ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: ELEKTRYKA z. 198 Nr kol. 1709

Andrzej LATKO[1)], Andrzej KANDYBA[1)], Jacek KALINA[2)]
[1)]Katedra Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki
[2)]Instytut Techniki Cieplnej

PROJEKT DEMONSTRACYJNY ŹRÓDŁA CIEPŁA I ENERGII ELEKTRYCZNEJ DLA KOMPLEKSU BUDYNKÓW CZĘŚĆ 1

Streszczenie. W artykule przedstawiono część wyników prac nad projektem budowy skojarzonego źródła ciepła i energii elektrycznej dla zespołu budynków kompleksu edukacyjnego i krytej pływalni. Scharakteryzowano istniejące i projektowane obiekty pod kątem przyszłego doboru źródeł energii. Dane uzyskano na podstawie pomiarów z obiektów rzeczywistych, istniejących. Dla części kompleksu, które były w fazie projektowania (kryta pływalnia), wykorzystano pomiary z podobnego obiektu znajdującego się w eksploatacji. Do określenia zapotrzebowania na ciepło dla obiektów szkolnych wykorzystano znane z literatury cieplne modele bezwymiarowe zmienności obciążenia.

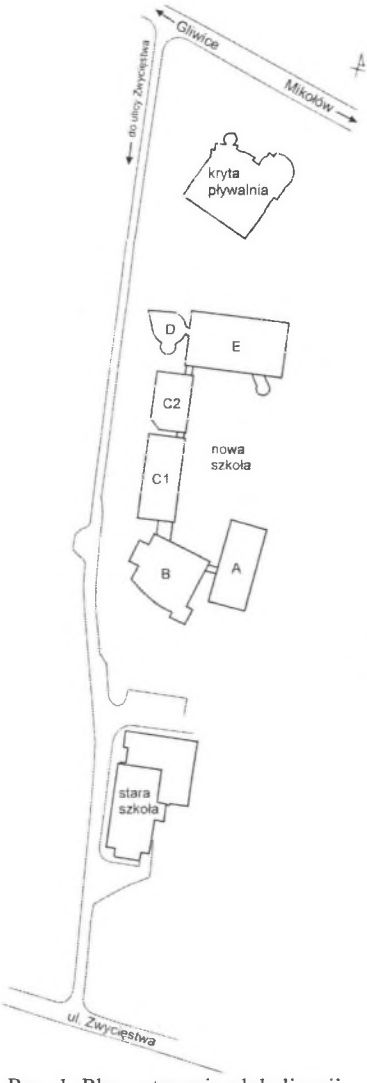
DEMONSTRATION PROJECT OF A SMALL-SCALE HEAT AND POWER PLANT FOR GROUP OF BUILDINGS PART 1

Summary. The paper presents some results of working on a demonstration project of a small-scale heat and power plant for a group of buildings concerning building characteristics. The problem of energy demand analysis, which is the key point of a cogeneration plant sizing procedure, is discussed. The presented data were obtained from on the site measurements. Since the swimming pool was under construction, so in order to obtain data for the energy demand analysis measurements were taken on a similar object. Heat load characteristics for educational buildings shown in the paper are based on literature dimensionless models.

1. WSTĘP

Katedra Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki i Instytut Techniki Cieplnej realizują projekt badawczy zatytułowany: *Współpraca małego, gazowego źródła kogeneracyjnego z lokalnym układem grzewczym i siecią elektroenergetyczną z uwzględnieniem możliwości pracy na wydzielone odbiory elektryczne.* Jest to projekt badawczy współfinansowany ze środków Departamentu Badań Naukowych MEiN w ramach grantu 4 T10B 022 25. Głównym celem realizacji projektu badawczego jest opracowanie metodyki, procedur oraz narzędzi wspomagających projektowanie gazowych układów kogeneracji rozproszonej, rozwiązanie licznych problemów związanych z przyłączaniem

małych układów skojarzonych do sieci energetycznej oraz realizacja instalacji demonstracyjnej. Zakres rzeczowy projektu obejmuje realizację źródła w ciepło i energię elektryczną grupy obiektów zlokalizowanych w miejscowości Paniówki na terenie gminy Gierałtowice. Do grupy tej wchodzą: projektowana kryta pływalnia oraz istniejące budynki kompleksu edukacyjnego, przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Plan sytuacyjny lokalizacji rozpatrywanego kompleksu obiektów
Fig. 1. Site plan of the considered group of buildings

