

# DOBÓR OPTYMALNEJ MOCY GRZEWCZEJ SPRĘŻARKOWEJ POMPY CIEPŁA TYPU POWIETRZE - WODA (P-W) DO OGRZEWANIA WOLNOSTOJĄCEGO BUDYNKU MIESZKALNEGO

Adam KONISZEWSKI

Zenon BONCA

KATEDRA TECHNIKI CIEPLNEJ PG

mgr inż. Piotr JASIUKIEWICZ

Buderus Gdańsk



Dobór optymalnej mocy grzewczej SPC typu P-W rozważany jest dla budynku mieszkalnego (rys. 1), którego szczytowe zapotrzebowanie na moc grzewczą wynosi **8,046 kW**, natomiast roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania pomieszczeń **19710 kWh/rok**.

Charakterystyka ogólna budynku:

- kubatura:  $660 \text{ m}^3$
- pow. użytkowa:  $140 \text{ m}^2$
- pow. zabudowy:  $98,9 \text{ m}^2$

Lokalizacja (rys. 2)

Miasto: *Miastko*  
Gmina: *Miastko*  
Województwo: *Pomorskie*  
Powiat: *Bytów*  
Strefa klimatyczna: *I* (rys. 2)

## 1. ZAPOTRZEBOWANIE NA MOC GRZEWCZĄ ANALIZOWANEGO BUDYNKU NA WYKRESIE UPORZĄDKOWANYM

Zapotrzebowanie na moc grzewczą dla analizowanego budynku jest zmienne i zależy ono od temperatury zewnętrznej. Zmianę tej temperatury można wyrazić za pomocą wykresu uporządkowanego (rys. 3). Wyznaczonej krzywej można przypisać funkcję zmiany temperatury zewnętrznej od czasu  $T_z(t)$ , którą opisuje zależność (1) wg [1].

$$T_z(t) = T_{pg} - (T_{pg} - T_{zmin}) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{t}{t_z}} + \left(\frac{t}{t_z}\right)^2 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{t}{t_z}}\right) \right] \quad (1)$$

gdzie:

$T_z(t)$  - chwilowa temperatura wewnętrzna w  $[\text{°C}]$ ,  $T_{zmin}$  - minimalna temperatura zewnętrzna dla strefy I w  $[\text{°C}]$ ,  $T_{pg}$  - temperatura początku sezonu grzewczego ( $=12\text{°C}$ ) w  $[\text{°C}]$ ,  $T_z$  - czas trwania sezonu grzewczego ( $5400 \text{ godz.} = 225 \text{ dni}$ ) w  $[\text{godz.}]$ ,  $t$  - czas od 0 do 5400 w  $[\text{godz.}]$ .

Znając zmianę tej temperatury w czasie  $T_z(t)$  można wyznaczyć zmienne zapotrzebowanie na moc grzewczą budynku  $Q_g(t)$ , które przedstawia rysunek 4. Zmianę tę wyznaczono na podstawie zależności (2), [1]. Wynika stąd, że zapotrzebowanie na moc szczytową analizowanego budynku występuje jedynie przez kilka dni w roku (w pozostałym okresie obciążenie to jest mniejsze). W związku z tym nie opłaca się dobierać sprężarkowej pompy ciepła (SPC) na 100% zapotrzebowanie na moc grzewczą budynku, co jest uzasadnione ekonomicznie, ponieważ przez znaczną część czasu pracy będzie ona przewymiarowana.

$$Q_g(t) = Q_{gmax} \cdot \frac{T_w - T_z(t)}{T_w - T_{zmin}} \quad [\text{kW}] \quad (2)$$

gdzie:

$Q_g(t)$  - chwilowe zapotrzebowanie ciepła dla analizowanego budynku w sezonie grzewczym w zależności od czasu w  $[\text{kW}]$ ,  $Q_{gmax}$  - max. zapotrzebowanie budynku na cele grzewcze w  $[\text{kW}]$ ,  $T_w$  - temperatura wewnętrzna ogrzewanego pomieszczenia w  $[\text{°C}]$ ,  $T_{zmin}$  - minimalna temperatura zewnętrzna dla strefy I w  $[\text{°C}]$ ,  $T_z(t)$  - chwilowa temperatura zewnętrzna w  $[\text{°C}]$ .

