na 86% zapotrzebowania budynku, dzięki czemu obniżyliśmy koszty inwestycji o 5 000 zł w porównaniu do pompy ciepła WPS11K, ale równocześnie zgodziliśmy się na wyższe koszty eksploatacji w porównaniu do WPS11K o 57 zł, za sprawą pracy grzałki elektrycznej przy wystąpieniu niskich temperatur podczas sezonu grzewczego. Z całą odpowiedzialnością można stwierdzić, że taki dobór pompy ciepła jest najwłaściwszy, a poparciem tej tezy jest pozytywna opinia wielu użytkowników pomp ciepła Logatherm Buderus.

Wykonanie poziomego wymiennika gruntowego



- 1-2 – prace ziemne, wykonanie wykopu
- 3 – przygotowanie rurociągu, rozwijanie rury ze zwoju
- 4 – przygotowanie rurociągu, umieszczenie rury na bębnie rozwijaka
- 5 – ułożenie rury wymiennika w wykopie
- 6 – wykonanie zakrętu rurociągu w ziemi
- 7 – łączenie poszczególnych odcinków rury, zgrzew metodą polifuzyjną
- 8 – wejście wymiennika poziomego do budynku przez fundament

Wybór dolnego źródła ciepła

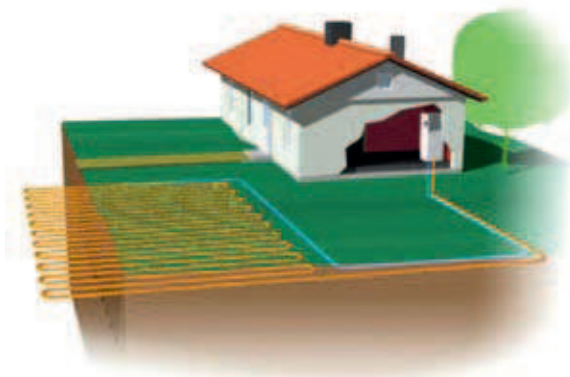
Ogromnym dylematem dla przyszłego użytkownika pompy ciepła, ale również i firmy instalacyjnej, jest wybór miejsca, skąd pompa ciepła będzie pobierać energię cieplną. Miejsce to potocznie określane jest mianem: dolne źródło ciepła. Miejsc, skąd można pobierać energię cieplną, tzw. energię odnawialną, pochodzącą od promieniowania słonecznego jest wiele. Mogą to być: grunt, woda podziemna, woda powierzchniowa, powietrze wentylacyjne, powietrze zewnętrzne, woda technologiczna odpadowa, ścieki oczyszczone bądź nieoczyszczone i wiele innych miejsc, które niosą ze sobą bezpłatną ener-

gię cieplną. Każde rozwiązanie techniczne posiada pewne własności pozytywne i negatywne. Z jednego źródła łatwiej jest pozyskiwać ciepło, a z innego – trudniej, jedno rozwiązanie będzie rozwiązaniem bezobsługowym dla użytkownika pompy ciepła, a inne będzie wymagało ciągłej kontroli czy choćby nadzoru. Należy zatem, przed wybraniem rodzaju źródła dolnego, przeanalizować wszystkie aspekty techniczne, użytkowe i finansowe przyszłej inwestycji. Poniżej przedstawione zostaną dwie najczęściej stosowane, w warunkach polskich, realizacje instalacji dolnego źródła ciepła.

Poziomy wymiennik gruntowy (poziomy kolektor gruntowy)

Najczęściej stosowane rozwiązanie pozyskiwania energii cieplnej do pompy ciepła. Najczęściej, ponieważ jest najłatwiejsze oraz najtańsze w wykonaniu i – co najważniejsze dla użytkownika – jest praktycznie bezawaryjne, bezobsługowe i niewyczerpalne. Najłatwiejsze w wykonaniu, ponieważ wystarczy posiadać odpowiednią wielkość niezabudowanego terenu i zakopać w nim, dobraną do pompy ciepła, długość rury wymiennika. Najtańsze w wykonaniu, ponieważ wystarczy posiadać lub wynająć koparkę, kupić odpowiednią długość rury na wymiennik, no i oczywiście beczkę płynu niezamarzającego – spirytusu. Bezawaryjne i bezobsługowe, ponieważ po zakopaniu wymiennika w gruncie i wypełnieniu go płynem niezamarzającym przez najbliższe 20 lat nic nie będzie trzeba przy tym wymienniku robić, nie licząc czynności czyszczenia filtrów przez pierwsze dwa tygodnie od rozruchu pompy ciepła. Niewyczerpalne, bowiem stołce co roku w okresie letnim będzie ładowało ten wymiennik w ciepło i regenerowało go w 100%, aby zimą pompa ciepła mogła pobierać je do ogrzewania domu. Z pełną konsekwencją tych słów można stwierdzić, że jeszcze nigdy nie zdarzyło się, aby energii cieplnej w gruncie zabrakło, pod warunkiem, że wymiennik został wykonany według wskazówek i wytycznych firmy Buderus.

Istnieje wiele sposobów wykonania instalacji poziomego wymiennika gruntowego, jednak przedstawiony na rysunku 1. jest najprostszy i co najważniejsze – najbardziej skuteczny w działaniu. Rury tworzące wymiennik poziomy zakopuje się w gruncie na głębokości do 1,5 m, licząc od powierzchni działki. Kształt ułożenia rur wymiennika przypomina tzw. meandry, jednak sąsiadujące ze sobą poszczególne pętle wymiennika nie mogą być zakopane bliżej od siebie niż w odległości 1,5 m. Wykonanie takiego wymiennika nie jest mocno skomplikowane, wystarczy mieć małą koparkę i trochę orientacji w przestrzeni, aby sprawnie ułożyć odpowiednią ilość rur, które po wypełnieniu płynem niezamarzającym będzie stanowiła dolne źródło ciepła dla pompy ciepła. Na zdjęciach pokazano wykonanie poziomego wymiennika gruntowego.

