

# 16

## WYKORZYSTANIE WYSOKOSPRAWNEJ MIKRO KO-GENERACJI GAZOWEJ I GAZOWYCH POMP CIEPŁA W MODERNIZACJI OBIEKTU SPORTOWO-REKREACYJNEGO

### 16.1 WPROWADZENIE

Popularność aktywności sportowej i rekreacyjnej od dłuższego czasu wykazuje zdecydowany trend wzrostowy. Dużą popularnością cieszą się wszelkiego typu baseny, ośrodki typu Spa & Wellness czy też kąpieliska kryte. Ponieważ starsze obiekty służące do sportu i rekreacji nie do końca spełniają oczekiwania potencjalnych użytkowników to konieczna jest ich modernizacja i/lub poszerzenie zakresu działalności. Obiekty basenowe i rekreacyjne są jednocześnie konsumentami dużej ilości ciepła i energii elektrycznej na potrzeby ogrzewania, chłodzenia, pompowania i wentylowania [5, 7].

Modernizacja obiektu jest dobrą okazją do wprowadzenia nowych technologii zapewniających minimalizację kosztów energii. Obecnie obiekty basenowe w ramach modernizacji są rozbudowywane o takie części składowe jak, Spa & Welles, siłownie, sale zabaw dla dzieci, sale do gry w squash czy też bardzo popularnego futsalu.

Wśród nowoczesnych technologii minimalizujących koszty energii znaczące są między innymi gazowe pompy ciepła, jako źródło ciepła i chłodu oraz wysokosprawna mikro ko-generacja gazowa, jako źródło ciepła i energii elektrycznej.

### 16.2 ZALETY ZASTOSOWANYCH TECHNOLOGII

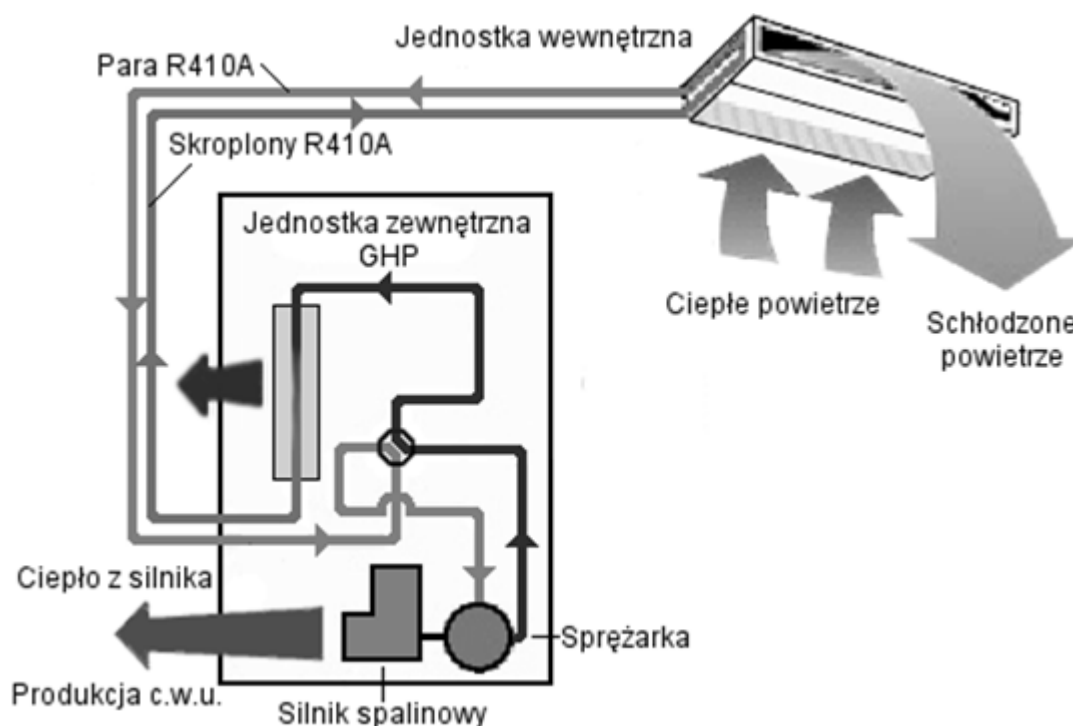
W celu skłonienia inwestorów do zastosowania nowoczesnych i efektywnych źródeł energii elektrycznej i ciepła muszą one mieć szereg zalet, które są możliwe do udokumentowania nie tylko poprzez ich teoretyczne podstawy i możliwe do osiągnięcia potencjalne rezultaty. Dobrze, jeśli można posłużyć się przykładami implementacji tych technologii w warunkach identycznych lub bardzo zbliżonych do tych, które występują u potencjalnego inwestora.