## 2. CHARAKTERYSTYKI SPC TYPU POWIETRZE-WODA (P-W) PODDANE OCENIE EKONOMICZNEJ OPŁACALNOŚCI STOSOWANIA DLA ANALIZOWANEGO OBIEKTU (TABELA 1)

Przedstawiona w tabeli 1 charakterystyka SPC typu P-W podana jest dla określonej temperatury źródła dolnego (powietrze atmosferyczne) wg EN 14511 [3]. Należy zauważyć, że podane tam parametry zmieniają się znacznie wraz ze spadkiem bądź wzrostem temperatury tego źródła. Na rysunku 5 pokazano zależność mocy grzewczej, natomiast na rysunku 6 współczynnika wydajności grzewczej (COP) od temperatury źródła dolnego (powietrze atmosferyczne) dla temperatury źródła górnego wynoszącej  $35\text{°C}$ .

Tabela 1 Charakterystyka techniczna typu szeregu sprężarkowych pomp ciepła typu P-W [2]

Model SPC Logatherm	WPL 6A	WPL 8A	WPL10A
Koszt zakupu SPC Logatherm netto w [zł]	19508	20222	22999
Wydajność grzewcza / moc napędowa SPC przy parametrach +7/35 w [kW]	5,5/1,4	7,2/2,0	8,9/2,3
Wydajność grzewcza / moc napędowa SPC przy parametrach +7/45 w [kW]	5,1/1,7	7,0/2,4	8,6/2,8
Znamionowy przepływ wody ogrzewanej w [l/s]	0,19	0,29	0,34
Wewnętrzny spadek ciśnienia wody ogrzewanej w [kPa]	5	6	7
Strumień przepływu powietrza w [m <sup>3</sup> /h]	2200	2200	2200
Pobór prądu przez sprężarkę w [A]	0,44	0,44	0,44
Rodzaj sprężarki	spiralna	spiralna	spiralna
Max temperatura na zasilaniu w [°C]	65	65	65
Masa czynnika chłodniczego w [kg]	3,8	3,8	3,8
System odmrażania	Gorącymi parami czynnika	Gorącymi parami czynnika	Gorącymi parami czynnika
Wymiary w [mm]	820x640x1190	820x640x1190	820x640x1190
Ciężar w [kg]	140	145	155

Tabela 2 Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie biwalentnym monoenergetycznym – taryfa G 11

Nr	1	2	3
Model SPC Logatherm	WPL 6A	WPL 8A	WPL10A
Cena SPC netto w [zł]	19508	20222	22999
Zapotrzebowanie obiektu na moc cieplną w [kWh/rok]	19710	19710	19710
Energia grzewcza uzyskana ze SPC w [kWh/rok]	16500	18330	18860
Energia grzewcza pozyskana z powietrza w [kWh/rok]	11251,4	12170,0	12705,2
Energia elektryczna do napędu sprężarki SPC w [kWh]	5248,6	6160,0	6154,8
Czas pracy sprężarki SPC w [h]	3749	3080	2676
Moc sprężarki SPC w [kW]	1,4	2	2,3
St., wykorzystania energii SPC w [%]	69,4	57	49,5
Energia z dodatkowego źródła ciepła w [kWh]	3210	1380	850
Średnie COP w [-]	3,1	3,0	3,1
Udział SPC w [%]	83,7	93,0	95,7
Udział grzałki elektrycznej w [%]	16,3	7,0	4,3
Cena energii elektrycznej syczeń 2009 - taryfa G11	0,45		
Koszt 1 kWh z SPC	0,143	0,151	0,147
Koszt brutto zużytej energii elektrycznej przez SPC w [zł]	2361,9	2772,0	2769,7
Koszt brutto zużytej energii elektrycznej przez źródło szczytowe w [zł]	1444,5	621,0	382,5
Suma kosztów w [zł]	3806,4	3393,0	3152,2

### 3. ANALIZA EKONOMICZNA

Analiza ekonomiczna dotyczy porównania kosztów eksploatacji wymienionych w punkcie 2 pomp ciepła pracujących w różnej konfiguracji. Na rysunku 7 naniesiono charakterystyki wydajności grzewczej SPC ( $Q_{SPC}(t)$ ) na charakterystykę obciążenia cieplnego budynku  $Q_g(t)$ . Punkty przecięcia krzywych odpowiadają temperaturze **biwalentnej**  $T_b$  i są to punkty przełączania pracy SPC.

