

## POMPA CIEPŁA NA TLE INNYCH ŹRÓDEŁ CIEPŁA W PRZYPADKU BUDYNKÓW WIELORODZINNYCH

Justyna TOPOLAŃSKA, Tomasz Janusz TELESZEWSKI\*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono podstawowe informacje o wybranych paliwach stosowanych w kotłowniach wraz z ich wadami i zaletami oraz w szerszym zakresie o pompie ciepła. Następnie dokonano wyboru układu technologicznego i doboru urządzeń, po czym zestawiono koszty inwestycyjne i eksploatacyjne kotłowni opalanej olejem opałowym, gazem ziemnym, paliwem stałym (peletami) a także kotłowni z pompą ciepła. Na podstawie otrzymanych wartości porównano źródła ciepła – określono, które jest najkorzystniejsze pod względem finansowym oraz zwrócono szczególną uwagę, jak prezentuje się na tym tle pompa ciepła.

*Słowa kluczowe:* źródła ciepła, pompy ciepła, pompa ciepła, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

### 1. Wprowadzenie

Obecnie istnieje duża różnorodność wśród źródeł ciepła możliwych do zastosowania w budownictwie wielorodzinnym. Wciąż bardzo popularne są kotłownie opalane paliwami tradycyjnymi – węglem kamiennym lub brunatnym, olejem opałowym lub gazem. Jednocześnie wizja wyczerpania się tych paliw powoduje poszukiwanie nowych form pozyskiwania energii, wśród których najpopularniejsze są pompy ciepła i energia z biomasy.

Przy wyborze rodzaju źródła ciepła kierować się można różnymi kryteriami. Istotnym jest, czy paliwo na którym będzie się opierała dana technologia, jest dostępne na wybranym obszarze. Ma to szczególnie istotne znaczenie w przypadku gazu ziemnego, którego zastosowanie jest ograniczone zasięgiem sieci gazowej. W dobie działań proekologicznych bardzo ważne są także parametry emisji spalin – najlepiej by były one jak najniższe, ich wartość poniżej standardów pozwala na zyskowny handel emisjami. Rozwój w technologii umożliwia zastosowanie różnorodnych urządzeń automatycznej regulacji – zastosowanie rozwiązania dającego się łatwo kontrolować przy ich użyciu zwiększa komfort obsługi danej kotłowni (minimalizując ją do okresowych kontroli) oraz oszczędność paliwa przy maksymalnym dopasowaniu jego zużycia do aktualnych potrzeb. Dodatkowo rozważyć należy też, czy przy pomieszczeniu kotłowni będzie dostateczna ilość miejsca na składowanie paliwa. Zaś najważniejszą kwestią

jest porównanie nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych przy danym rodzaju źródła ciepła.

### 2. Paliwa stosowane w kotłowniach

#### 2.1. Paliwa tradycyjne – gaz ziemny i olej opałowy

Paliwa gazowe stanowią mieszaniny gazów palnych (do których zaliczają się węglowodory: metan, etan i inne) i niepalnych (tu wymienić należy gazy obojętne – dwutlenek węgla, tlen, azot oraz zanieczyszczenia – parę wodną, siarkowodór, amoniak). Gazy pochodzenia naturalnego są nazywane gazem ziemnym. Ich skład chemiczny zmienia się w zależności od miejsca powstawania, jednak zawsze główny składnik to metan (50-99%). Gaz ziemny występuje w złożach tylko gazowych lub łącznie z ropą naftową. Wśród jego zalet wymienić należy: nietoksyczność (nie zawiera tlenu węgla), tani transport, brak konieczności magazynowania u odbiorcy, czystość spalania, dużą wartość opałową, możliwość całkowitego zautomatyzowania procesów spalania (Mizielińska i Olszak, 2005; Koczyk 2009).

Większość paliw ciekłych jest uzyskiwanych z ropy naftowej, czyli ciekłej mieszaniny węglowodorów z domieszką substancji mineralnych. Do ogrzewania pomieszczeń wykorzystywane są produkty destylacji frakcyjnej lub rafinacji ropy naftowej. Oleje opałowe dzieli się na lekkie, średnie i ciężkie. Najkorzystniejszą wartością opałową i najniższą zawartością siarki

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: tjt@pb.edu.pl

charakteryzuje się olej opalowy lekki. Do zalet tego rodzaju paliwa (Mizielńska i Olszak, 2005; Koczyk 2009) zalicza się: wysoką (najwyższą) wartość opałową, łatwość transportu, kontrolę spalania, małą emisję zanieczyszczeń, zautomatyzowaną obsługę kotłowni.