#### 16.2.1 Technologia gazowych pomp ciepła i mikro ko-generacji

Technologia gazowych pomp ciepła GHP (gazowe pompy ciepła – Gas Heat Pumps) AISIN, którą zastosowano w analizowanym obiekcie jest jedną z wielu, ale wykazuje znaczące zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych i obniżenie kosztów projektowania i wykonania instalacji zapewniającej realizację funkcji ogrzewania i klimatyzacji [8].

Technologia GHP AISIN polega na wykorzystaniu silnika spalinowego zasilanego gazem do napędu zespołu sprężarek pracujących w wysokowydajnym układzie pompy ciepła ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego VRF. Ciepło powstające podczas pracy silnika wykorzystywane jest w tym układzie, jako źródło ciepła zasilającego obieg pompy ciepła w trybie ogrzewania, a w trybie chłodzenia pozwala na wyeliminowanie strat związanych z procesem odszraniania parownika, które występują w tradycyjnych układach elektrycznych pomp ciepła (rys. 16.1) [8].

Silnik w układzie GHP AISIN jest zasilany gazem ziemnym. Wysoka wydajność całego układu pompy ciepła dodatkowo jest zwiększona poprzez zastosowanie modulacji obrotów silnika i współpracę ze sprężarkami ze sterowanymi elektronicznie by-pass'ami, w zależności od bieżącego obciążenia układu. W układzie pompy ciepła GHP AISIN zastosowano czynnik chłodniczy R410A najnowszej generacji, co pozwala na najbardziej efektywny przebieg procesu skraplania i odparowania w cyklu grzewczym i chłodniczym. Zastosowanie gazowego silnika spalinowego w pompach ciepła GHP AISIN pozwala na uzyskanie określonej mocy cieplnej/chłodniczej przekazanej do budynku przy niższym koszcie w porównaniu z elektrycznymi powietrznymi pompami ciepła EHP (elektryczna pompa ciepła - Electric Heat Pump). Układ ten pozwala na redukcję kosztów eksploatacyjnych do 40% w porównaniu z tradycyjnymi technologiami.



**Rys. 16.1** Zasada działania gazowej pompy ciepła GHP AISIN w trybie chłodzenia

Źródło: [2]

Dzięki wykorzystaniu ciepła z układu chłodzenia silnika spalinowego, urządzenia GHP AISIN nie wymagają pracy w cyklu odwróconego przebiegu czynnika chłodniczego, jak ma to miejsce w przypadku elektrycznych powietrznych pomp ciepła EHP. Ponadto wysoka sprawność gazowych silników spalinowych TOYOTA umożliwia uzyskanie bardzo szybkiego ogrzania pomieszczeń nawet przy najniższych temperaturach zewnę-

trznym. Technologia gazowych pomp ciepła GHP AISIN jest przykładem wysoce efektywnego wykorzystania energii zawartej w paliwie gazowym. Rozwiązania zastosowane w tej technologii wiążą się z szeregiem korzyści, jakie widoczne są na każdym etapie realizacji inwestycji tj. projektowania, realizacji jak i użytkowania.