- **praca SPC w systemie biwalentnym monoenergetycznym – taryfa G 11**

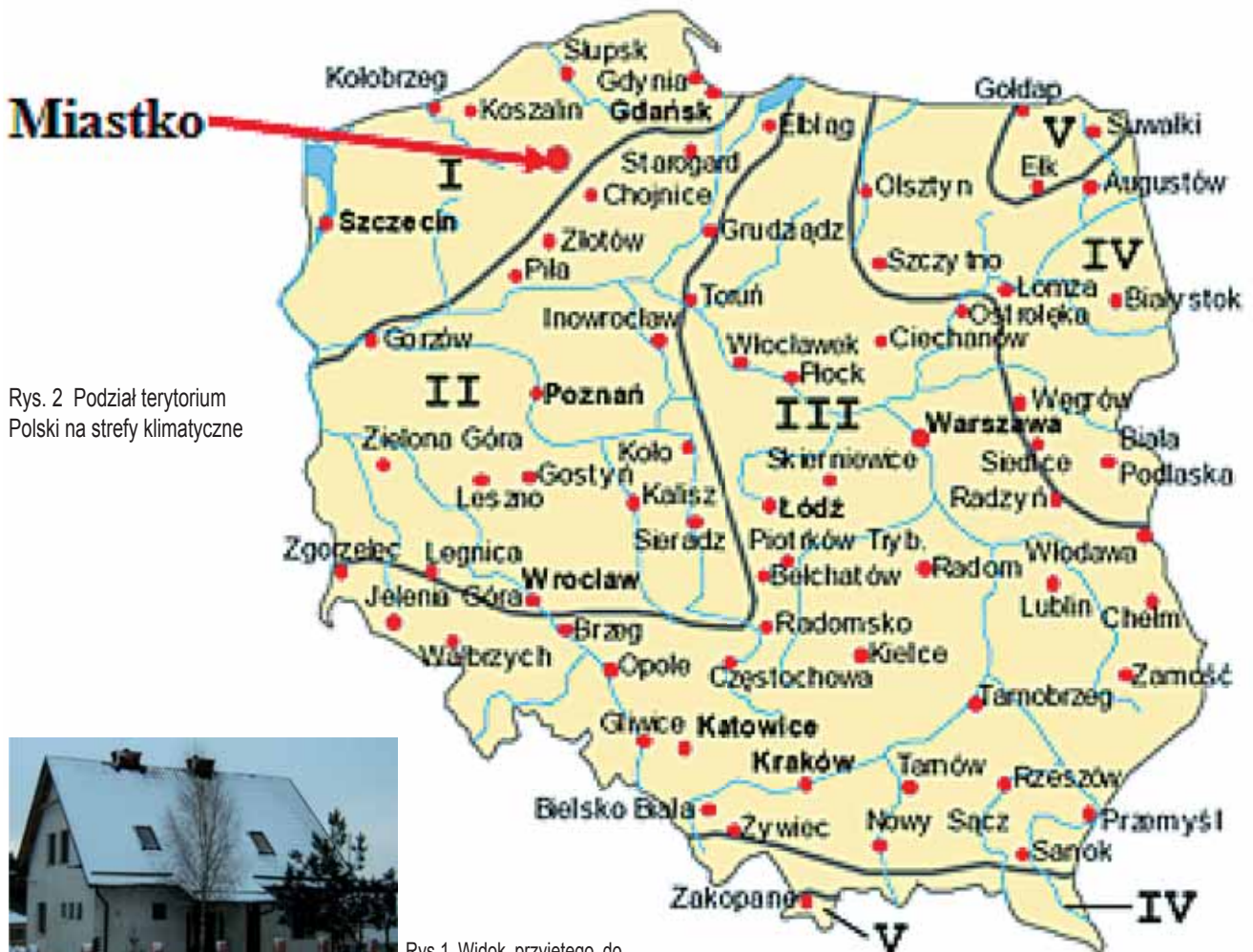
Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie biwalentnym monoenergetycznym została przedstawiona w tabeli 2 z wykorzystaniem wykresu uporządkowanego (rys. 3). Pompa ciepła pracuje w taryfie całodobowej G 11. Cena energii elektrycznej została wyznaczona na podstawie kalkulatora zużycia tej energii [4] dla regionu, gdzie znajduje się analizowany obiekt.

- **praca SPC w systemie biwalentnym monoenergetycznym – taryfa G 12**

Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie biwalentnym monoenergetycznym została przedstawiona w tabeli 3 również z wykorzystaniem wykresu uporządkowanego. Pompa ciepła pracuje w taryfie dwustrefowej G 12. Średnia cena energii elektrycznej została wyznaczona na podstawie kalkulatora zużycia tej energii [4] dla regionu, gdzie znajduje się analizowany obiekt.