Istniejące obecnie budynki kompleksu to:

- Budynek trzykondygnacyjny (A): sale nauczania początkowego wraz z szatniami i sanitariatami, pomocnicza sala gimnastyczna, natryski, świetlica, pokój nauczycielski z szatnią i sanitariatem, gabinet pomocy naukowych, archiwum i inne pomieszczenia pomocnicze. W budynku zastosowano ogrzewanie grzejnikowe oraz wentylację naturalną. Kubatura budynku: V = 2947 m^3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania i wentylacji: $\dot{Q}$ = 60 780 W. Wskaźnik cieplny: 20,6 W/m^3.
- Budynek podpiwniczony dwukondygnacyjny (B) - aula główna, gabinety dyrekcji oraz nauczycielskie, pomieszczenia socjalne, kuchnia i inne. W tym budynku zlokalizowana jest również kotłownia. Kubatura budynku: V = 3830 m^3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania i wentylacji: $\dot{Q}$ = 42 200 W. Wskaźnik cieplny: 11,02 W/m^3
- Budynki trzykondygnacyjne, niepodpiwniczone (C1,C2) - pracownie (fizyczna, chemiczna, biologiczna), gabinety pomocy naukowych, szatnie, pomieszczenia sanitarne. Kubatura budynku: V = 6018 m^3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania i wentylacji: $\dot{Q}$ = 102 590 W. Wskaźnik cieplny: 17,0 W/m^3
- Budynki niepodpiwniczone, trzykondygnacyjne (D,E) - sala gimnastyczna, czytelnia, pokój nauczycielski, magazyny, pokoje zainteresowań, szatnie, natryski i pomieszczenia WC. Segmenty są połączone z segmentem C2 oraz między sobą za pomocą łączników. Kubatura budynków: V = 8447 m3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania i wentylacji: $\dot{Q}$ = 98 710 W. Wskaźnik cieplny: 11,7 W/m^3.

Wszystkie budynki posiadają instalacje c.o., wod.-kan. i elektryczną.

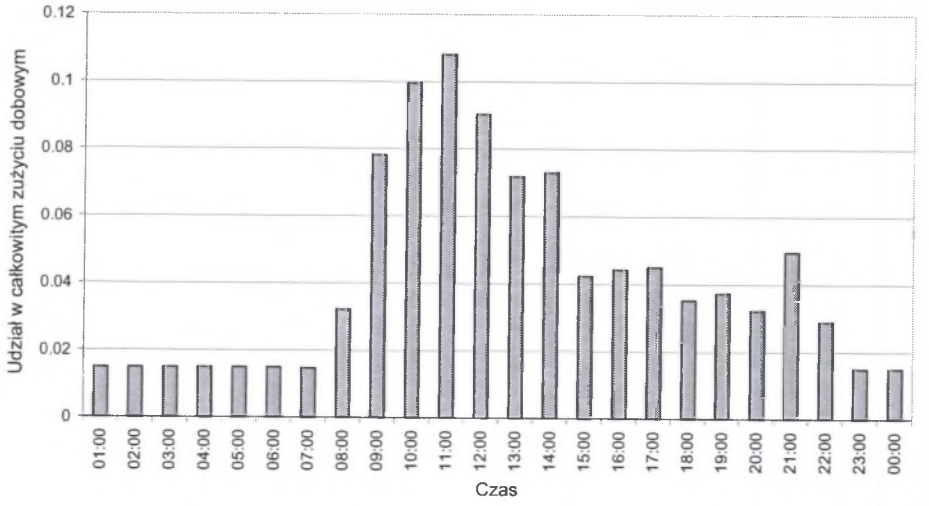
Zaplanowane jest uzupełnienie istniejących obiektów o krytą pływalnię. Przewidywana w projekcie powierzchnia zabudowy wynosi około 1800m^2, powierzchnia całkowita 4300 m^2, natomiast kubatura jest szacowana na około 28 700 m^3, a zapotrzebowanie na ciepło $\dot{Q}$ = 1 043 000 W.

Planowane jest zasilanie przedstawionego kompleksu edukacyjno-rekreacyjnego z różnych źródeł zasilania. Przewiduje się dostawy energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej i z lokalnego własnego źródła kogeneracyjnego. Ciepło będzie dostarczane z lokalnych źródeł: kotły gazowe i źródło kogeneracyjne. W pomieszczeniu istniejącej kotłowni węglowej, która będzie zlikwidowana, zostaną umieszczone lokalne źródła energii. Podstawowymi odbiorami zarówno ciepła, jak i energii elektrycznej dla planowanego źródła kogeneracyjnego są budynek i urządzenia krytej pływalni.

