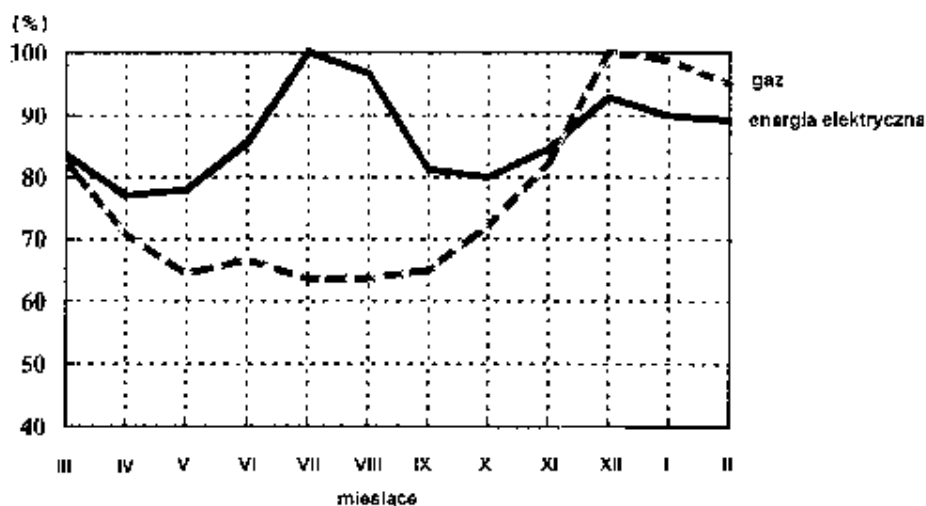


Andrzej FROŃSKI
Jacek PIWOWARCZYK
Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie

NOWE ZASTOSOWANIE GAZU ZIEMNEGO – KLIMATYZACJA

Warunki gospodarcze Polski jak i systematycznie postępujący awans cywilizacyjny kraju stwarzają dogodną sytuację do modernizacji komunalnych technik grzewczych i upowszechniania systemów zapewniania komfortu cieplnego. Klimatyzowanie pomieszczeń użyteczności publicznej albo pozwala na ich całoroczne funkcjonowanie (niektóre specyficzne działy produkcji np. farmacja czy elektronika, hale sportowe, baseny, lodowiska) albo podnosi ich walory użytkowe (hale widowiskowe, kompleksy handlowo-usługowe) zwiększając ich konkurencyjność rynkową. Również lepiej sytuowana materialnie część społeczeństwa jest zainteresowana zapewnieniem w swoich pomieszczeniach mieszkalnych komfortu cieplnego w ciągu całego roku.

Urządzeniami umożliwiającymi w pełni klimatyzowanie pomieszczeń, to znaczy ich ogrzewanie przy niskiej temperaturze otoczenia lub ochładzanie przy wysokiej temperaturze otoczenia, są pompy ciepła czyli urządzenia pozwalające pewnym nakładem energii przemieszczać ciepło ze źródła o niższej temperaturze do odbiornika o temperaturze wyższej. Jeszcze do niedawna w urządzeniach klimatyzacyjnych stosowane były wyłącznie pompy ciepła zasilane energią elektryczną. Efektem tego jest obserwowane w krajach rozwiniętych umiarkowanej i cieplej strefy klimatycznej zwiększenie zużycia energii elektrycznej w miesiącach letnich w porównaniu z chłodnym okresem roku. Zjawisko to bardzo dobrze ilustruje wykres zużycia energii elektrycznej oraz gazu w Japonii w 1995 r. rys.1.