## 2.2. Biomasa – coraz popularniejsze paliwo ekologiczne

W ostatnim czasie coraz większą rolę w wytwarzaniu energii cieplnej odgrywa nie bezpośrednie spalanie drewna, lecz spalanie biomasy – słomy czy odpadów drzewnych. Charakteryzując to paliwo należy zwrócić uwagę na małą zawartość azotu i siarki oraz części niepalnych. Biomase można spalać bezpośrednio lub w formach przetworzonych: brykietach (sprasowane rozdrobnione drewno energetyczne) lub granulach/peletach (o kształcie cylindrycznym). Ponadto źródłem biomasy mogą być również specjalne rośliny energetyczne. Zaliczane są tu rośliny uprawne (na przykład zboża, rzepak, trzcina), rośliny drzewiaste o szybkiej rotacji (topola, wierzba) oraz szybko rosnące i wieloletnie rośliny trawiaste (Nantka, 2006; Pisarek i Hunder, 2002).

Pelety są produkowane przede wszystkim z wiór i trocin, które są przemysłowym odpadem drzewnym. Proces produkcyjny wygląda następująco: do matrycy, pod wysokim ciśnieniem, wpychany jest starty materiał, nie jest konieczne stosowanie dodatkowego materiału scalającego cząstki. W dalszej kolejności pelety są poddawane schłodzeniu (Gradziuk i in., 2003).

Nowoczesne kotły na pelet nie ustępują kotłom na gaz lub olej. Samoczynnie rozpalają oraz dozują paliwo, co wpływa na wysoki komfort użytkownika. Paliwo doprowadzane jest automatycznie ze zbiornika znajdującego się w pobliżu kotła. Kotły można wyposażyć w automatykę pogodową, sterowanie pokojowe, oraz sterowanie obiegami grzewczymi i temperaturą ciepłej wody użytkowej. Najnowocześniejsze kotły na pelet posiadają sondy lambda, które pozwalają na dodatkową redukcję zużycia paliwa.

## 3. Pompa ciepła

### 3.1. Informacje podstawowe

Pompą ciepła możemy nazwać urządzenie, które przenosi ciepło z ośrodka o niższej temperaturze do ośrodka o wyższej temperaturze. Jest to możliwe pod warunkiem dostarczenia energii napędowej.

Podstawowy podział pomp ciepła (Zawadzki, 2003):

- pompy absorpcyjne (z napędem cieplnym),
- pompy termoelektryczne (z napędem elektrycznym),
- pompy sprężarkowe (z napędem mechanicznym).

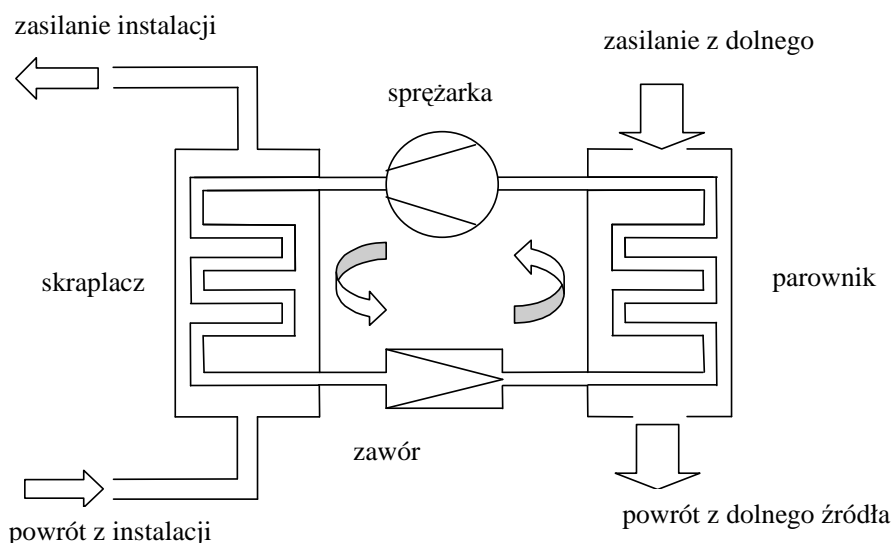
Sorpcyjne pompy ciepła są mniej popularne niż sprężarkowe, jednakże posiadają liczne zalety. Schemat działania opiera się na dwóch obiegach: obiegu właściwym (skraplacz, zawór rozprężny, parownik) i obiegu sprężarki termicznej (absorber, wernik, pompa roztworu, zawór rozprężny). Sprężanie par czynnika roboczego zachodzi w sprężarce termicznej za pośrednictwem procesów absorpcji i desorpcji.

W termoelektrycznych pompach ciepła wykorzystuje się zjawisko – tak zwany efekt Peltiera, polegające na tym, że „przepływ prądu stałego przez obwód złożony z dwóch różnych przewodników, powoduje nagrzewanie się jednej strony i ochładzanie drugiej” (Zalewski, 2001). Podstawową częścią pompy jest termoelement, złożony z dwóch gałęzi wykonanych z półprzewodników. Termoelementy są łączone w baterie.