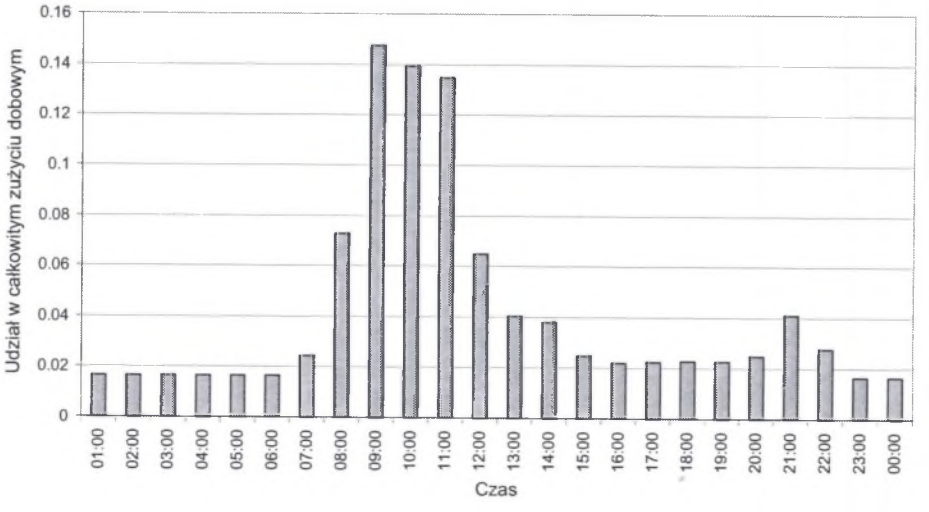
2. CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNE OBIEKTÓW

W celu poprawnego zaprojektowania systemu zasilania wytypowanych obiektów w ciepło i energię elektryczną konieczna jest znajomość nie tylko przewidywanych mocy maksymalnych, ale również zmienności w czasie poszczególnych obciążeń. Znajomość rozkładu obciążeń w czasie pozwoli na optymalny dobór urządzeń, który zapewni minimalne koszty dostaw nośników energii do obiektów. Jak przedstawiono wcześniej z planowanego źródła ciepła i energii elektrycznej zasilanych będzie kilka odbiorów o różnej charakterystyce zużycia nośników energii. Odbiorami tymi są: nowa szkoła, kuchnia, kotłownia, stara szkoła, kryta pływalnia –ogrzewanie, kryta pływalnia – technologia, oczyszczalnia ścieków. Podkreślić należy, że maksymalne zapotrzebowanie mocy elektrycznej i cieplnej nie stanowi wprost sumy maksymalnych potrzeb poszczególnych odbiorów. Wynika to z przesunięć w czasie okresów maksymalnego wykorzystania poszczególnych obiektów. Każdy z przedstawionych odbiorów ma odrębną charakterystykę poboru nośników energii w postaci godzinowych, dobowych i sezonowych zmian wymaganej mocy. Dopiero po zsumowaniu mocy występujących na poszczególnych wykresach zmienności obciążeń w danej chwili można określić sumaryczne obciążenie systemu wytwórczego, jak również oszacować rzeczywiste moce maksymalne. Wynika stąd konieczność przeprowadzenia kompleksowej analizy dla wszystkich obiektów. Problemem było oszacowanie zmienności w czasie zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną dla krytej pływalni, ponieważ obiekt ten jeszcze nie istnieje i jest obecnie w fazie projektów. Natomiast w istniejących budynkach szkół nie jest prowadzony monitoring zużycia energii. Stąd też w celu oceny zmienności w czasie zapotrzebowania mocy cieplnej i elektrycznej posłużono się następującymi technikami:

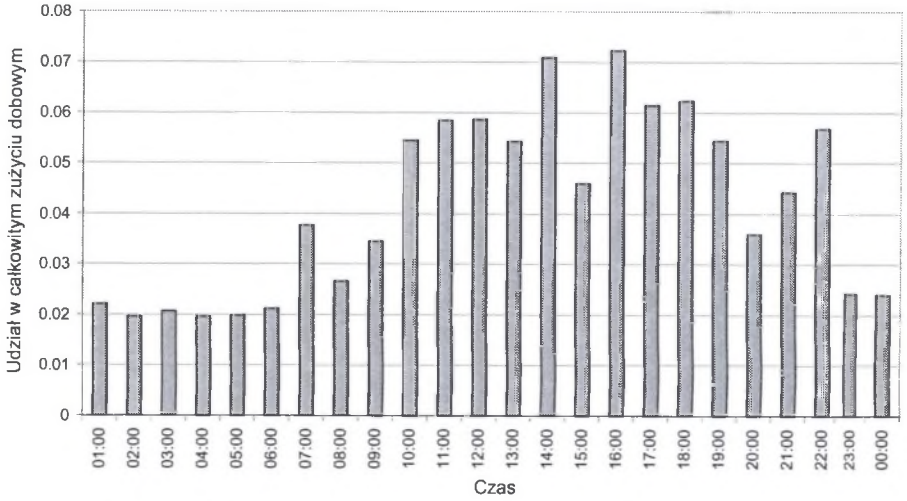
- odczyty liczników energii elektrycznej w budynku nowej szkoły co 1 h,
- zmienność zużycia ciepła oraz roczne zużycie ciepła w budynkach szkolnych oszacowano na podstawie danych konstrukcyjnych oraz danych o zmienności temperatury zewnętrznej w miejscu lokalizacji obiektu,
- weryfikacji oszacowanego zużycia ciepła w budynkach szkół dokonano na podstawie analizy ilości spalonego paliwa i analizy sposobu pracy kotłowni węglowej,
- do oceny dobowej zmienności obciążenia cieplnego przyjęto z literatury bezwymiarowe wykresy modelowe opracowane dla budynków szkół,
- maksymalne zapotrzebowanie ciepła i energii elektrycznej na potrzeby krytej pływalni przyjęto na podstawie danych projektowych,
- w celu oceny rzeczywistej zmienności obciążeń przeprowadzono pomiary na wybranym podobnym obiekcie.



Rys. 2. Dobowe obciążenie na podstawie licznika en. elektrycznej „szkoła" – model bezwymiarowy
Fig. 2. Daily load based on energy meter „school" – dimensionless model

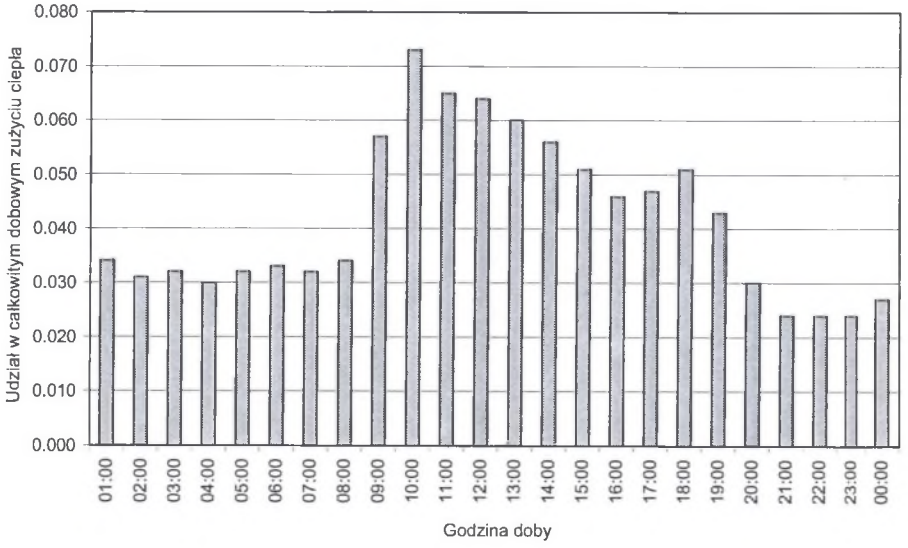


Rys. 3. Dobowe obciążenie na podstawie licznika en. elektrycznej „kuchnia" – model bezwymiarowy
Fig. 3. Daily load based on energy meter „kitchen" – dimensionless model