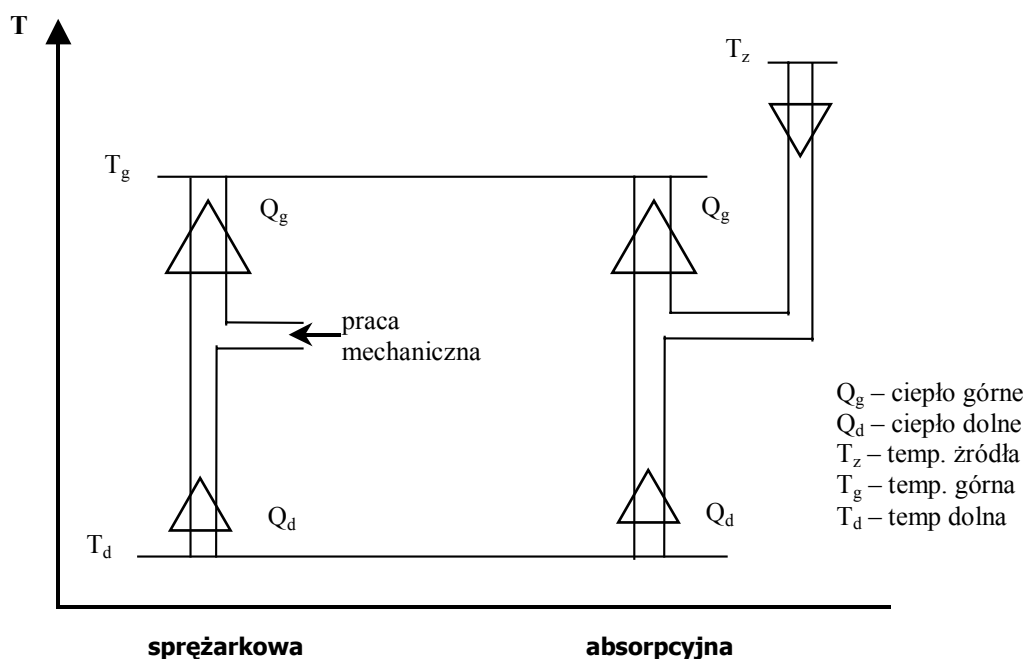
Rysunek 1. Krzywe zużycia gazu i energii elektrycznej w Japonii w 1995r.

Z podanego przykładu można więc wnioskować o możliwości przejęcia przez gazownictwo istotnego fragmentu rynku energetycznego pod warunkiem, jednakże, że zostaną opracowane, wdrożone i spopularyzowane systemy klimatyzacyjne wykorzystujące do napędu pomp ciepła

gaz ziemny w miejsce energii elektrycznej. Jednakże aby systemy klimatyzacyjne bazujące na gazie ziemnym mogły być konkurencyjne w stosunku do obecnie stosowanych muszą charakteryzować się lepszymi parametrami w tym przede wszystkim wysoką sprawnością bezpośrednio rzutującą na koszty eksploatacyjne, łatwością obsługi i bezawaryjnością oraz przyjaznością dla środowiska. Pożyczany jest także niski koszt samego urządzenia.

Badania zasadności stosowania pomp ciepła zasilanych gazem ziemnym do regulacji temperatury w obiektach technologicznych oraz użyteczności publicznej w krajowych warunkach klimatycznych prowadzone są obecnie w Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie

Istnieją dwa zasadnicze kierunki rozwoju pomp ciepła napędzanych gazem ziemnym zgodnie z podziałem pomp ciepła na sprężarkowe i absorpcyjne zilustrowanym poglądomo na rys.2.



Rysunek 2. Schematy działania pomp ciepła

Pierwszy z nich polega na zastąpieniu silnika elektrycznego w klasycznej pompie sprężarkowej tłokowym silnikiem gazowym lub turbiną, natomiast drugi wykorzystuje ciepło spalania gazu do ogrzewania parownika pompy adsorpcyjnej.