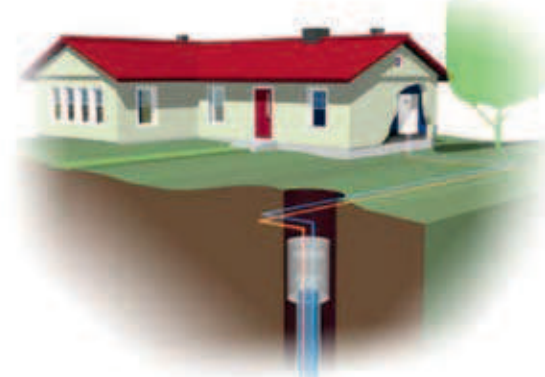


Rys. 1. Schemat ułożenia rur gruntowego wymiennika poziomego.

Pionowy wymiennik gruntowy (pionowy kolektor gruntowy)

Równie często co wymiennik poziomy do zasilania pomp ciepła stosowany jest pionowy wymiennik gruntowy. Jego największą zaletą jest to, że do jego wykonania nie potrzeba dużych powierzchni działki. Praktycznie mówiąc, wystarczy jedynie miejsce, aby mógł wjechać samochód ciężarowy. Wymiennik ten bowiem wsuwany jest w otwór wykonany w gruncie. Dla małych pomp ciepła, takich jak WPS7K wystarczy zaledwie jeden otwór o głębokości ok. 135 m, natomiast dla pompy ciepła WPS11K – o głębokości 160 m, jednak w tym przypadku, z uwagi na własności geologiczne gruntu, wykonuje się najczęściej dwa otwory po 85 m, chociaż znany jest przykład, gdzie do pompy ciepła WPS11K wykonano jeden otwór o głębokości 189 m z uwagi na dobre własności geologiczne gruntu i dużą moc maszyny wiertniczej.

Wykonanie wymiennika pionowego jest o wiele bardziej skomplikowane niż wykonanie wymiennika poziomego. Należy posiadać maszynę wiertniczą, która potrafi dźwżyć otwory w głąb ziemi i to na duże głębokości. Istnieje kilka metod wiertniczych stosowanych w polskich warunkach geologicznych, jednak najczęściej stosuje się tzw. metodę „pluczkową”. W skrócie nazwa ta określa sposób wydobywania (wynoszenia) urobku (tego, co świder rozwierci) na powierzchnię. W tej metodzie zwierciny wydobywane są na powierzchnię ziemi poprzez strumień substancji płuczącej otwór, która pod ogromnym ciśnieniem wtłaczana jest w otwór poprzez rury, fachowo nazywane żerdziami. Głównym zadaniem żerdzi jest przenoszenie momentu obrotowego na świder. Mówiąc inaczej, elementem przenoszącym moment obrotowy na świder nie jest wał, tylko rura o średnicy co najmniej 4”, we wnętrzu której przepływa do samego dna odwiertu wprost na świder płuczka. Jednocześnie element ten wykonuje ruch obrotowy, bo na jego końcu zamontowany jest świder (patrz zdjęcie). Wykonywanie otworów pod wymienniki pionowe w Polsce nie należy do technologii łatwych. Wymaga ogromnego doświadczenia i wielkiej wiedzy geologicznej. Aby uniknąć przykrych doświadczeń, należy takie prace powierzać firmom, które są przygotowane do takiego zadania pod względem technicznym i merytorycznym. Na poniższych zdjęciach przedstawiono relacje z wykonywania prac wiertniczych pod kolektor pionowy dla pomp ciepła Logatherm.



Rys. 2. Schemat wykonania pionowego wymiennika gruntowego.

Wykonanie pionowego wymiennika gruntowego



- 1 – ustawienie i pionowanie wiertnicy
- 2 – wiertnica przygotowana do pracy, widać pierwszą żerdź i świdra zamontowany we wrzecionie
- 3 – płuczka wiertnicza wypływająca z odwiertu
- 4 – żerdzie wiertnicze
- 5 – oczyszczanie wypływu ze zwiercin
- 6 – dokładanie kolejnych żerdzi
- 7 – przygotowanie wymiennika pionowego, zgrzanie U-rurki do rur wymiennika

- 8 – wsuwanie wymiennika w wywiercony otwór
- 9 – zasypanie otworu kamieniami o specjalnej granulacji.
- 10 – widok świdra do wiercenia w ilach
- 11 – świdra typu gryzer do wiercenia w kamieniach, przygotowany do pracy
- 12 – początek wiercenia, widoczny wypływ płuczki wiertniczej ze świdra

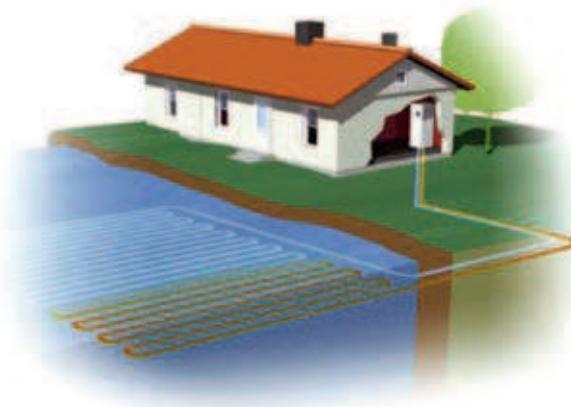
Wykonanie poziomego wymiennika w wodzie



- 1 – wbite do dna kołki, na których rozpięte zostaną rury wymiennika ciepła
- 2 – widok rozpiętych rur wymiennika pływających na powierzchni wody
- 3 – przygotowane ciężarki betonowe (ułożone na pomoście)
- 4 – widok ogólny rozłożonego wymiennika na wodzie i niezbędne narzędzie – łódź wiosłowa