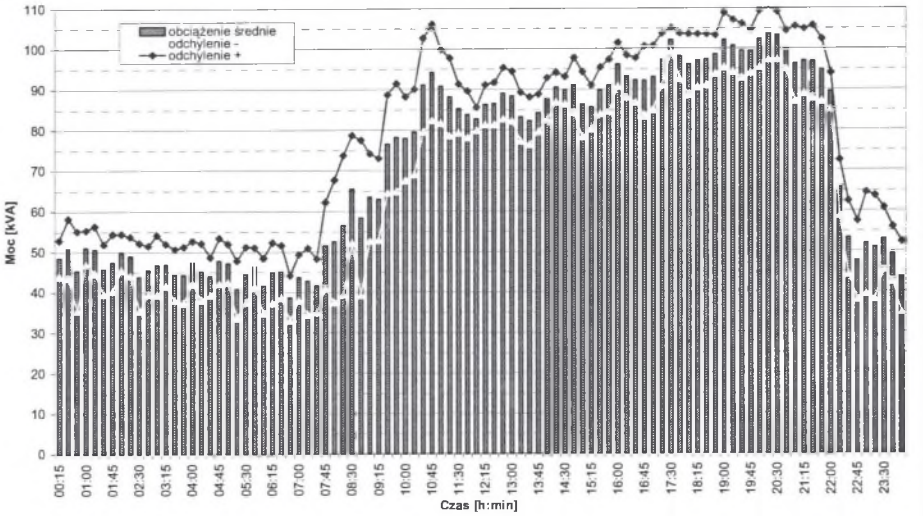
Rys. 4. Dobowe obciążenie na podstawie licznika en. elektrycznej „kotłownia" – model bezwymiarowy

Fig. 4. Daily load based on energy meter „boiler-room" – dimensionless model



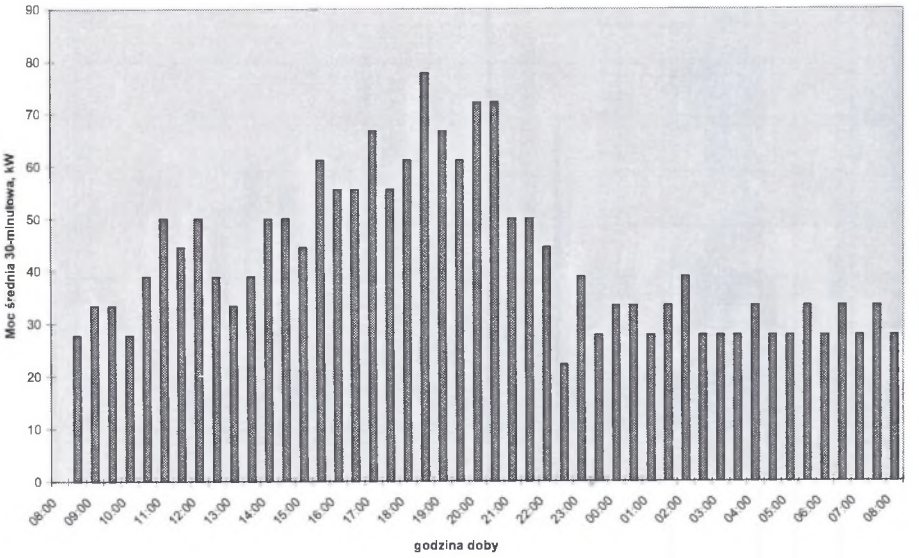
Rys. 5. Dobowe zapotrzebowania ciepła w układzie godzinowym (model literaturowy dla obiektów szkolnych)

Fig. 5. Daily demand for heat energy - hourly (literature based model for school buildings)



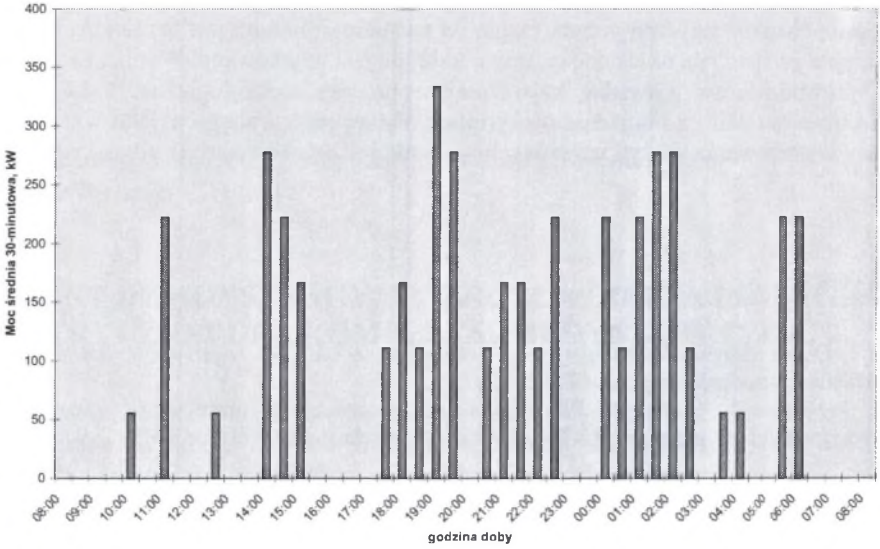
Rys. 6. Uśredniony dobowy przebieg obciążenia elektrycznego dla krytej pływalni (wytypowany obiekt odniesienia)