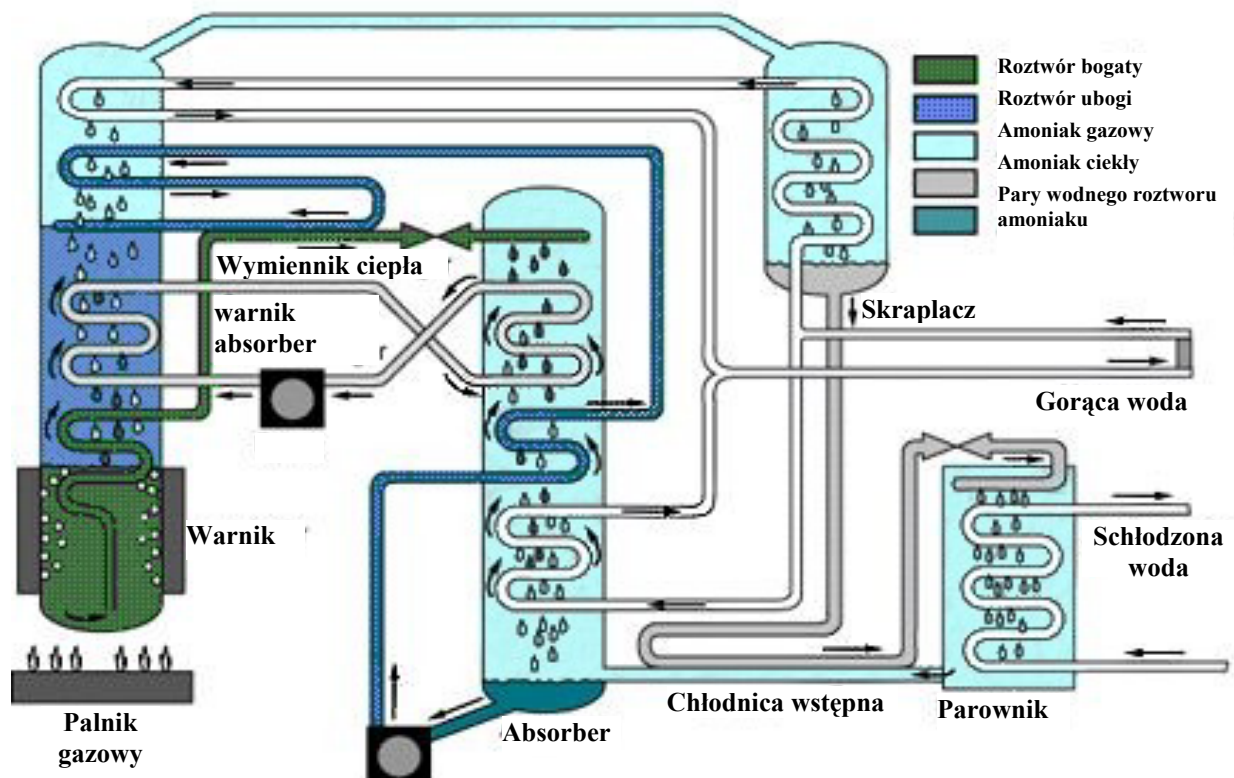
W krajach przodujących technologicznie uruchomiono programy badawczo rozwojowe wspierane przez rządy mające na celu opracowanie i wdrożenie do produkcji pomp ciepła z napędem gazowym. W Japonii powołano projekt rządowy finansowany przez Ministerstwo Handlu zagranicznego i Przemysłu (MITI) w którym uczestniczą Japan Gas Association, Tokio Gas, Osaka Gas i Saibu Gas oraz 11 producentów pomp ciepła natomiast w USA Ministerstwo Energetyki (DOE) USA wdrożyło wraz z przemysłem szeroko zakrojony program badawczo-rozwojowy zasilanych gazem ziemnym gazem absorpcyjnych pomp ciepła nowej generacji (GAX). Również w Europie prowadzone są analogiczne prace badawczo-rozwojowe głównie w Interofex LTD. będącej spółką Gas Natural SDG S.A., Fagor Electrodemesticos Coop SA (Hiszpania), British Gas plc (W.Brytania) i Lennox Industries Ltd. (USA). Niektóre prace badawcze są prowadzone w ramach programu

THERMIE Unii Europejskiej. Propagowanie i rozwój pomp ciepła datuje się jeszcze od 1978 kiedy pod patronatem Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA), działającej w ramach OECD powołano organizację typu non-profit pod nazwą Heat Pump Programme której członkami są Austria, Belgia, Kanada, Dania, Francja, Niemcy, Włochy, Japonia, Meksyk, Holandia, Norwegia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Wielka Brytania i USA. Raporty roczne tej organizacji są dostępne na stronach internetowych [1].