Poziomy wymiennik gruntowy zanurzony w wodzie

Bardzo rzadko stosowane rozwiązanie w Polsce, a szkoda, ponieważ taki wymiennik pracuje najlepiej, najbardziej sprawnie spośród wszystkich znanych wymienników do pomp ciepła (nie licząc źródeł sztucznych: ścieków, wody technologicznej, wód geotermalnych, powietrza wentylacyjnego). Stosowany jest rzadko z prostej przyczyny, nie każdy inwestor ma takie szczęście, aby na swojej działce posiadać jezioro, staw czy rzekę. Wykonanie tego wymiennika jest analogiczne jak wymiennika poziomego w gruncie, z tym, że w tym przypadku rury tworzące wymiennik ciepła należy zatopić na dnie zbiornika wodnego. Jak się okazuje praktycznie, nie jest to takie łatwe, a powiem wręcz, że jest bardzo trudne. Ciężar właściwy rury polietylenowej wynosi około 0,8 tony/m³, a jak wiadomo wody – ok. 1 tony/m³, zatem rura jest lżejsza o 200kg. Wniosek z porównania tych wielkości jest prosty: rura będzie pływać na powierzchni wody. Nawet gdy wypełnimy ją płynem niezamarzającym, również będzie pływać. Okazuje się prak-



Rys. 3. Schemat ułożenia rur poziomego wymiennika zanurzonego w zbiorniku wodnym.

tycznie, że każdy 1 metr rury wymiennika należy obciążyć odważnikiem o masie od 2 do 3 kg, inaczej nie uda się zatopić rury na dnie jeziora. Schemat ideowy wymiennika poziomego zanurzonego na dnie zbiornika wodnego pokazano na rysunku 3.

Porównanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych pompy ciepła z kotłownią olejową lub gazową

Najważniejszym parametrem ekonomicznym cechującym zasadność danej inwestycji jest jej czas zwrotu. Innymi słowy mówiąc, ile lat będą rekompensować się wyższe koszty inwestycyjne pompy ciepła w stosunku do kotłowni olejowej dzięki niższym kosztom eksploatacyjnym pompy ciepła w ciągu roku. Wytyczne ekonomiczne mówią, że aby daną inwestycję nazwać mianem opłacalnej, czas zwrotu poniesionych kosztów inwestycyjnych nie powinien być dłuższy jak 5 do 7 lat. Ponownie poddamy analizie nasz przykładowy budynek o powierzchni ok. 200 m², jednak teraz przy wykorzystaniu kotła olejowego

i kotła na gaz płynny. Należy się tu jedna, ale bardzo ważna wskazówka. Nie ma ekonomicznego sensu prowadzenia porównań i analiz pompy ciepła, a więc urządzenia o wysokim stopniu zaawansowania technicznego, z pierwszym lepszym kotłem, który jest ubogi w nowoczesne rozwiązania techniczne. Zatem porównajmy pompę ciepła Logatherm do kotła olejowego Buderus G125 z pełną automatyką i kotła kondensacyjnego GB152 na gaz płynny. Cenę kotłowni olejowej podano w tabeli 4., kotłowni na gaz płynny – w tabeli 5., natomiast koszt węzła cieplnego z pompą ciepła Logatherm – w tabeli 6.

Tabela 4. Całkowite koszty wykonania kotłowni z kotłem olejowym.

Wyszczególnienie	Typ	Ilość	Wartość
Kocioł olejowy Buderus	G125, 2107M 25KW		7 935 zł
Czujnik zasobnika c.w.u	AS1		86 zł
Zasobnik na ciepłą wodę użytkową	SU 160		2 596 zł
Zestaw przyłączeniowy kocioł-bojler			958 zł
Filtr oleju jednorurowy			121 zł
Zbiornik olejowy	2000 l		583 zł
Grupa bezpieczeństwa kotła			176 zł
Naczynie c.o.	N 18		160 zł
Naczynie c.w.u	D 12		250 zł
Buderus pompa obiegowa	25/40		308 zł
System spalinowy	8m		1 180 zł
Pakiet podstawowy	A		391 zł
Materiały instalacyjne, armatura (rury, złączki, zawory, naczynia przeponowe, pompy obiegowe, izolacja itp.),			2 000 zł
Montaż węzła cieplnego wraz z systemem spalinowym			3 000 zł
Razem wartość netto:			19 744 zł

Tabela 5. Całkowite koszty wykonania kotłowni z kotłem na gaz płynny.

Wyszczególnienie	Typ	Ilość	Wartość
Kocioł kondensacyjny Buderus z wbudowanym zasobnikiem na ciepłą wodę użytkową o pojemności 150 dm ³	GB152-24T	1	11 984 zł
Armatura dostosowująca kocioł do gazu płynnego	SET GB152	1	96 zł
Zestaw podstawowy odprowadzania spalin	TWIN GA-K	1	744 zł
Złączka króćca kotła		1	248 zł
System spalinowy	8m	1	648 zł
Uszczelka silikonowa do przewodów spalinowych		8	56 zł
Materiały instalacyjne, armatura (rury, złączki, zawory, naczynia przeponowe, pompy obiegowe, izolacja itp.),			2 000 zł
Montaż węża ciepłego wraz z systemem spalinowym			3 000 zł
Razem wartość netto:			18 776 zł