Fig. 6. Averaged, daily waveform of electrical load for swimming pool (chosen reference object)



Rys. 7. Wykres dobowej zmienności poboru mocy cieplnej do c.o., c.w.u. i wentylacji (wytypowany obiekt odniesienia)

Fig. 7. Daily waveform of heat power for central heating, hot water and ventilation (chosen reference object)



Rys. 8. Wykres dobowej zmienności poboru mocy cieplnej do technologii basenu (wytypowany obiekt odniesienia)
Fig. 8. Daily waveform of heat power for swimming pool technology (chosen reference object)

3. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono wyniki prac nad projektem budowy skojarzonego źródła ciepła i energii elektrycznej dla zespołu budynków kompleksu edukacyjnego i krytej pływalni. Scharakteryzowano istniejące i projektowane obiekty pod kątem przyszłego doboru źródeł energii.

Pomiary zużycia energii elektrycznej w szkołach wykazały, że zdecydowanie wyższe obciążenie występuje w sezonie grzewczym. Na przebiegach dobowych wykresów obciążenia w sezonie grzewczym występują wyraźne szczyty poborów godzinach: 9 ÷ 13. Im bliżej końca sezonu grzewczego, tym bardziej zanika regularność przebiegów zmienności obciążenia. Zmierzone elektryczne moce szczytowe w sezonie grzewczym mieściły się w przedziale (70 ÷ 100) kW. Najwyższy udział w obciążeniu elektrycznym ma kotłownia, co w dużym stopniu spowodowane jest z pracą elektrycznego kotła ciepłej wody użytkowej. Poza sezonem grzewczym obciążenie elektryczne poniżej 10 kW, po odjęciu udziału kotłowni (udział kotłowni w całkowitym obciążeniu wynosi powyżej 0,8).

Pomiary na wybranej podobnej do projektowanej krytej pływalni pokazały, że przebieg wykresów dobowej zmienności zapotrzebowania ciepła jest silnie zależny od pory roku i pracy układu technologicznego. Zasilanie obiektu z sieci zewnętrznej czynnikiem o stosunkowo wysokich parametrach pozwoliło na dobór dużych mocy wymienników, przez co praca układu ma wyraźnie charakter okresowy. Wynika to z faktu, że basen jest obiektem o stosunkowo dużej bezwładności cieplnej, stąd też do utrzymania stałej temperatury wody nie jest konieczne ciągłe jej podgrzewanie. Przy dużej mocy wymienników możliwe jest stosunkowo szybkie dogrzanie wody w chwilach, gdy jest to wymagane. Szczególnie w okresie poza sezonem

grzewczym da się zaobserwować przedziały czasu, w których ciepło nie jest wcale zużywane. Istotną cechą charakterystyczną poboru ciepła do technologii basenu jest to, że znaczny udział zużycia ciepła przypada na okres nocny, gdy obiekt nie jest użytkowany. Wynika to z faktu, że w nocy prowadzone są wszystkie najważniejsze procesy technologiczne. Taki charakter rozbioru ciepła pozwoli na obniżenie mocy maksymalnej planowanego układu wytwórczego, gdyż czasy występowania mocy szczytowych w szkole i w obiekcie basenu nie pokrywają się.

LITERATURA

1. Skorek J: *Ocena efektywności energetycznej i ekonomicznej układów kogeneracyjnych małej mocy.* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
2. Skorek J., Kalina J., Kostowski W.: *Techniczne, ekologiczne i ekonomiczne uwarunkowania kogeneracji w układach gazowych.* ZN Pol.Śl. seria Energetyka z. 139, Gliwice 2003.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 4 T10B 022 25 finansowanego ze środków Ministerstwo Edukacji i Nauki. Autorzy wyrażają podziękowania za dofinansowanie badań.

Wpłynęło do Redakcji dnia 2 grudnia 2005 r.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Skoczkowski