### 3.2. Budowa sprężarkowej pompy ciepła i jej działanie

Podstawą działania sprężarkowej pompy ciepła jest sprężarkowy obieg termodynamiczny, wykorzystywany od lat w chłodnictwie. Obieg ten jest obiegiem zamkniętym, w którym krąży czynnik roboczy, przechodząc przez kolejne jego urządzenia: sprężarkę, parownik, skraplacz i zawór izentalpowy (rys. 1).

Zadaniem sprężarki jest sprężenie pary czynnika termodynamicznego, w efekcie czego jej temperatura rośnie. W skraplaczu para, oddając swoje ciepło wodzie



Rys 1. Schemat ideowy działania pompy ciepła

grzewczej, ulega skropleniu. W zaworze rozprężnym czynnik podlega rozprężeniu i tym samym ochłodzeniu, dzięki czemu może odebrać ciepło od dolnego źródła – zachodzi to w parowniku, czynnik przy tym odparowuje. Obieg zaczyna się od początku.

W obiegu pompy ciepła występują jeszcze dwa obiegi: obieg źródła dolnego (z niego ciepło jest pobierane) i górnego (do niego ciepło jest oddawane. Dolne źródło jest opisywane jakościowo (cechy: dostępność, korozyjność), a także ilościowo (parametry: temperatura oraz jej zmienność w czasie, zasoby energii i jej zmiany w czasie, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne).

Dzieli się one na cztery typy urządzeń (Zawadzki, 2003):

- pompa powietrze/woda,
- pompa woda/woda,
- pompa solanka/woda,
- pompa bezpośrednio parowanie/woda.

Pompy typu powietrze/woda jako dolne źródło mogą wykorzystywać powietrze atmosferyczne lub zużyte powietrze z urządzeń wentylacyjnych (na przykład hale fabryczne, klatki schodowe, instalacje basenowe). Moc grzewcza pompy maleje jednak wraz z obniżaniem się temperatury zewnętrznej, a przy określonej minimalnej temperaturze pompa nie może być eksploatowana.

Pompy typu woda/woda. Wodę można bardzo efektywnie wykorzystywać jako źródło dolne. Należy jednak pamiętać, że jej temperatura nie powinna być niższa niż 7°C (trudne do osiągnięcia zimą w przypadku wód powierzchniowych). Natomiast wykorzystanie wód gruntowych może doprowadzić do wyczerpania warstwy wodonośnej. Ponadto istotne są parametry wody – by nie miała ona właściwości silnie korozyjnych.

W pompie ciepła solanka/woda krążenie czynnika odbierającego ciepło z dolnego źródła odbywa się w obiegu zamkniętym. Czynnik ten (solanka) jest niezamarzający, gdyż po ochłodzeniu w parowniku może mieć temperaturę poniżej 0°C.

W ostatnim typie pompy, płaski kolektor gruntowy z rur miedzianych, może być jednocześnie parownikiem – elementem obiegu termodynamicznego. Czynnik krążący w jego obrębie paruje w zetknięciu (poprzez ścianki rur) z gruntem.

Grunt to roczny zasobnik ciepła. Na pewnej głębokości występuje w nim stała temperatura, równa średniej rocznej temperaturze powietrza w danej strefie. Wykorzystanie gruntu przewyższa wykorzystanie wody gruntowej, dzięki jego dostępności oraz z uwagi na to, że jego temperatura jest wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego. Wymiennik gruntowy może być wykonany jako poziomy – ułożony jako układ płaski szeregowy lub węzownicowy lub spiralny lub jako pionowy, zwany również sondą ziemną (Rubik, 2006).

#### 4. Porównanie ekonomiczne wybranych źródeł ciepła

Do analizy wybrano następujące źródła ciepła: kotłownię na olej opałowy, na gaz ziemny, na pelety oraz z pompą ciepła (Topolańska, 2011).

Rozważania przeprowadzono dla budynku wielorodzinnego czterokondygnacyjnego zlokalizowanego w Opolu. Kotłownia ma zapewnić czynnik grzewczy dla instalacji c.o. oraz na cele podgrzewu ciepłej wody użytkowej. Instalacja c.o. pracuje jako ogrzewanie podłogowe i częściowo z wykorzystaniem grzejników niskotemperaturowych. Podgrzew ciepłej wody jest realizowany jako priorytetowy względem instalacji c.o. przy wzroście zapotrzebowania na moc na cele c.w.u. powyżej wartości średniej.