Tabela 6. Całkowite koszty wykonania wężla ciepłego z pompą ciepła Logatherm

Wyszczególnienie	Typ	Ilość	Wartość
Pompa ciepła Logatherm Buderus	WPS 9K	1	27 400 zł
Zbiornik buforowy na c.o.	PS 300	1	2 600 zł
Materiały instalacyjne (rury, złączki, zawory, naczynia przeponowe, pompy obiegowe, izolacja itp.) Montaż pompy ciepła (wykonanie na gotowo) Rozruch techniczny		1	8 000 zł
Wykonanie poziomego kolektora gruntowego PE8040 Wężownica kolektora, spirytus techniczny, montaż wężownicy (prace ziemne, wykopanie i zakopanie, wyrównanie terenu).	600 metrów	1	12 000 zł
System regulacji przepływu (rozdzielacz dolnego źródła)	2 obiegi	1	2 500 zł
Razem wartość netto:			52 500 zł

Tabela 7. Koszty ogrzewania budynku o powierzchni 200 m² różnymi nośnikami energii.

Nośnik energetyczny	Jednostka	Ilość	Koszt ogrzewania
Olej opałowy	dm ³ /rok	3 604	10 451 zł/rok
Gaz płynny	dm ³ /rok	4 806	11 534 zł/rok
Napędowa energia elektryczna pompy ciepła	kWh	8 150	2 539 zł/rok

W tabeli 2. przytoczono wynik obliczeń zużycia energii cieplnej przez budynek do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla czteroosobowej rodziny w ciągu roku. Wartość ta wynosi 32 440 kWh/rok. Dla

tej wartości obliczono zużycie oleju opałowego i gazu ziemnego oraz podano całkowite koszty produkcji ciepła z tych paliw, a wyniki tych obliczeń podano w tabeli 7.

Obliczenie czasu zwrotu kosztów inwestycyjnych pompy ciepła

Obliczenie wykonano według zależności:

$$T = \frac{\text{koszty inwestycyjne pompy ciepła} - \text{koszty inwestycyjne kotła olejowego/gazowego}}{\text{koszty eksploatacyjne kotła olejowego/gazowego} - \text{koszty eksploatacyjne pompy ciepła}}$$

Okazuje się zatem, że czas zwrotu kosztów inwestycyjnych poniesionych na zainstalowanie pompy ciepła zwróci się po: 4 latach i 2 miesiącach w porównaniu do kotła olejowego oraz 3 latach i 11 miesiącach w porównaniu do kotła na gaz płynny. Każdy z nas wie, czy jest instalatorem, czy użytkownikiem kotła na olej lub gaz płynny, że koszty ogrzewania budynku jednym z tych nośników są obecnie olbrzymie. Ponadto koszty te ciągle rosną i wydaje się, że końca tych podwyżek nie widać. Wzrost cen ropy naftowej na rynkach międzynarodowych bez wątpienia wywołuje wzrost pozostałych surowców energetycznych: węgla, gazu ziemnego, a nawet paliw odnawialnych, jak pelets czy drewno. Niestety, również i cena energii elektrycznej w pewnym stopniu jest uzależniona od rynkowych tendencji i wzrostu cen ropy naftowej, węgla kamiennego i brunatnego, szczególnie w Polsce, gdzie 90% energii elektrycznej wytwarzanej jest w elektrowniach konwencjonalnych. Bez względu jednak na dynamikę wzrostu cen paliw energetycznych i energii elektrycznej, pompa ciepła jest urządzeniem umożliwiającym tanie ogrzewanie naszych domów. Niesie ze sobą jeszcze jeden pozytywny aspekt polityczno-społeczny, a mianowicie realne poczucie niezależnienia się użytkownika pompy ciepła od monopolu państwowego na energię cieplną i zawirowania polityczne przy imporcie różnych surowców zza wschodniej granicy.

Wykonanie węzła cieplnego z pompą ciepła

Wykonanie projektu węzła cieplnego z pompą ciepła wymaga uprzedniego postawienia sobie kilku pytań:

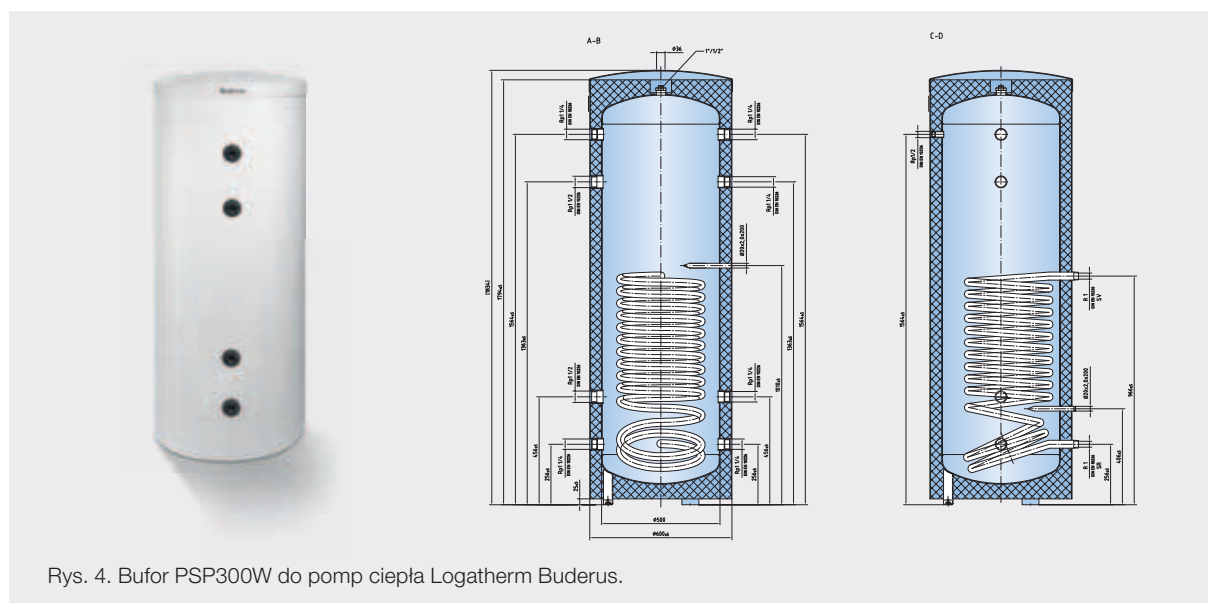
- jaki system grzewczy będzie wykonany w budynku (grzejnikowy, podłogowy czy mieszany),
- jaka jest pojemność wodna instalacji grzewczej, ile obiegów ciepłych będzie zasilanych z węzła cieplnego,
- jakiego typu będą to obiegi grzewcze (temperatura zasilania),
- jak będzie realizowana regulacja wydajności cieplnej w tych obiegach (regulacja jakościowa czy ilościowa),
- czy instalacja grzewcza będzie wyposażona w aparaturę regulacyjną, np. grzejnikowe zawory termostaticzne czy siłowniki na rozdzielaczach ogrzewania podłogowego, itp.,
- czy w węźle cieplnym będzie przygotowywana ciepła woda użytkowa, w jakiej ilości,
- jakie wybrano rozwiązanie instalacji dolnego źródła ciepła,
- czy są przewidziane dodatkowe źródła ciepła, np. kominiek z płaszczem wodnym, kocioł na paliwo stałe, itp.,
- czy będzie dodatkowe źródło podgrzewania ciepłej wody użytkowej w postaci instalacji solarnej,
- czy będzie dodatkowa instalacja podgrzewania wody basenowej czy centrali wentylacyjnej.