- **praca SPC w systemie biwalentnym alternatywnym**

Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie biwalentnym alternatywnym została przedstawiona w tabeli 4, jak uprzednio z wykorzystaniem wykresu uporządkowanego. Pompa ciepła w tym systemie pracuje do punktu biwalentnego w taryfie całodobowej G 12 i następnie wyłącza się, a dalsze zapotrzebowanie na moc grzewczą pokrywa źródło szczytowe. Źródłem szczytowym jest piec na paliwo stałe, który obecnie znajduje się



Rys. 2 Podział terytorium Polski na strefy klimatyczne



Rys.1 Widok przyjętego do analizy budynku

w analizowanym budynku. Paliwem stałym jest eko-groszek o wartości opalowej 25 MJ/kg [5]. Koszt uzyskania w nim 1 kWh energii szacuje się na 0,17 zł przy założeniu, że eko-groszek kosztuje 700 zł/tona, a sprawność pieca wynosi 60%.

**Przykład obliczeniowy do tabeli 3 dla pompy ciepła WPL 6A**

1. Zapotrzebowanie obiektu na moc ciepłą budynku (rys. 8)

Pole powierzchni pod krzywą obciążenia cieplnego  $Q_g(t)$  analizowanego budynku jest zapotrzebowaniem energii grzewczej tego budynku wyznaczonym na podstawie zależności (3).

$$Q_{RSP} = Q_{g\max} \int_0^{t_z} \frac{T_w - T_z(t)}{T_w - T_{z\min}} dt \quad [kWh] \quad (3)$$

gdzie:  
 $Q_{RSPC}$  - zapotrzebowanie analizowanego budynku na energię grzewczą wyznaczone przy pomocy wykresu uporządkowanego,  $t_z$  - czas trwania sezonu grzewczego (5400 godz. = 225 dni) w [godz.].

$$Q_{RSPC} = 8,046 \int_0^{5400} \frac{20 - T_z(t)}{20 - T_{z\min}} dt = 19710 \text{ kWh}$$

2. Energia grzewcza uzyskana z pompy ciepła  $Q_{RSPC6}$  w [kWh] wg (rys. 9)

Energia grzewcza uzyskana z pompy ciepła jest sumą pola powierzchni pod krzywą jej mocy grzewczej  $Q_{RSPC6}(t)$  liczoną od 0 do punktu biwalentnego (pole oznaczone kolorem niebieskim) i powierzchni pod krzywą obciążenia cieplnego analizowanego budynku  $Q_g(t)$  liczonej od punktu biwalentnego do  $t_z$

(pole oznaczone kolorem szarym) wg zależności (4).

$$Q_{RSPC} = \int_0^{t_b} Q_{SPC}(t) dt + Q_{g\max} \int_{t_b}^{t_z} \frac{T_w - T_z(t)}{T_w - T_{z\min}} dt \quad [kWh] \quad (4)$$

gdzie:  
 $Q_{RSPC6}(t)$  - funkcja liniowa krzywej mocy grzewczej SPC w [kWh],  $t_b$  - czas przypadający na punkt biwalentny w [godz.].

$$Q_{RSPC6} = \int_0^{1980} 2,5 + 7,03 \cdot 10^{-4} t dt + 8,046 \int_{1980}^{5400} \frac{20 - T_z(t)}{20 - T_{z\min}} dt = 16500 \text{ kWh}$$

3. Energia z dodatkowego źródła ciepła  $Q_{DZ}$  w [kWh] wg (rys. 9)

$$Q_{DZ} = Q_{RSPC} - Q_{RSPC6} \quad [kWh] \quad (8)$$

$$Q_{DZ} = 19710 - 16500 = 3210 \text{ kWh}$$



Tabela 3 Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie bivalentnym monoenergetycznym - taryfa G 12