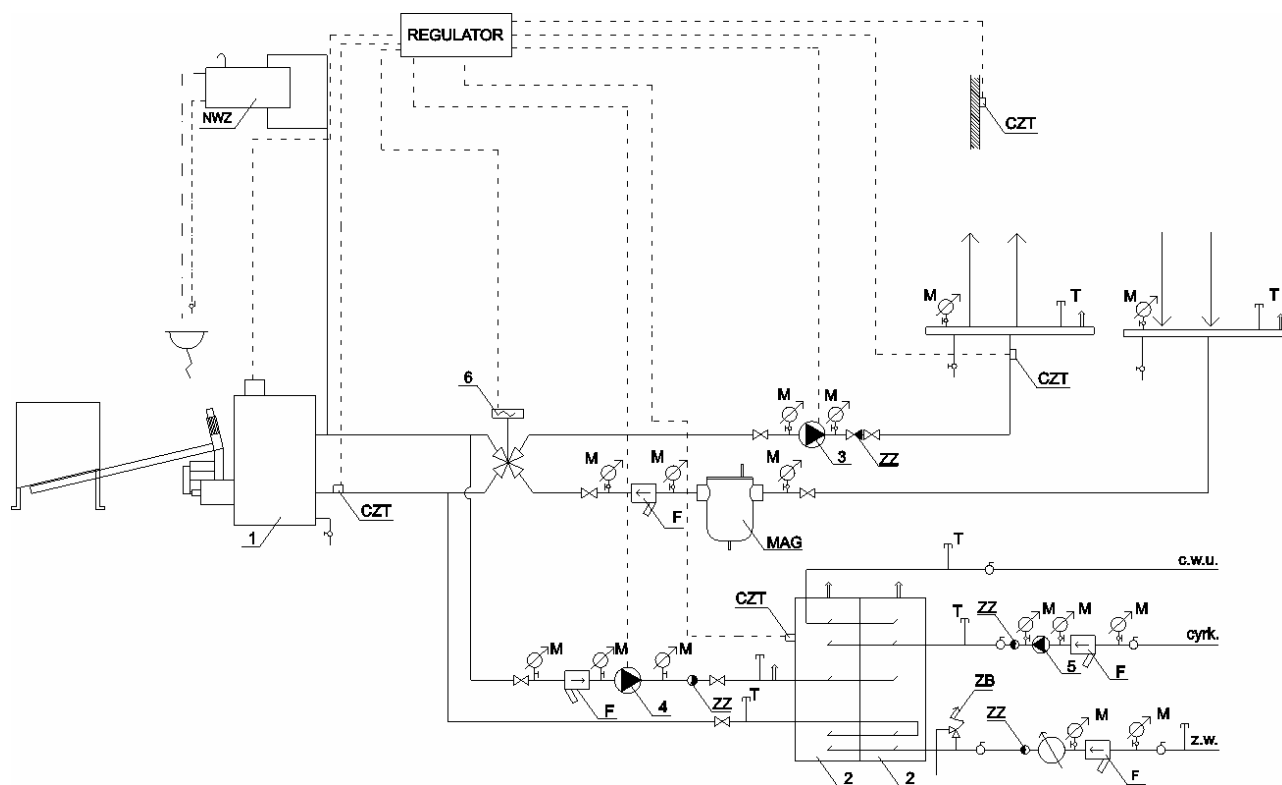
Jako punkt wyjścia zostały przyjęte następujące dane: dla instalacji c.o. – obliczeniowe parametry pracy instalacji c.o. 45/35°C, zapotrzebowanie na ciepło 50kW, spadek ciśnienia w instalacji c.o. 15 kPa, dla instalacji c.w.u. zdolność obsługi 40 osób, obliczeniowe parametry pracy instalacji c.w.u. 60/10°C, spadek ciśnienia w instalacji c.w.u. 12 kPa, jednostkowe zapotrzebowanie na c.w.u. 90 dm<sup>3</sup>/Md.

##### 4.1. Układy technologiczne i podstawowe urządzenia w wybranych źródłach ciepła

Wśród zaprojektowanych elementów kotłowni olejowej najistotniejszymi są: kocioł olejowy firmy VISSMANN typu Vitola 200 VB2A o maksymalnej mocy cieplnej 63 kW, palnik firmy WEISHAUPPT typu WL 10/2-D wersja Z o regulacji dwustopniowej z siłownikiem, ścieżka olejowa firmy Oventrop i zbiorniki na olej (2x 1000 l) firmy WERiT, 2 podgrzewacze c.w.u. firmy VISSMANN typu Vitocell 100-V CVA o pojemności nominalnej 300 l, naczynie wzbiorcze zamknięte firmy TERMEN typu TerNWP o poj. użytkowej 71 dm<sup>3</sup>, pojemności całkowitej 130 dm<sup>3</sup> oraz zawór mieszający trójdrogowy, zawory bezpieczeństwa, armatura chroniąca przed zanieczyszczeniami mechanicznymi oraz pompy.

Przy kotłowni gazowej najistotniejsze elementy stanowią: kocioł firmy VISSMANN typu VITOCROSSAL 300 CU3 o mocy cieplnej 66 kW w zestawie z palnikiem typu MatriX VGMI – 4, zablokowana dwustopniowa ścieżka gazowa typu SG2-20 o DN 20 firmy Flamagaz i System detekcji gazu Smart firmy Alter S.A.. Pozostałe elementy są takie same jak przy kotłowni olejowej. Układ technologiczny nie podlegał znacznym zmianom.