Pytań jest wiele. Często jednak okazuje się, że inwestor chciałby mieć wszystko w swoim domu: pompę ciepła, kominiek, kocioł olejowy na wszelki wypadek, instalację solarną, ogrzewanie podłogowe, a w sypialniach grzejniki, system wentylacji budynku i podgrzewanie wody w basenie do późnej jesieni, a może i cały rok. Cóż, jako projektantom i instalatorom pozostaje nam to wszystko pogodzić razem ze sobą w jeden sprawnie działający układ grzewczy. Jednak okazuje się, że nie jest to takie proste. Jak połączyć dwa skrajnie różne urządzenia grzewcze, jak pompa ciepła, urządzenie niskotempera-

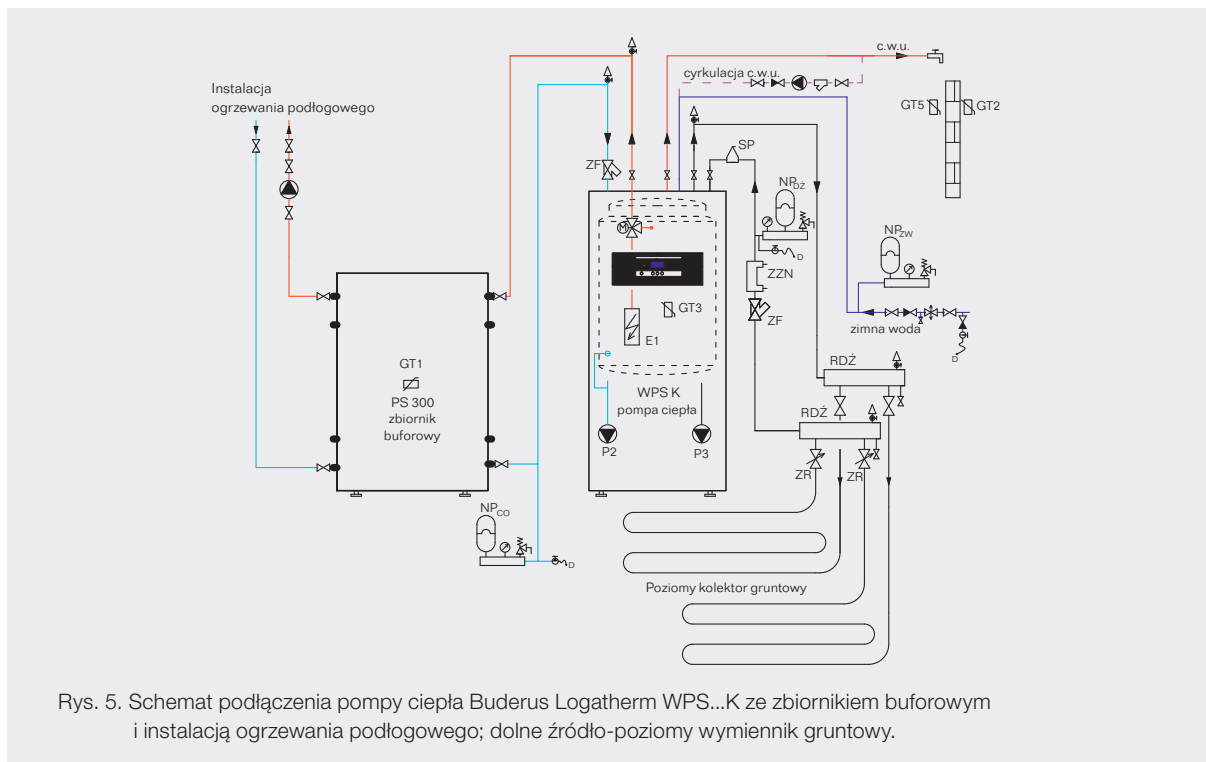
turowe i kocioł na paliwo stałe, urządzenie typowo wysokotemperaturowe? Jak połączyć z pompą ciepła dwa obiegi grzewcze: niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe z wysokotemperaturową instalacją ogrzewania grzejnikowego? I w końcu jak wpiąć w to wszystko system podgrzewania wody w basenie, który powinien być zasilany z najwyższą temperaturą? Zadanie jest trudne. Jak z niego wybrnąć? Odpowiedź jest prosta: bufor! Zbiornik o dużej objętości wodnej i przemyślanej konstrukcji. Jego konstrukcja musi łączyć w sobie trzy funkcje: zbiornika o dużej objętości wodnej i równocześnie sprzęgła hydraulicznego oraz wężownicowego wymiennika ciepła. Zatem konieczne jest zastosowanie zbiornika z dużą liczbą króćców podłączeniowych i wężownicą stalową w jego wnętrzu, taką konstrukcję pokazano na rysunku 4.