### 16.2.2 Technologia wysokosprawnej mikro ko-generacji gazowej

Druga z proponowanych technologii, która została wykorzystana w analizowanym obiekcie umożliwia lokalne wykorzystanie zalet kogeneracji i wynikających z niej oszczędności to mikro ko-generacja. Mikro ko-generacja oznacza produkcję w jednym urządzeniu energii elektrycznej do 40 kW i energii cieplnej do 70 kW. Urządzenia mikro ko-generacyjne oznaczane są skrótem MCHP co oznacza Micro Co-Generation of Heat and Power, czyli produkcja ciepła i energii elektrycznej w skojarzeniu w skali mikro.

Wśród technologii mikro ko-generacji wyróżnić można gazową mikro ko-generację MCHP XRGI (XRGI od exergy – egzergia), która umożliwia uzyskanie wysokich sprawności przetworzenia energii. Jest to kompleksowe rozwiązanie - układ MCHP XRGI zawiera generator prądu napędzany gazowym silnikiem spalinowym, ale także posiada zintegrowany inteligentny dystrybutor ciepła. Odbiór ciepła z silnika i generatora odbywa się poprzez wymiennik wbudowany z dystrybutorze ciepła wraz układem mieszania. W układzie MCHP XRGI możliwa jest, więc bardzo wyraźna redukcja strat energii w porównaniu z rozdzielną produkcją energii elektrycznej i cieplnej. Oznacza to równocześnie, że do wytworzenia tej samej ilości energii cieplnej i elektrycznej w układzie MCHP XRGI zużywane jest około 60 – 70% mniej paliw pierwotnych niż miałyby to miejsce w rozdzielnej produkcji.

Redukcja zużycia paliwa występująca w przypadku technologii MCHP XRGI oznacza ograniczenie kosztów eksploatacji i znaczne oszczędności dla użytkownika końcowego, a także ograniczenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Zakresy mocy i gabaryty urządzeń MCHP XRGI umożliwiają ich montaż w kotłowniach istniejących bądź nowo projektowanych obiektów. Energia wytwarzana jest bezpośrednio na miejscu jej wykorzystania. Unikamy w ten sposób strat związanych z przesyłem energii elektrycznej z elektrowni do odbiorcy [1, 4, 6].

Układ gazowej mikro ko-generacji MCHP XRGI stanowi kompleksowy system produkcji ciepła i energii elektrycznej wraz ze sterowaniem i zabezpieczeniami, co oznacza całkowicie kompletny modułowy układ możliwy do zastosowania zarówno w istniejących jak i nowopowstających obiektach. Zestaw MCHP XRGI składa się z następujących elementów (rys. 16.2):

- jednostka kogeneracyjna,
- inteligentny dystrybutor ciepła,
- zbiornik magazynujący ciepło,
- skrzynka przyłączeniowa do sieci elektrycznej z panelem sterowania.

Dla analizowanego obiektu, w którym rozważane było zastosowanie układu kogeneracji ważne jest całodobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną. Na takie właśnie zapotrzebowanie dobrany został ko-generator, zaś niedobory w szczytach zaspaka-

jamy tak jak dotychczas (zakup z sieci). Co jest istotne, wykresy zapotrzebowania w funkcji czasu możemy bezpłatnie uzyskać u dystrybutora energii elektrycznej, wystarczy jedynie złożyć stosowny wniosek. Na tej podstawie możliwe jest wykonanie wykresu uporządkowanego poboru mocy i stwierdzenie, poniżej jakiej wartości zapotrzebowanie nigdy nie spada w okresie roku. Dla modernizowanego obiektu zebrano informacje o łącznej mocy odbiorników elektrycznych przewidzianych do pracy ciągłej (np. pompy obiegowe, silniki układu wentylacji, układy sterowania, itp.).



**Rys. 16.2 Zestaw gazowej mikrogeneracji MCHP XRGI**

Legenda: od lewej: jednostka kogeneracyjna, dystrybutor ciepła, skrzynka przyłączeniowa z panelem sterowania, zbiornik magazynujący ciepło  
Źródło: [2]

Dla obiektów basenowych przedstawione technologie są bardzo korzystnym rozwiązaniem, a ich implementacja w modernizowanych obiektach to bardzo dobre rozwiązanie cechujące się dużymi korzyściami ekonomicznymi.