Na wyposażeniu kotłowni na pelety (rys. 2) znajdują się następujące elementy: kocioł firmy CHT Cichewicz typu Futura BIO 75 o maksymalnej mocy cieplnej 75 kW w wykonaniu specjalnym do spalania peletów + system odpielania, naczynie wzbiorcze otwarte typu A o pojemności użytkowej 27,8 dm<sup>3</sup>, pojemności całkowitej 35 dm<sup>3</sup>, mieszacz czterodrogowy firmy HONEYWELL z serii ZR GFLA o średnicy DN = 40 i siłownik VMM 20. Pozostałe elementy takie same lub analogiczne jak wcześniej. Jediną zmianą w układzie technologicznym jest wprowadzenie zaworu czterodrogowego do zapewnienia minimalnej temperatury powrotu.



Rys. 2. Schemat kotłowni na pelety: 1 – kocioł, 2 – podgrzewacz c.w.u., 3 – pompa obiegowa, 4 – pompa ładująca c.w.u., 5 – pompa cyrkulacyjna c.w.u., 6 – zawór czterodrogowy, NZW – naczynie wzbiorcze, ZZ – zawór zwrotny, MAG – magnetoodmulacz, F – filtr, ZB – zawór bezpieczeństwa, CZT – czujnik temperatury, M – manometr, T – termometr

Układ technologiczny źródła ciepła (rys. 3) z pompą ciepła różni się znacznie od trzech poprzednich. Wynika to z konieczności zastosowania dwóch jednostek pompy ciepła. Wykorzystanie programu do doboru pomp ciepła wraz z doбором parametrów dolnego źródła ciepła i optymalizacją kosztów eksploatacyjnych firmy Danfoss zdecydowało o wyborze pompy ciepła tejże firmy i współpracujących z nią zasobników ciepłej wody użytkowej. Jako dolne źródło ciepła przyjęto pionowe odwierty gruntowe. Podgrzew ciepłej wody użytkowej odbywa się dwustopniowo, jako całkowity priorytet względem instalacji c.o. (pompa pracuje albo na cele c.o. albo na c.w.u.). W zaprojektowanym układzie znalazły się następujące elementy: 2 pompy ciepła firmy DANFOSS typu DHP – R 35 o maksymalnej mocy cieplnej 34 kW, zasobniki dwupłaszczowe c.w.u. firmy DANFOSS typu KBH 700 (o pojemności nominalnej 700 l – 1 sztuka) oraz KBH 1000 (pojemność 1000 l – 3 sztuki), naczynia wzbiorcze zamknięte firmy REFLEX typu N250, NG50 i F18 oraz firmy TERMEN typu TerNWP o pojemności całkowitej 90 dm<sup>3</sup>, zawór rozdzielający HONEYWELL z serii DR GFLA o średnicy DN= 32 z siłownikiem VMM 20, pozostałe elementy tych samych producentów jak wcześniej, lecz o innych parametrach i w większej ilości z uwagi na bardziej rozbudowany układ technologiczny. Jako źródło dolne pracować ma 9 odwiertów o głębokości 95 m.