Bufor PSP300W posiada osiem króćców podłączeniowych, jednak co ważne, króćców o dużej średnicy: 2 króćce o średnicy 1½" i 6 króćców o średnicy 1¼". Takie duże średnice gwarantują zachowanie odpowiednio dużych przepływów wody grzewczej przez bufor. W jego wnętrzu znajduje się wężownica stalowa o powierzchni wymiany ciepła równej 1,5 m² umożliwiająca podłączenie (zgodnie z polskim prawem) kominika z płaszczem wodnym czy kotła na paliwo stałe lub instalacji solarnej. Cały bufor zaizolowany jest twardą pianką poliuretanową, a jego całkowita średnica nie przekracza średnicy 600mm, co stanowi jego niewątpliwą zaletę i jest zgodne z oczekiwaniami instalatorów z uwagi na obecne tendencje budowlane, gdzie na pomieszczenie kotłowni zostawia się niewiele miejsca.

Na rysunku 5. pokazano podstawowy schemat węzła cieplnego z pompą ciepła WPS 9K, z poziomym wymiennikiem gruntowym i jednym obiegiem ogrzewania podłogowego.



Rys. 4. Bufor PSP300W do pompy ciepła Logatherm Buderus.

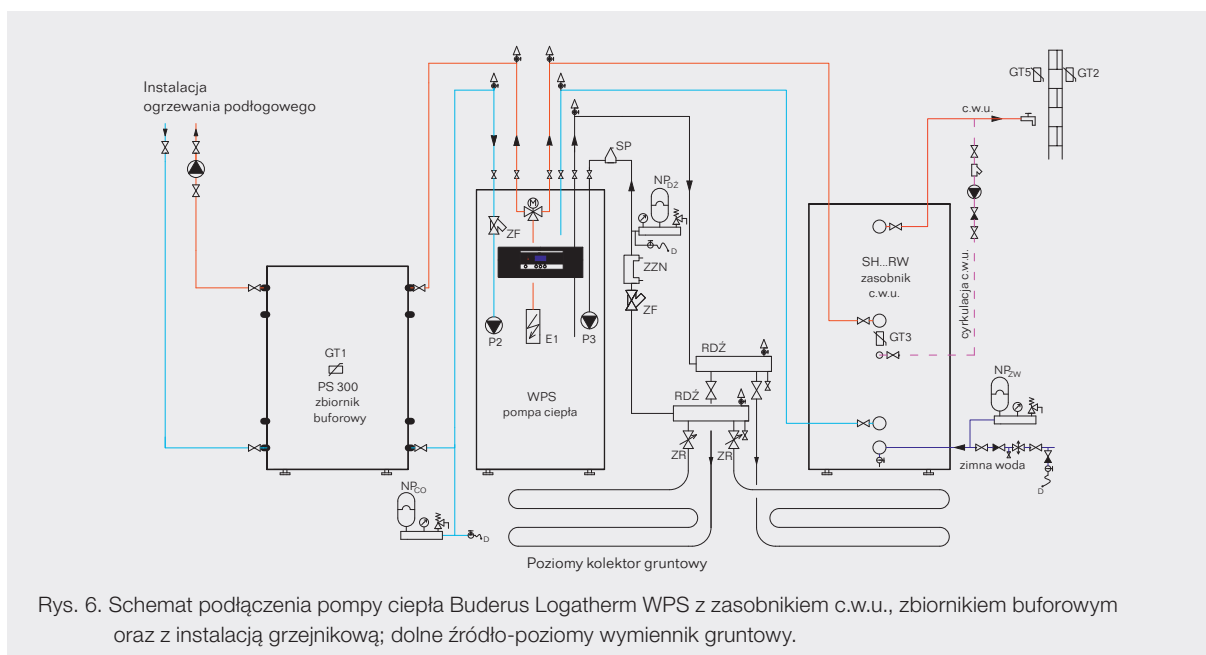


Pompy ciepła WPS...K mają wbudowany, wewnątrz obudowy, zasobnik na ciepłą wodę użytkową. Jeżeli zaś będziemy tworzyć węzeł cieplny z pompą ciepła o większej mocy niż 11 kW, należy wówczas zastosować pompę ciepła np. WPS17 z osobnym zasobnikiem na ciepłą wodę użytkową o symbolu SH450RW. Schemat takiego węzła cieplnego pokazano na rysunku 6.

Długoletnie doświadczenie naszej firmy w instalowaniu pomp ciepła mówi, że wykonanie węzła cieplnego w oparciu o jeden z powyższych schematów gwarantuje w pełni sprawne i niezawodne działanie pompy ciepła. Odstępstwa od tych schematów mogą skutkować niewłaściwą pracą pompy ciepła z uwagi na zbyt mały

zład wody w instalacji grzewczej, niezachowanie wymaganego, nominalnego strumienia wody płynącego przez skraplacz pompy ciepła. W konsekwencji doprowadzi to do awaryjnego wyłączenia się pompy ciepła lub pracy pompy ciepła na zbyt wysokich parametrach temperaturowych, co będzie prowadziło do większego zużycia napędowej energii elektrycznej (zbyt wysokie ciśnienie skraplania).