### 16.3 MODERNIZACJA OBIEKTU „JASNA 31” W GLIWICACH

Centrum sportowo-rekreacyjne Jasna Sport i Rekreacja „Jasna 31” (rys. 16.3) znajduje się w Gliwicach przy ul. Jasnej 31. Przed modernizacją analizowany obiekt składał się z basenu, hali sportowej, siłowni, sauny z pokojem masażu i sklepiku sportowego. Obiekt był eksploatowany przez cały rok w godzinach 8:00-22:00, dodatkowo hala sportowa do godz. 24:00. Basen i sauna miały przerwę eksploatacyjną w miesiącach lipcu i sierpniu.

Obiekt został przebudowany na kompleks sportowo-rekreacyjny o bardzo szerokiej ofercie różnorodnych form aktywności. Kompleks sportowo-rekreacyjny jest czynny od poniedziałku do piątku w godzinach 7:00-24:00, a w soboty i niedziele od 7:00-22:00. Przerwa eksploatacyjna basenu jest krótsza niż 2 tygodnie (w miesiącach letnich).

W obiekcie znajdują się między innymi basen, sauna, sala fitness, kompleks Welless wraz z masażem, ścianka wspinaczkowa i strefa bouldering, korty tenisowe, boisko piłkarskie, kort do squash, sala szachowa, restauracja, apartamenty, serwis narciarsko-rowerowy i myjnia samochodowa.



**Rys. 16.3 Ośrodek sportowo-rekreacyjny „Jasna 31”**

Źródło: [9]

Przed modernizacją basen miał wymiary 25x12,5m i głębokość 1,1-3,4m, a obiekt miał następujące parametry:

- powierzchnia całkowita – 3700 m<sup>2</sup>,
- powierzchnia ogrzewana – 3700 m<sup>2</sup>,
- powierzchnie wentylowane 21000m<sup>3</sup>,
- obiekt nie był klimatyzowany.

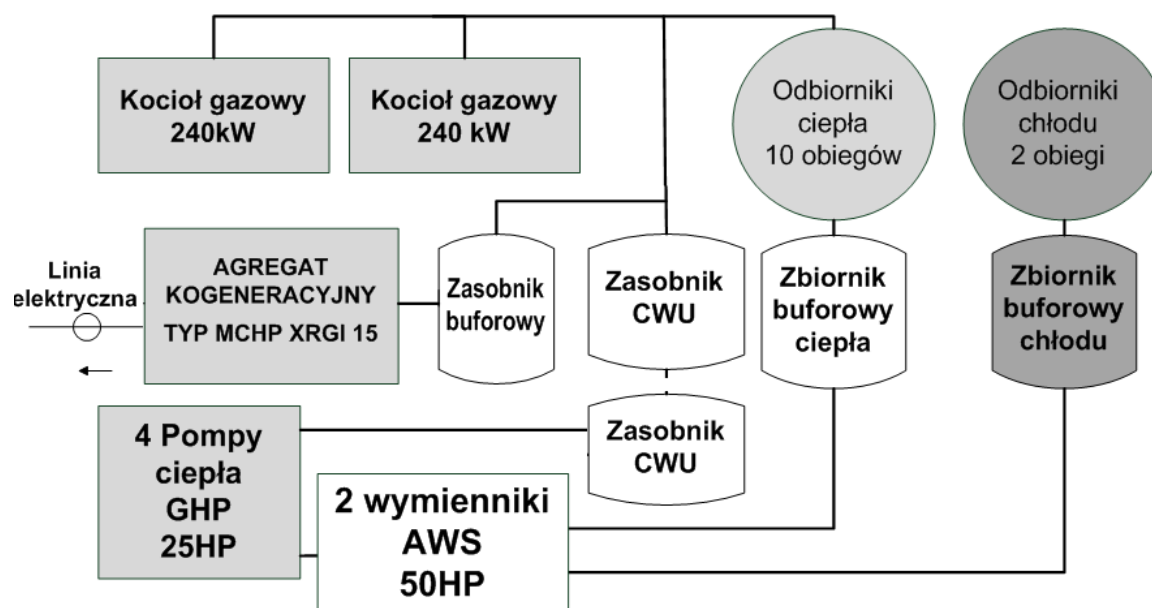
Natomiast po modernizacji basen ma wymiary 12x8m i głębokość 0-1,4m, a obiekt charakteryzuje:

- powierzchnia całkowita – 10567 m<sup>2</sup>,
- powierzchnia ogrzewana – 60000 m<sup>3</sup>,
- powierzchnie wentylowane – 63000m<sup>3</sup>,
- powierzchnie klimatyzowane.