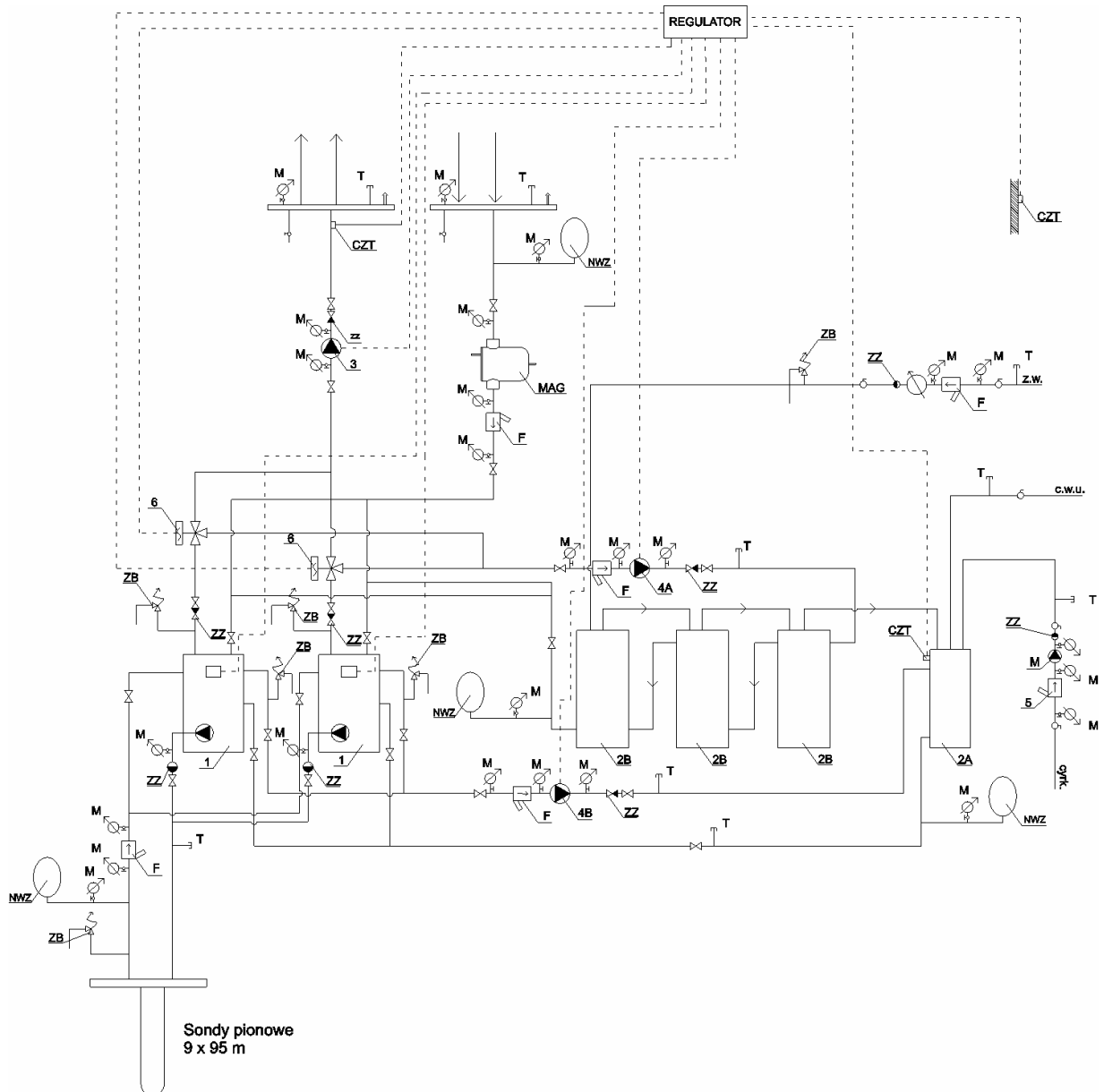
#### 4.2. Zestawienie nakładów inwestycyjnych

W celu określenia kosztów przyjęto następujące wielkości szacunkowe:

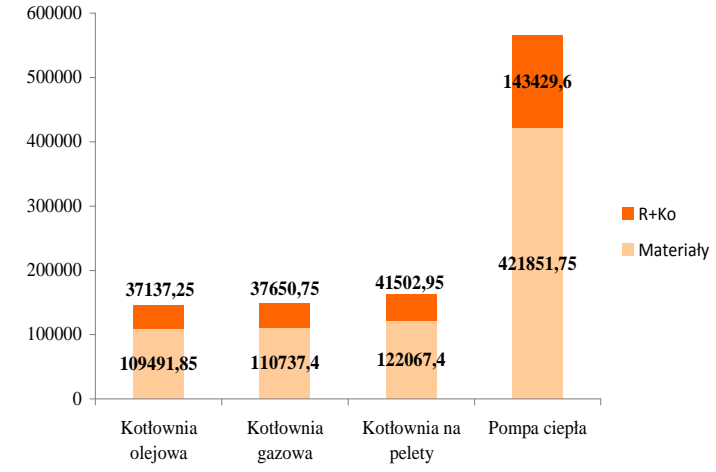
- koszt robocizny równy 20% wartości materiałów (M),
  - koszt pośrednie równe 70% wartości robocizny (R).
- Zestawienie nakładów inwestycyjnych przedstawia tabela 1 oraz rysunki 4 i 5.

Tab. 1. Zestawienie nakładów inwestycyjnych poszczególnych źródeł ciepła

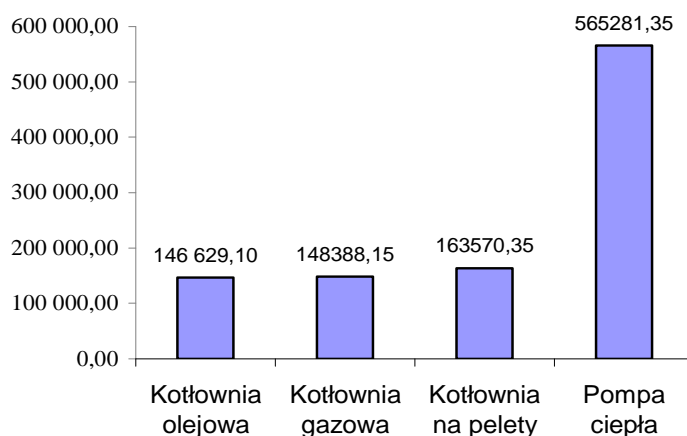
Źródło ciepła	Koszt		
	Materiały	R + Ko	Razem
Kotłownia olejowa	109 491,85 zł	37 137,25 zł	146 629,10 zł
Kotłownia gazowa	110 737,40 zł	37 650,75 zł	148 388,15 zł
Kotłownia na pelety	122 067,40 zł	41 502,95 zł	163 570,35 zł
Pompa ciepła	421 851,75 zł	143 429,60 zł	565 281,35 zł