Uczestnictwo agencji rządowych w tych programach związane jest przede wszystkim ze spodziewanymi oszczędnościami energetycznymi oraz ze zwiększeniem udziału energii odnawialnej, wykorzystywanej przez pompy jako dolne źródło ciepła, w krajowych bilansach energetycznych zgodnie z duchem „Porozumienia z Kioto”.

Najbardziej spektakularnym efektem programów badawczych jest opracowanie i wdrożenie do produkcji przemysłowej zasilanych gazem ziemnym absorpcyjnych pomp ciepła o podwójnym obiegu zwanymi typem GAX (generator-absorber heat exchange) charakteryzujących się niezwykle korzystnymi parametrami.

Pompy ciepła bazujące na cyklu wymiany ciepła pomiędzy warnikiem a absorberem zwane pompami GAX (generator-absorber heat exchange) są uważane za przyszłościowe rozwiązanie technologiczne z uwagi na bardzo wysoką sprawność energetyczną wyższą o 40% od istniejących do tej pory konstrukcji, prostą obsługę oraz zastosowanie bezpiecznych dla środowiska czynników chłodniczych. Ministerstwo Energetyki (DOE) USA wdrożyło wraz z przemysłem szeroko zakrojony program badawczo-rozwojowy, którego efektem było stworzenie w Oak Ridge National Laboratory w styczniu 1998 r. działającego prototypu pompy ciepła typu GAX. Schemat działania takiej pompy przedstawia rysunek 3.



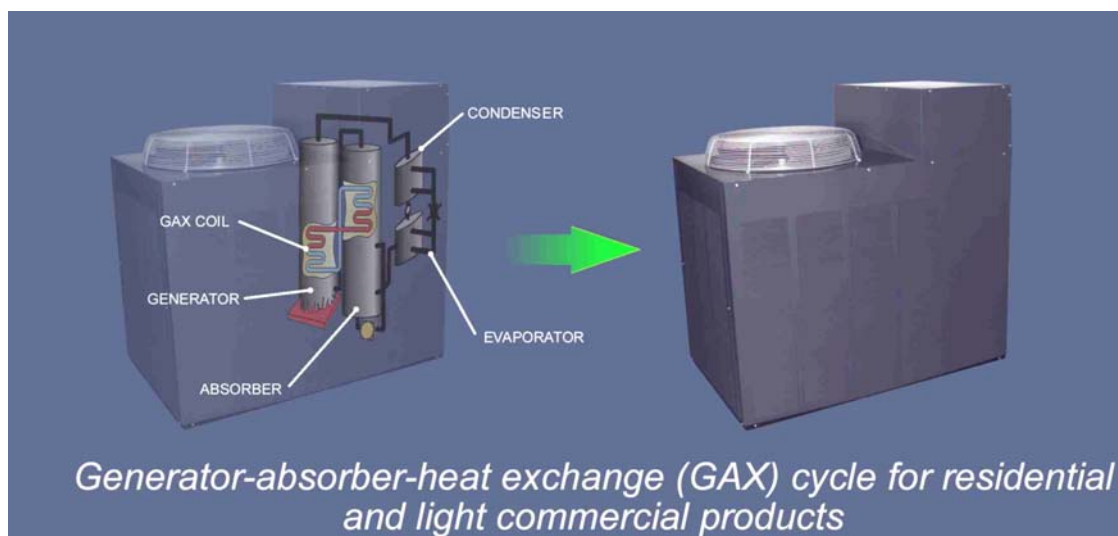
Rysunek 3. Schemat działania pompy ciepła typu GAX zasilanej gazem ziemnym.

Płomień palnika zasilanego gazem ziemnym ogrzewa zbiornik zawierający mieszaninę czynnika chłodniczego i roztworu absorbenta to jest amoniaku i wody.