Obiekt zaopatrywany był w ciepło przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Gliwicach i w energię elektryczną przez lokalnego dystrybutora energii. Wentylacja była mechaniczna i grawitacyjna, obiekt nie był podłączony do sieci gazowej.

Obecnie ogrzewanie i klimatyzacja oraz ciepła woda użytkowa i technologia basenu zabezpieczone są przez kocioł gazowy, gazową mikro ko-generację oraz gazowe pompy ciepła (rys. 16.4). Gazowe pompy ciepła GHP w okresie letnim pracują w trybie chłodzenia i poprzez ich połączenie ze stacjami wymiennikowymi freon/woda o łącznej mocy chłodniczej 140 kW wytwarzają wodę lodową o parametrach 7/12 C, która zasila instalacje chłodnicze budynku (klima-konwektory i wymienniki central wentylacyjnych). W okresie zimowym gazowe pompy ciepła we współpracy ze stacjami wymienni-

kowymi freon/ woda o mocy 160 kW wytwarzają wodę grzewczą o parametrach 45/40 C. Dodatkowo, przez cały rok w trybie ciągłym 24 h w obiekcie pracuje układ mikro kogeneracji MCHP XRGI 15, który nieprzerwanie dostarcza 15 kW energii elektrycznej 3f 400V do sieci elektrycznej budynku oraz 30 kW ciepła w postaci wody grzewczej o temperaturze 80°C do sieci grzewczej budynku. Szczytowe źródło ciepła stanowi zespół gazowych kondensacyjnych kotłów grzewczych o łącznej mocy 480 kW. Gazowe pompy ciepła pracujące w trybie grzania, układ mikro kogeneracji oraz szczytowo kotły grzewcze współpracują ze sobą i zasilają instalacje grzewcze i ciepłej wody użytkowej budynku (klima-konwektory, wymienniki central wentylacyjnych, podgrzew basenu, wanny SPA, wymienniki podłogowe futsal, kurtyny powietrzne, ciepła woda użytkowa).



**Rys. 16.4 Schemat urządzeń wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu oraz urządzeń grzewczych i chłodzących**

Źródło: opracowanie własne

W obiekcie przed modernizacją zużycie energii elektrycznej wynosiło miesięcznie od września do czerwca – średnio 16000 kWh, a w lipcu i sierpniu 6000 kWh. Koszty eksploatacyjne przedstawiały się następująco:

- energia cieplna od września do czerwca – średnio 14000 zł, a w lipcu i sierpniu średnio 6000 zł;
- koszt całkowity od września do czerwca – średnio 28000 zł, a w lipcu i sierpniu średnio 13000 zł.

Obecne miesięczne zużycie energii elektrycznej to zimą 41000kWh i latem 35000 kWh, a zużycie gazu zimą 10000 m<sup>3</sup> a latem 5000 m<sup>3</sup>. Koszty eksploatacyjne przedstawiają się następująco: koszt całkowity średnio miesięcznie 48000 zł, a latem średnio 29000 zł. Zainstalowane w obiekcie urządzenia generujące energie elektryczną i ciepło zasilają obiegi chłodnicze:

- obieg I - CNW,
- obieg II – Klimakonwektory

- oraz 10 obiegów grzewczych:
  - obieg I promienniki wodne,
  - obieg II grzejniki,
  - obieg IV zasobniki CWU,
  - obieg V wymiennik basenowy,
  - obieg VI wanny SPA,
  - obieg VII ogrzewanie podłogowe część futsalowa,
  - obieg VIII ogrzewanie podłogowe łącznik - piwnica i parter,
  - obieg IX klimakonwektory,
  - obieg X CNW wewnętrzne,
  - obieg XI ogrzewanie podłogowe.