Rys. 3. Układ technologiczny źródła ciepła z pompą ciepła: 1 – pompa ciepła, 2A – zasobnik dwupłaszczowy c.w.u. typu KBH 700 firmy DANFOSS, 2B – zasobnik dwupłaszczowy c.w.u. typu KBH 1000 firmy DANFOSS., 3 – pompa obiegowa, 4A,4B – pompa ładujące c.w.u., 5 – pompa cyrkulacyjna c.w.u., 6 – zawór trójdrogowy, NZW – naczynie wzbiorcze, ZZ – zawór zwrotny, MAG – magnetoodmulacz, F – filtr, ZB – zawór bezpieczeństwa, CZT – czujnik temperatury, M – manometr, T – termometr



Rys. 4. Zestawienie kosztów inwestycyjnych poszczególnych źródeł ciepła



Rys. 5. Zestawienie całkowitych kosztów inwestycyjnych źródeł ciepła

Wyraźnie widoczne jest, że pompa ciepła jest znacznie droższa inwestycyjnie od pozostałych źródeł ciepła. Wynika to przede wszystkim z rozbudowania układu technologicznego (2 pompy ciepła, 4 zasobniki c.w.u., 4 naczynia wzbiorcze, większa ilość zaworów bezpieczeństwa oraz armatury). Wysokie koszty generuje również wykonanie odwiertów pionowych. Pompa ciepła jest więc inwestycyjnie 3,5-krotnie droższa od pozostałych źródeł ciepła. Należy przy tym zauważyć, że wiąże się to z typem budynku. Wielorodzinny budynek, mimo iż ma dość niskie zapotrzebowanie na ciepło, wymaga zastosowania dość skomplikowanego układu technologicznego i większej ilości urządzeń. Ponadto, by dolne źródło ciepła było wydajne, należy wykonać dużą ilość odwiertów. W przypadku mniejszych budynków, jednorodzinnych, gdzie zapotrzebowanie na moc cieplną jest mniejsze, można zastosować prostsze układy z mniejszą ilością elementów składowych oraz wykonać wymiennik poziomy, który jest znacznie tańszy niż odwierty.

Koszty inwestycyjne pozostałych źródeł ciepła kształtują się na podobnym poziomie, najtańsza jest kotłownia olejowa, następnie gazowa i na pelety. Różnica pomiędzy dwiema pierwszymi jest nieznaczna.

#### 4.3. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych

Do porównania nakładów eksploatacyjnych wzięto jedynie koszty paliwa. Wynika to z faktu, iż koszty energii elektrycznej zużywanej przez urządzenia elektroniczne (automatykę) trudno oszacować, przy tym są one porównywalne w każdym z przypadków i mało znaczące w porównaniu do kosztów paliwa.

Cenę oleju opałowego przyjęto jako wartość średnią z okresu 01.01.2011-11.06.2011 z wartości podanych przez PKN ORLEN, średnią wyliczano z uwagi na znaczne wahania ceny oleju opałowego.

Opłata za pobór gazu została określona na podstawie taryfy gazowej dla Górnośląskiej Spółki Gazowniczej Sp. z o.o..

Cenę peletu przyjęto na podstawie ceny producenta podanej na stronie internetowej firmy Biopal ([www.biopal.pl](http://www.biopal.pl)).

Zapotrzebowanie roczne na energię elektryczną uzyskano z programu HPC do doboru pomp ciepła firmy Danfoss. Koszt prądu elektrycznego obliczono na podstawie taryfy Operatora Systemu Dystrybucyjnego Energia Pro S.A. dla okręgu opolskiego. Przynależność do taryfy G-12 – odbiorcami są gospodarstwa domowe (brak prowadzenia działalności gospodarczej), taryfa dwustrefowa (strefa dzienna i nocna).

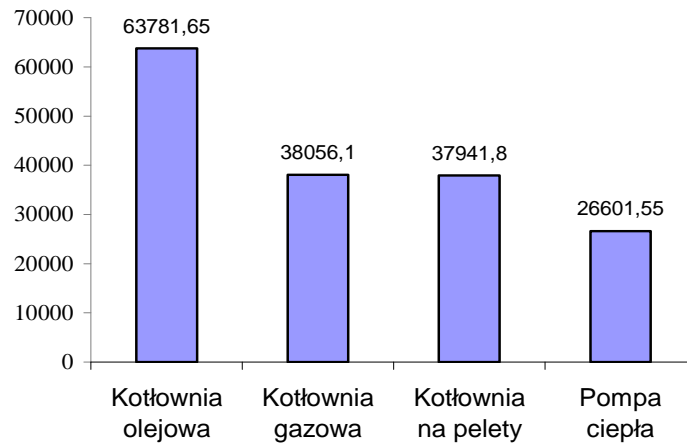
Zestawienie obliczonych rocznych kosztów eksploatacyjnych przedstawia tablica 2 oraz rysunek 6.