Czynnik chłodzący (amoniak) odparowuje w temperaturze wrzenia, a ponieważ znajduje się on w przestrzeni zamkniętej podgrzewanie go powoduje wzrost jego ciśnienia. Następnie pary amoniaku o wysokim ciśnieniu są kondensowane w skraplaczu odbierając ciepło z czynnika chłodzącego. Ciekły czynnik chłodzący przemieszcza się do niskociśnieniowego parownika w którym pobiera ciepło z otoczenia (powodując tym samym efekt chłodzenia) i przemienia się w parę tym razem o niskim ciśnieniu i temperaturze.

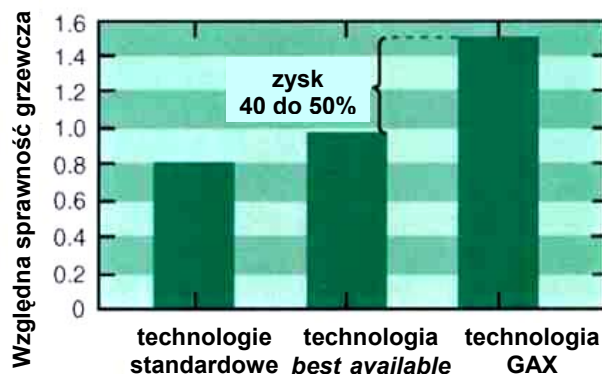
Równocześnie absorbent (woda) z warkana po odparowaniu czynnika chłodzącego przemieszcza się do następnego niskociśnieniowego wymiennika ciepła zwanego absorberem. W absorberze pary czynnika chłodzącego z parownika łączą się z ciekłym absorbentem. Roztworzenie par amoniaku w wodzie jest reakcją wytwarzającą ciepło (egzotermiczną). Ciepło to w celu zwiększenia efektywności procesu GAX jest odbierane i przemieszczane wraz z ciepłem odpadowym z warkana poza układ (efekt grzania) a ochłodzona mieszanina o niskim ciśnieniu jest przepompowywana do warkana zamukając cykl obiegu. [2].

Model pompy badany w Oak Ridge National Laboratory złożony jest z prototypowej jednostki *outdoor* Phillips Engineering połączonej ze standardową jednostką *indoor* firmy Robur/Century.



Rysunek 4. Poglądowe przedstawienie urządzenia klimatyzującego z pompą ciepła typu GAX dla odbiorców indywidualnych

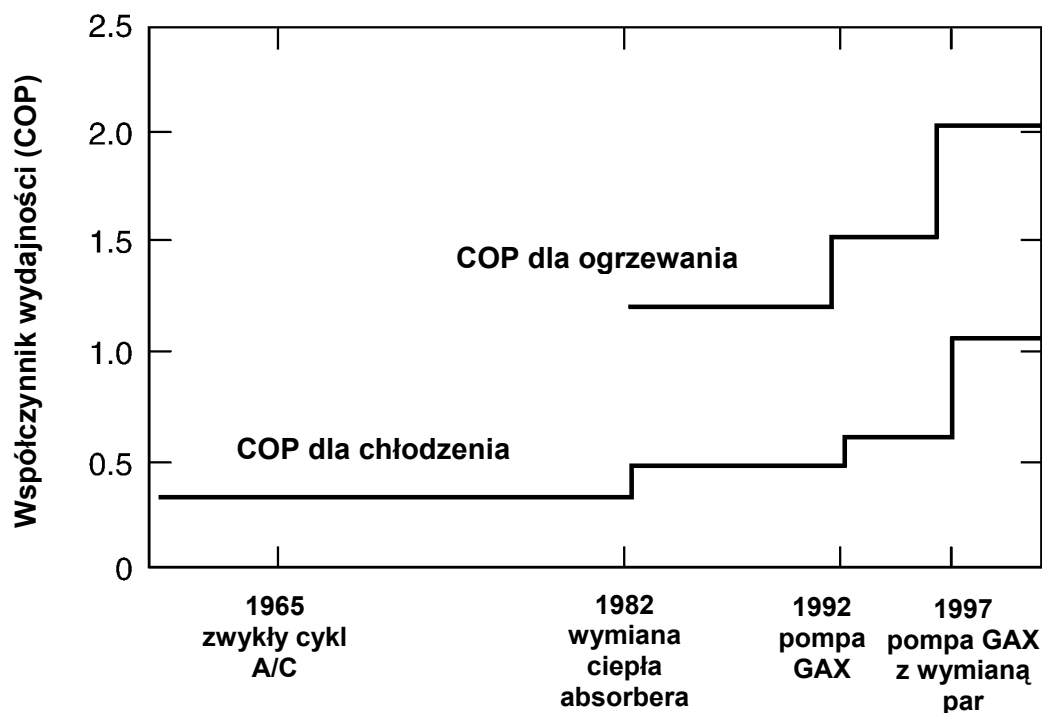
Osiągnięty uzysk ciepła jest nie mniejszy niż 68 000 Btu/h pozwalając dostarczać do wnętrza pomieszczenia powietrze o temperaturze w przedziale 36,6 – 37,2°C oraz uzyskiwać gorącą wodę o temp. 49°C. Dzięki takiej temperaturze uzyskiwanego powietrza, bliskiej temperaturze ciała ludzkiego, odczuwane jest ono jako ciepłe w odróżnieniu od powietrza ogrzewanego przez konwencjonalne pompy ciepła.