Równie ważnym elementem hydraulicznym jak bufor w instalacji grzewczej, po stronie dolnego źródła ciepła jest rozdzielacz hydrauliczny. Najistotniejszą cechą konstrukcyjną takiego rozdzielacza jest jego duża średnica hydrauliczna i odporność na niskie temperatu-



ry. Te dwa warunki spełnia jedynie materiał, który nosi nazwę polietylen. Jego wytrzymałość porównywalna jest z wytrzymałością stali, zatem grubość ścianki rury o wytrzymałości PN10 to zaledwie 4 mm, co sprawia, że średnica wewnętrzna jest duża, w przeciwieństwie do rur z PP-polipropyleny, których grubości ścianek są ogromne i wynoszą nawet 15 mm. Drugą ważną cechą jest wytrzymałość na niskie temperatury. Polietylen może współpracować z płynami o temperaturze -40°C bez obniżenia jego wytrzymałości, w przeciwieństwie do PP, którego nie wolno stosować poniżej temperatury 0°C . I w końcu cecha najważniejsza. Każdy rozdzielacz hydrauliczny dolnego źródła ciepła powinien mieć możliwość kontroli i regulacji natężenia przepływu płynu niezamarzającego przez poszczególne pętle wymiennika, czy to poziomego, czy pionowego. Kontrolę i regulację przepływu można wykonać na różne sposoby, jednak najłatwiejsze ze względów użytkowych jest zastosowanie odpowiedniej konstrukcji rotametrów. Bez żadnych przyrządów elektronicznych każdy może sprawdzić wizualnie i wyregulować przepływ przez poszczególne pętle wymiennika gruntowego. Taka wizualna kontrola jest bardzo ważna dla samego użytkownika, ponieważ ma on możliwość okresowego sprawdzenia, czy wszystkie pętle wymiennika gruntowego (poziomego lub pionowego) pracują równocześnie, mówiąc inaczej, czy ze wszystkich pętli wymiennika gruntowego w równym stopniu czerpiemy ciepło, czy może któraś z pętli jest zapowietrzona. Takie rozdzielacze hydrauliczne do instalacji dolnych źródeł ciepła są w ofercie firmy Buderus. Wraz z pompą ciepła Logatherm Buderus dostarczany jest również ważny element hydrauliczny do instalacji dolnego źródła ciepła, tzw. zestaw zaworów napełniających (zaznaczony na schemacie jako ZZN). Umożliwia on instalatorowi w łatwy sposób napełnienie i odpowietrzenie instalacji dolnego źródła ciepła. Należy tu wspomnieć, że napełnienie, a szczególnie odpow-

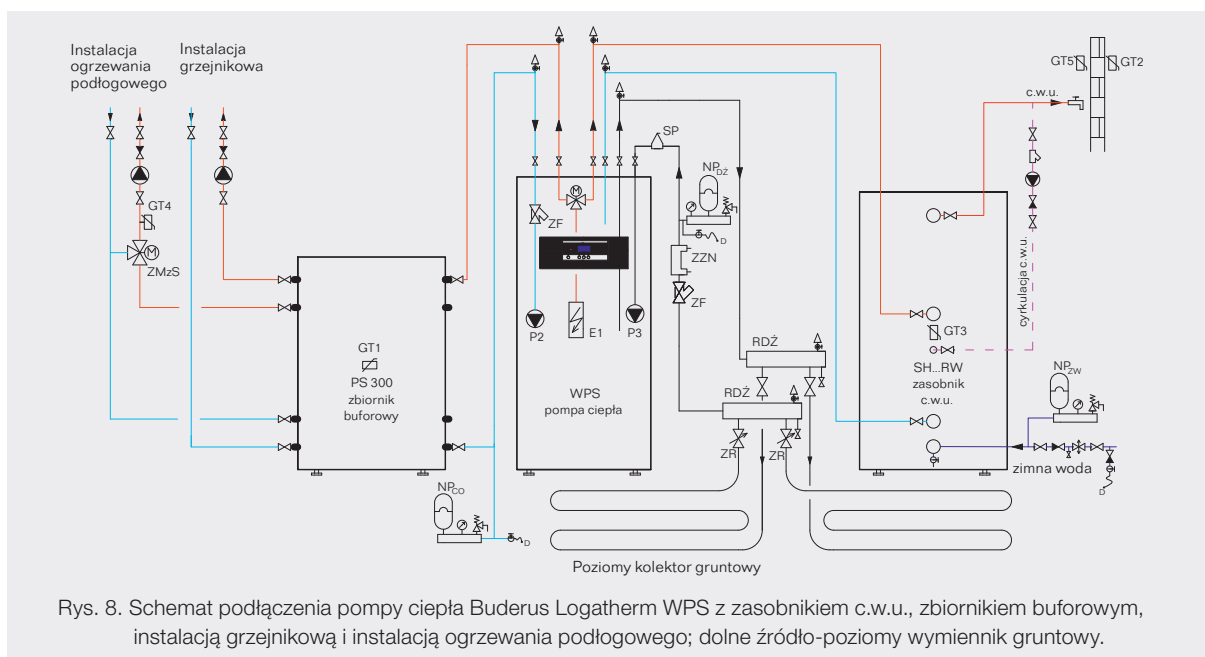


Rys. 7. Pompowy zestaw do napełniania.

wietrzenie instalacji dolnego źródła ciepła nie należy do operacji łatwych, podobnie jak ma to miejsce z odpowietrzeniem instalacji solarnej. Zestaw zaworów napełniających i pompowy zestaw do napełniania umożliwią łatwe i szybkie napełnienie nawet rozległej instalacji dolnego źródła ciepła.