Tab. 2. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych poszczególnych źródeł ciepła

Źródło ciepła	Koszt eksploatacyjny roczny
Kotłownia olejowa	63 781,65 zł
Kotłownia gazowa	38 056,10 zł
Kotłownia na pelety	37 941,80 zł
Pompa ciepła	26 601,55 zł

Okazuje się, iż pompa ciepła jest najtańszym eksploatacyjnie źródłem ciepła. Koszty w przypadku kotłowni gazowej i na pelety są o około 50% wyższe, zaś przy olejowej o około 140%. Nawet przy dość wysokich cenach energii elektrycznej, pompa ciepła pozwala na uzyskanie dużych oszczędności. Możliwość wykorzystania darmowej energii z natury przynosi wymierne korzyści finansowe. Ważna jest kwestia zoptymalizowania doboru urządzenia tak, aby roczne zużycie energii było jak najniższe, a wskaźnik efektywności był tym samym jak najwyższy.

Wśród pozostałych źródeł ciepła, właściwie równorzędne koszty wywołują kotłownia gazowa i na pelety. Korzystniejsza jest ta pierwsza, z uwagi na niższe nakłady inwestycyjne. Niekorzystnie wypada w tym przypadku kotłownia olejowa, z uwagi na wysoką cenę oleju opałowego (pomimo niskiego zapotrzebowania wynikającego z wysokiej wartości opałowej).



Rys. 6. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych poszczególnych źródeł ciepła

## 5. Podsumowanie

Wybierając źródło ciepła dla danego budynku, należy rozważyć wiele aspektów. W analizowanym przypadku budownictwa wielorodzinnego okazało się, że źródło ciepła, które jest najtańsze inwestycyjnie, generuje największe koszty eksploatacyjne. Źródło, które zapewnia najwyższe oszczędności eksploatacyjne, jest niezwykle drogie przedsięwzięciem inwestycyjnym. Rozważany przypadek pokazał, że pompa ciepła jest najdroższą inwestycją. Rozbudowany układ technologiczny i kosztowna instalacja dolnego źródła ciepła powodują, że niskie koszty eksploatacyjne i tym samym znaczne oszczędności finansowe nie mają możliwości szybkiego zrekompensowania wysokich nakładów inwestycyjnych. Jest to lepsze rozwiązanie dla mniejszych kotłowni, przy budynkach jednorodzinnych, gdzie nakłady mogą zwrócić się szybciej.

## Literatura

- Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. (2003). Biopaliwa. *Wiś Jutra*, Warszawa.
- Koczyk H. (2009). Ogrzewnictwo praktyczne. Projektowanie, montaż, certyfikacja energetyczna, eksploatacja. *Systherm Serwis*, Poznań.
- Mizielińska K., Olszak J. (2005). Gazowe i olejowe źródła ciepła małej mocy. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa.

- Nantka M. B. (2006). Ogrzewnictwo i ciepłownictwo, Tom I. *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej*, Gliwice.
- Pisarek M., Hunder M. (2002). Wykorzystanie biopaliw stałych na cele energetyczne w Polsce – stan rozwoju, przykłady, perspektywy. W: *Odnawialne źródła energii: biomasa i pompy ciepła. Stowarzyszenie „Uroczyso”*, Supraśl, 11-24.
- Rubik M. (2006). Pompy ciepła: poradnik. *Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”*, Warszawa.
- Topolańska J. (2011). Analiza techniczno-ekonomiczna wybranych źródeł ciepła w budynku wielorodzinnym. *Praca magisterska, Politechnika Białostocka*.
- Zalewski W. (2001). Pompy ciepła: sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne. Podstawy teoretyczne. Przykłady obliczeniowe. *Inżynierskie Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowe Masta*, Gdańsk.
- Zawadzki M. (2003). Kolektory słoneczne, pompy ciepła na tak. *Polska Ekologia*, Warszawa.

## HEAT PUMP COMPARED TO OTHER HEAT SOURCES IN THE CASE OF MULTI-FAMILY BUILDINGS

**Abstract:** The paper presents a characteristics of fuels and heat sources. Special concern was applied to heating with a heat pump. The economic and technical analysis of the use heat pump in multi-family building was performed. The heat pump was compared with another alternatives: heating oil, natural gas and pellets. For each systems of heat sources the total investment and operating costs were calculated. The heat pump had the least operating cost but the high investment cost.