Rysunek 5. Porównanie sprawności grzewczej możliwej do osiągnięcia różnymi technologiami

Pompy GAX mają wyjątkowo wysoką sprawność w cyklu ogrzewania a zdecydowanie niższą w cyklu chłodzenia (współczynnik wydajności COP dla ogrzewania gazu jest rzędu 1,5 w 8°C a COP dla chłodzenia gazu ok. 0.7 w 35°C) stąd też w USA uważa się że będą miały one popyt w północnych i środkowych stanach a więc w strefie klimatycznej odpowiadającej strefie położenia geograficznego Polski. [3].

Postęp w pracach na pompami ciepła z napędem gazowym predestynowanych do klimatyzacji jest nieustanny i ma charakter progresywny co ilustruje rysunek 6. publikowany przez Oak Ridge National Laboratory [4]



Rysunek 6. Postęp w rozwoju pomp ciepła

W USA proponowany jest już przez firmę SERVEL wchodzącą w skład ROBUR Corporation typoszereg urządzeń klimatyzacyjnych bazujący na pompach ciepła typu GAX z napędem gazowym przeznaczony dla użytkowników indywidualnych. Działania promocyjne tego nowego rozwiązania technicznego są wspierane przez US Department of Energy, a materiały informacyjne w tym Podręczniki zastosowań, instalacji i operacyjny przydatne dla projektantów są dostępne na stronach internetowych [5]

Proponowane są klimatyzatory o wielkości od 3 do 25 ton mogące mieć zastosowanie tak do zapewnienia komfortu klimatycznego w małych domach jednorodzinnych jak i do celowego przemieszczania ciepła wspomagającego procesy przemysłowe (pralnie, przetwórstwo mas plastycznych, galwanizernie, drukarnie, ciepłarnie, farmacja). Zastosowane przez producenta pojęcie tonażu klimatyzatora nie ma bezpośredniego związku z jego masą natomiast jest związane z szybkością przepływu czynnika grzewczego przez urządzenie zależnością:

$$1T=2,4 \text{ galon/min} \text{ czyli } 1T=9,08 \text{ l/min.}$$

Podstawową jednostką jest model ACF60 5 Ton o zdolności chłodzenia 60 000 BTU/h.