**Tab. 16.1 Zużycie gazu i energii elektrycznej w centrum sportowo rekreacyjnym Jasna31**

Data	Ilość zużytego medium		Data	Ilość zużytego medium	
	Gaz [m <sup>3</sup> ]	Energia [kWh]		Gaz	Energia [kWh]
13.02.2016	357	1752	29.02.2016	292	1507
14.02.2016	358	1753	01.03.2016	356	1686
15.02.2016	254	1476	02.03.2016	389	1685
16.02.2016	310	1534	03.03.2016	351	1661
17.02.2016	316	1540	04.03.2016	337	1683
18.02.2016	337	1543	05.03.2016	353	1326
19.02.2016	300	1560	06.03.2016	312	1074
20.02.2016	359	1622	07.03.2016	325	1008
21.02.2016	308	1231	08.03.2016	395	1265
22.02.2016	289	1434	09.03.2016	383	1411
23.02.2016	230	1508	10.03.2016	337	1376
24.02.2016	350	1531	11.03.2016	330	1232
25.02.2016	345	1665	12.03.2016	329	1171
26.02.2016	383	1552	13.03.2016	365	1213
27.02.2016	380	1559	14.03.2016	361	1148
28.02.2016	327	1290			

Źródło: [3]

W tab. 16.1 przedstawione zostały wyniki pomiarów dobowego zużycia gazu i energii elektrycznej w analizowanym obiekcie. Widoczne jest, że po 05.03.2016, czyli po dniu, w którym uruchomiona została instalacja mikro ko-generacji gazowej w obiekcie, zużycie energii elektrycznej spadło do poziomu nierejestrowanego wcześniej, przy niezmiennym poziomie zużycia gazu. Wynika to z wysokiej sprawności układu mikro kogeneracyjnego MCHP XRGI o mocy elektrycznej 15 kW i cieplnej 30 kW, pracującego w obiekcie 24 h na dobę. W trakcie doby układ ten jest w stanie wytworzyć 360 kWh energii elektrycznej i 720 kWh ciepła. Układ mikro ko-generacji do swojej pracy zużywa taką samą ilość gazu, jaka w układzie tradycyjnym byłaby zużyta do wytworzenia porównywalnej ilości ciepła, jednak tu wytwarzana jest równocześnie dodatkowo energia elektryczna. Oznacza to duże oszczędności dla obiektu z tytułu unikania zakupu dużej części energii elektrycznej z sieci.

## PODSUMOWANIE

Zastosowanie nowoczesnych technologii wytwarzania ciepła, chłodu i energii elektrycznej, takich jak gazowe pompy ciepła GHP i mikro ko-generacja MCHP, w obiektach o całorocznym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło umożliwia uzyskanie znacznych oszczędności eksploatacyjnych przy jednoczesnej redukcji zużycia paliw pierwotnych i emisji zanieczyszczeń do środowiska. Takie kierunki działań do niedawna nie były w Polsce wspierane przez fundusze ochrony środowiska, które skupiały się wyłącznie na odnawialnych źródłach energii. Odnawialne źródła energii nie są w stanie zapewnić ciągłych i nieprzerwanych dostaw ciepła, chłodu i energii elektrycznej do obiektów, dlatego też Regionalne Programy Operacyjne i Krajowe Inteligentne Specjalizacje uwzględniły wspieranie wysokosprawnych technologii wytwarzania ciepła, chłodu i energii elektrycznej nie tylko z biogazu, ale również z gazu ziemnego lub LPG.