Powróćmy do analizy schematów ideowych węzłów ciepłych z pompami ciepła Logatherm. Kolejne schematy stanowią jedynie powielenie dwóch poprzednich i wyposażenie ich w kolejne dodatkowe urządzenia. Na rysunku 8. pokazano schemat węzła ciepłego z pompą ciepła i dwoma obiegami grzewczymi o różnych temperaturach zasilania: niskotemperaturowym ogrzewaniem podłogowym, regulowanym trzydrogowym zaworem mieszającym i wysokotemperaturowym obiegiem grzejnikowym.

Na rysunku 9. pokazano schemat węzła ciepłego z pompą ciepła i dwoma obiegami grzewczymi o różnych temperaturach zasilania oraz kotłem na paliwo stałe podłączonym do węzłownicy bufora. Należy zwrócić tu uwagę na umiejscowienie czujnika temperatury pompy ciepła GT1. Bezwzględnie musi być on zamontowa-



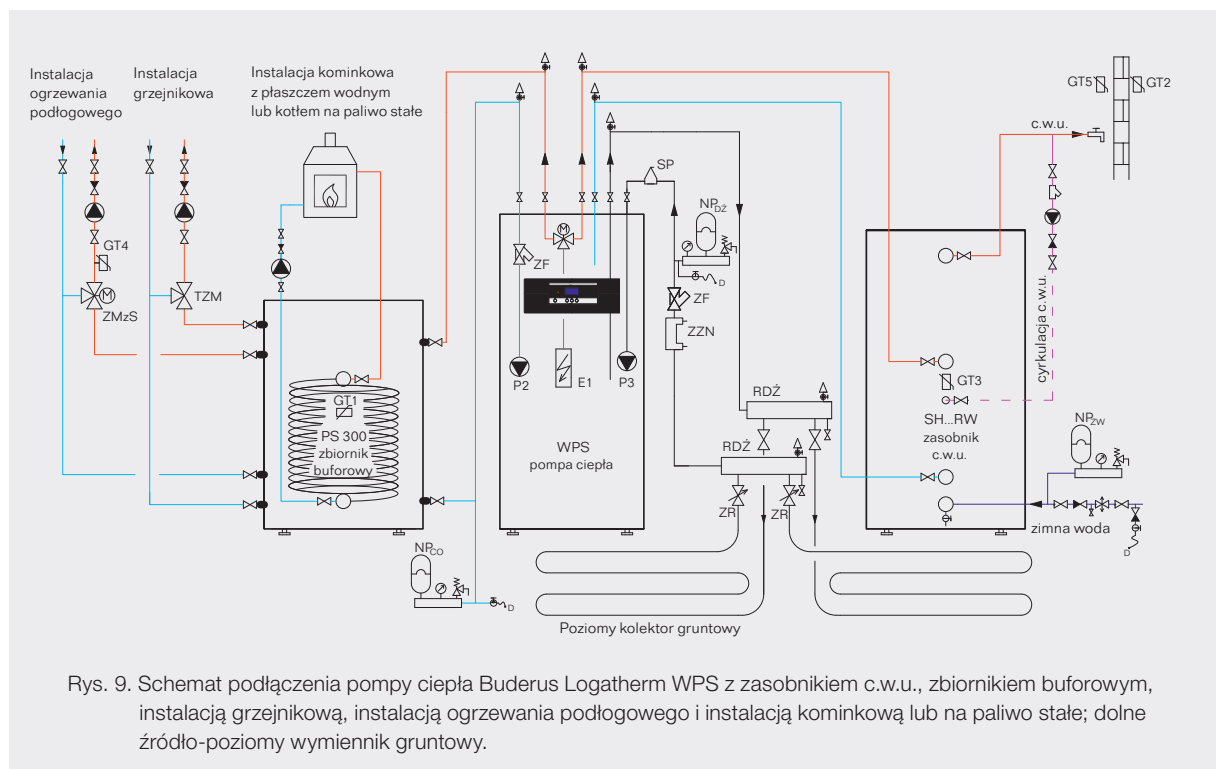
Rys. 8. Schemat podłączenia pompy ciepła Buderus Logatherm WPS z zasobnikiem c.w.u., zbiornikiem buforowym, instalacją grzejnikową i instalacją ogrzewania podłogowego; dolne źródło-poziomy wymiennik gruntowy.



1 – widok ogólny rurociągów podłączonych do pompy ciepła
 2 – ogólny widok węzła ciepłego: pompa ciepła Buderus Logatherm, bufor i podgrzewacz c.w.u.
 3 – widok rozdzielacza dolnego źródła ciepła

ny wewnątrz bufora. Takie umiejscowienie tego czujnika gwarantuje wyłączenie pompy ciepła wówczas, gdy uruchomiony zostanie kocioł (kominiek z płaszczem wodnym) i dodatkowy strumień ciepła będzie kierowany do bufora. Inne umiejscowienie czujnika GT1 może prowa-

dzić do wywołania awarii w pompie ciepła (awaria: wysoka temperatura powrotu) wówczas, gdy bufor będzie rozgrzany do wysokiej temperatury, np. powyżej +60°C, a pompa obiegowa P2 zacznie tłoczyć wodę o tak wysokiej temperaturze na skraplacz pompy ciepła.



Rys. 9. Schemat podłączenia pompy ciepła Buderus Logatherm WPS z zasobnikiem c.w.u., zbiornikiem buforowym, instalacją grzejnikową, instalacją ogrzewania podłogowego i instalacją kominkową lub na paliwo stałe; dolne źródło-pozymy wymiennik grzewczy.