Jego parametry po przeliczeniu z jednostek anglosaskich przedstawiają się następująco:

Nominalna przepustowość w temp. otoczenia 35°C	5 Ton
Znamionowy współczynnik wydajności (COP) w stanie ustalonym	0,62
Rzeczywista wydajność chłodzenia	17,6 kW
Zużycie gazu	28,3 kW
Temperatura wody na powrocie	12,8°C
Temperatura wody na wyjściu	7,2°C
Przepływ wody chłodzącej	3,8 l/min
Zasilanie elektryczne wentylatora, pomp i automatyki ~60Hz, 230V	0,75 kW
Masa urządzenia gotowego do pracy	344,7 kg
Średnica przewodów wodnych wejścia i wyjścia	1"
Średnica zasilającego przewodu gazowego	½"

Jednostka jest wyposażona w automatykę optymalizującą pracę pomp i wentylatora i zabezpieczającą przed błędami obsługi oraz sterującą pracą palnika. Konstrukcja palnika ze wstępną komorą mieszania zapewnia emisję NO_x poniżej 40 ppm. [6]

W Polsce propagowanie rozwiązań klimatyzacji bazujących na nowoczesnych pompach ciepła z napędem gazowym jest bardzo pożądane z uwagi na możliwość przejęcia przez gazownictwo części rynku energetycznego oraz zwiększenie udziału energii odnawialnej, wykorzystywanej przez pompy jako dolne źródło ciepła, w krajowym bilansie energetycznym zgodnie z duchem „Protokołu z Kioto”. W kraju zastosowanie pomp ciepła o napędzie elektrycznym do regulacji temperatury wewnątrz pomieszczeń przemysłowych (chłodnie) i

handlowych (wnętrza supermarketów, sklepów w centrach miast, lokali gastronomicznych i rozrywkowych), jak również obiektów sportowych (baseny i hale) oraz zabytkowych i sakralnych, a także mieszkalnych ma wyraźną tendencję wzrostową. Listy referencyjne producentów i przedstawicieli handlowych jak np. „Se-CeS-Pol” czy "Hibernatus" Sp. z o.o. [7] liczą już po kilkadziesiąt pozycji i stale się powiększają. Spowodowane jest to znaczącymi kosztami czynników energetycznych, których zużycie dzięki zastosowaniu pomp ciepła użytkownicy pragną obniżyć. Nie ma więc przeszkód, aby konsumenci zaaprobowali urządzenia klimatyzacyjne z pompami ciepła o napędzie gazowym, szczególnie jeśli będą one miały niższe koszty eksploatacyjne. Koszty wytworzenia 1 GJ energii z różnego rodzaju paliw w Polsce w 1999r. podaje tabela 1 [8]

Tabela 1. Koszty wytworzenia 1 GJ energii z różnego rodzaju paliw

Rodzaj paliwa	Koszt wytworzenia 1GJ energii pln	Sprawność urządzenia %
En. elektr. 1-taryfa	66,11	100
En. elektr. 2-taryfa	33,05	100
Propan-butan	58,16	90
Lekki olej opałowy	22,19	90
Gaz ziemny	25,96	90
Koks	23,26	73
Węgiel kamienny	22,03	73
Pompa ciepła z nap. elektrycznym	15,68	340

Należy się spodziewać, że z racji wyższej sprawności i niższego kosztu czynnika energetycznego koszt wytworzenia 1 GJ energii dla pompy ciepła typu GAX z napędem gazowym będzie jeszcze niższy niż dla zamieszczonej w tabeli pompy ciepła z napędem elektrycznym.

Literatura

1. <http://www.heatpumpcentre.org/org/home.htm>
2. New Gas-fired Heat Pump Technologies Help Chill Greenhouse Effect, http://www.ornl.gov/ORNLReview/rev28_2/text/gas.htm
3. ORNL's GAX Heat Pump R&D, <http://www.ornl.gov/ORNL/BTC/gax.htm>
4. <http://www.ornl.gov/ORNL/BTC/resabhp.html>
5. <http://www.robur.com/Resources/Resources.html>
6. Absorption Cooling with Chilled Water – Application Manual, <http://www.robur.com/Resources/images/applic.pdf>
7. <http://www.hibernatus.com.pl/polski/indexp.html>
8. W.Kotowski, H.Weber, K.Pacer, 20kW z 6kW!, Energia, styczeń 2000, s.45-47