Obiekt sportowo-rekreacyjno Jasna 31 w Gliwicach jest obiektem o szerokiej ofercie umożliwiającej realizację aktywności sportowych, i dlatego też charakteryzuje się całorocznym zapotrzebowaniem na ciepło, chłód i energię elektryczną, przez co możliwe jest uzyskiwanie znacznych oszczędności eksploatacyjnych i krótkich czasów zwrotów nakładów inwestycyjnych. Umożliwia to ponadto właścicielowi obiektu uzyskanie świadectw pochodzenia energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji (tzw. żółte certyfikaty), co oznacza dodatkowe oszczędności eksploatacyjne. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia przekładania się uzyskiwanych oszczędności na możliwości obniżenia cen dla klientów przy jednoczesnym podnoszeniu standardów, co w konsekwencji zwiększa konkurencyjność obiektu na rynku.

## LITERATURA

- 1 T. Bańkowski, K. Żmijewski. *Analiza możliwości i zasadności wprowadzenia mechanizmów wsparcia gazowych mikroinstalacji ko generacyjnych. Wsparcie energetyki rozproszonej. Energetyka społeczna*. Warszawa: Instytut im. Kwiatkowskiego, 2012.
- 2 *Dane dystrybutora układów gazowej mikrokogeneracji MCHP XRGI w Polsce*. GHP Poland Sp. z o.o.
- 3 Dane z monitoringu kotłowni obiektu Jasna Sport i Rekreacja „Jasna 31”.
- 4 Dyrektywa 2004/8/WE Parlamentu Europejskiego z dn. 11 lutego 2004 r. w sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii oraz zmieniająca dyrektywę 92/42/EWG.
- 5 P. Kaleta, T. Wałek. „Porównanie efektywności i czasów zwrotu instalacji gazowej mikrokogeneracji MCHP XRGI w obiektach o zróżnicowanym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło. Cz. 2”. *Ciepłownictwo*, nr 8(46), 2015, s. 300-306.
- 6 J. Popczyk. *Energetyka Rozproszona - od dominacji energetyki w gospodarce do zrównoważonego rozwoju, od paliw kopalnych do energii odnawialnej i efektywności energetycznej*. Warszawa: Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki, 2011.
- 7 T. Wałek, P. Kaleta, J. Juszczak. „Mikrokogeneracja gazowa XRGI w obiektach basenowych i sportowych.” *Bud. Sport. Rekreac.*, nr 1(15), 2015 s. 110-112.



- 8 T. Wałek, P. Kaleta. „Utilization of gas heat pumps for heating and air conditioning in small and medium sized enterprises.” *Systems Supporting Production Engineering. Review of problems and solutions*, nr 1(7), 2014, s. 101-108.
- 9 Zdjęcie z materiałów Jasna Sport i Rekreacja „Jasna 31”.

### WYKORZYSTANIE WYSOKOSPRAWNEJ MIKRO KO-GENERACJI GAZOWEJ I GAZOWYCH POMP CIEPŁA W MODERNIZACJI OBIEKTU SPORTOWO-REKREACYJNEGO

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono analizę praktycznego zastosowania gazowych pomp ciepła i wysokosprawnej mikro ko-generacji gazowej w modernizowanym obiekcie sportowo-rekreacyjnym. Opisano zmiany dokonane w obiekcie, zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło przed i po modernizacji oraz aspekty techniczne i ekonomiczne modernizacji obiektu.

**Słowa kluczowe:** ciepło, energia elektryczna, MCHP XRGI, gazowe pompy ciepła GHP, korzyści ekonomiczne

### UTILIZATION OF HIGH EFFICIENCY GAS MICRO CO-GENERATION AND GAS HEAT PUMPS FOR RENOVATION OF THE RECREATION AND SPORTS CENTER

**Abstract:** In the article an analysis of implementation of gas heat pumps GHP and high efficient micro co-generation MCHP XRGI in renovation of the recreation and sport center is presented. Changes made to the center, energy demands before and after renovation as well as economic and technical aspects are described.

**Key words:** thermal energy, electric power, MCHP XRGI, gas heat pumps GHP, economic benefits

Dr Piotr KALETA  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail: Piotr.Kaleta@polsl.pl

Dr inż. Tomasz WAŁEK  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail: Tomasz.Walek@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 08.05.2016  
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 19.05.2016