Nr	1	2	3
Model SPC Logatherm	<b>WPL 6A</b>	<b>WPL 8A</b>	<b>WPL10A</b>
Cena netto SPC w [zł]	19508	20222	22999
Zapotrzebowanie obiektu na moc grzewczą w [kWh/rok]	19710	19710	19710
Energia grzewcza uzyskana ze SPC w [kWh/rok]	16500	18330	18860
Energia grzewcza pozyskana z powietrza [kWh/rok]	11251,4	12170,0	12705,2
Energia elektryczna do napędu sprężarki SPC w [kWh]	5248,6	6160,0	6154,8
Czas pracy sprężarki SPC w [h]	3749	3080	2676
Moc sprężarki SPC w [kW]	1,4	2	2,3
Stopień wykorzystania energii SPC w [%]	69,4	57	49,5
Energia z dodatkowego źródła ciepła w [kWh]	3210	1380	850
Średnie COP w [-]	3,1	3,0	3,1
Udział SPC w [%]	83,7	93,0	95,7
Udział grzałki elektrycznej w [%]	16,3	7,0	4,3
Średnia cena energii elektrycznej syczeń 2009 - taryfa G12	0,41		
Koszt 1 kWh z SPC	0,130	0,138	0,134
Koszt brutto zużytej energii elektrycznej przez SPC [zł]	2151,9	2525,6	2523,5
Koszt brutto zużytej energii elektrycznej przez źródło szczytowe w [zł]	1316,1	565,8	348,5
Suma kosztów w [zł]	<b>3468,0</b>	<b>3091,4</b>	<b>2872,0</b>

4. Udział SPC w zapotrzebowaniu na moc grzewczą analizowanego budynku  $U_{SPC6}$  w [%]

$$U_{SPC6} = \frac{Q_{RSPC6} \cdot 100}{Q_{RSPC}} \quad [\%] \quad (9)$$

$$U_{SPC6} = \frac{16500 \cdot 100}{19710} = 83,7 \%$$

5. Udział dodatkowego źródła ciepła w zapotrzebowaniu na moc grzewczą analizowanego budynku  $U_{DZ}$  w [%]

$$U_{DZ} = \frac{Q_{DZ} \cdot 100}{Q_{RSPC}} \quad [\%] \quad (10)$$

$$U_{DZ} = \frac{3210 \cdot 100}{19710} = 16,3 \%$$

6. Stopień wykorzystania SPC w zapotrzebowaniu na moc grzewczą analizowanego budynku  $St_{wSPC6}$  w [%]

$$St_{wSPC6} = \frac{Q_{RSPC6} \cdot 100}{Energia\_SPC6} \quad [\%] \quad (11)$$

gdzie:

$Energia\_SPC6$  - wydajność cieplna możliwa do uzyskania z pompy ciepła w [kWh] obliczona wg wzoru (1.12):

$$Energia\_SPC6 = \int_0^{t_z} Q_{SPC6}(t) dt \quad [kWh] \quad (12)$$

$$Energia\_SPC6 = \int_0^{5400} 2,5 + 7,03dt = 23760 \text{ kWh}$$

$$St_{wSPC6} = \frac{16500 \cdot 100}{23760} = 69,4 \%$$

7. Czas pracy sprężarkowej pompy ciepła  $\tau_{pSPC6}$  w [godz]

Czas pracy pompy ciepła został wyznaczony na podstawie stopnia jej wykorzystania w sezonie grzewczym

$$\tau_{pSPC6} = \frac{t_z \cdot St_{wSPC6}}{100} \quad [\text{godz}] \quad (13)$$

$$\tau_{pSPC6} = \frac{5400 \cdot 69,4}{100} = 3749 \text{ godz}$$

8. Energia elektryczna do napędu sprężarki pompy ciepła  $E_{ESPC6}$  w [kWh]

$$E_{ESPC6} = \tau_{pSPC6} \cdot P_{SPC6} \quad [kWh] \quad (14)$$

gdzie:

$P_{SPC6}$  - moc sprężarki SPC6 w [kW].

$$E_{ESPC6} = 3749 \cdot 1,4 = 5248,6 \text{ kWh}$$

9. Energia grzewcza pozyskana z odnawialnego źródła energii (powietrze atmosferyczne)  $E_{OZE}$  w [kWh]

$$E_{OZE} = Q_{RSPC6} - E_{ESPC6} \quad [kWh] \quad (15)$$

$$E_{OZE} = 16500 - 5248,6 = 11251,4 \text{ kWh}$$

10. Średni współczynnik COP pompy ciepła

$$COP = \frac{Q_{RSPC6}}{E_{ESPC6}} \quad [-] \quad (16)$$

$$COP = \frac{16500}{5248,6} = 3,1$$

11. Koszt napędu pompy ciepła  $K_{SPC6}$  w [zł]

$$K_{SPC6} = E_{ESPC6} \cdot K_{ElekG12} \quad \text{w [zł]} \quad (17)$$

gdzie:

$K_{ElekG12}$  - średni koszt brutto pozyskania 1 kWh w taryfie dwustrefowej G12 w [zł].

$$K_{SPC6} = 5248,6 \cdot 0,41 = 2151,9 \text{ zł}$$

12. Koszt dodatkowego źródła energii (grzałka elektryczna)  $K_{DZSPC6}$  w [zł]

$$K_{DZSPC6} = Q_{DZ} \cdot K_{ElekG12} \quad [\text{zł}] \quad (18)$$

$$K_{DZSPC6} = 3210 \cdot 0,41 = 1316 \text{ zł}$$

13. Suma kosztów poniesionych przez użytkownika pompy ciepła w ciągu roku  $K_{RSPC6}$  w [zł]

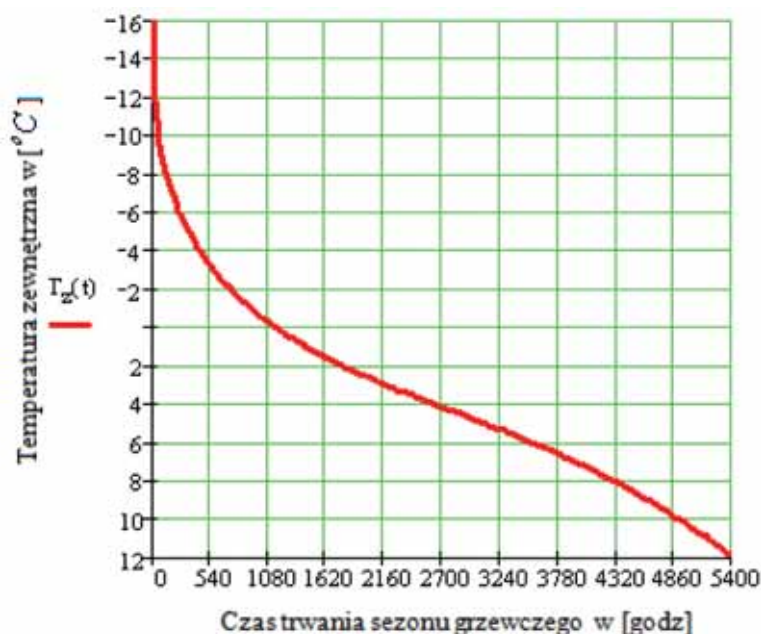
$$K_{RSPC6} = K_{SPC6} + K_{DZSPC6} \quad [\text{zł}] \quad (19)$$

$$K_{RSPC6} = 2151,9 + 1316 = 3468 \text{ zł}$$

• porównanie wyników obliczeń otrzymanych za pomocą wy-

Tabela 4 Ocena techniczno-ekonomiczna pracy SPC w systemie biwalentnym alternatywnym - praca SPC w taryfie G 12. Źródło szczytowe - piec na paliwo stałe (eko-groszek)

Nr	1	2	3
Model SPC Logatherm	<b>WPL 6A</b>	<b>WPL 8A</b>	<b>WPL 10A</b>
Cena SPC netto w [zł]	19508	20222	22999
Zapotrzebowanie obiektu na moc grzewczą w [kWh/rok]	19710	19710	19710
Energia grzewcza uzyskana ze SPC w [kWh/rok]	10170	13930	15630
Energia grzewcza pozyskana z powietrza [kWh/rok]	7377,0	9590,0	10800,0
Energia elektryczna do napędu sprężarki SPC w [kWh]	2793,0	4340,0	4830,0
Czas pracy sprężarki SPC w [h]	1995	2170	2100
Moc sprężarki SPC w [kW]	1,4	2	2,3
St., wykorzystania energii SPC w [%]	58	50,2	44,8
Energia z dodatkowego źródła ciepła w [kWh]	9540	5780	4080
Średnie COP w [-]	3,6	3,2	3,2
Udział SPC w [%]	51,6	70,7	79,3
Udział dodatkowego źródła ciepła w [%]	48,4	29,3	20,7
Cena energii elektrycznej syczeń 2009	0,41		
Koszt 1 kWh z SPC	0,113	0,128	0,127
Ilość dni grzania przez źródłoszczytowe w [dni]	82,5	45	30
Koszt brutto zużytej energii elektrycznej przez SPC w [zł]	1145,1	1779,4	1980,3
Koszt brutto zużytej energii przez źródło szczytowe w [zł]	1621,8	982,6	693,6
Suma kosztów w [zł]	<b>2766,9</b>	<b>2762,0</b>	<b>2673,9</b>
Szacunkowy koszt zużycia 1kWh przez źródło szczytowe w [zł]	0,17		
Szacunkowy koszt pracy źródła szczytowego na 100 % zapotrzebowania w [zł]	<b>3350,7</b>		



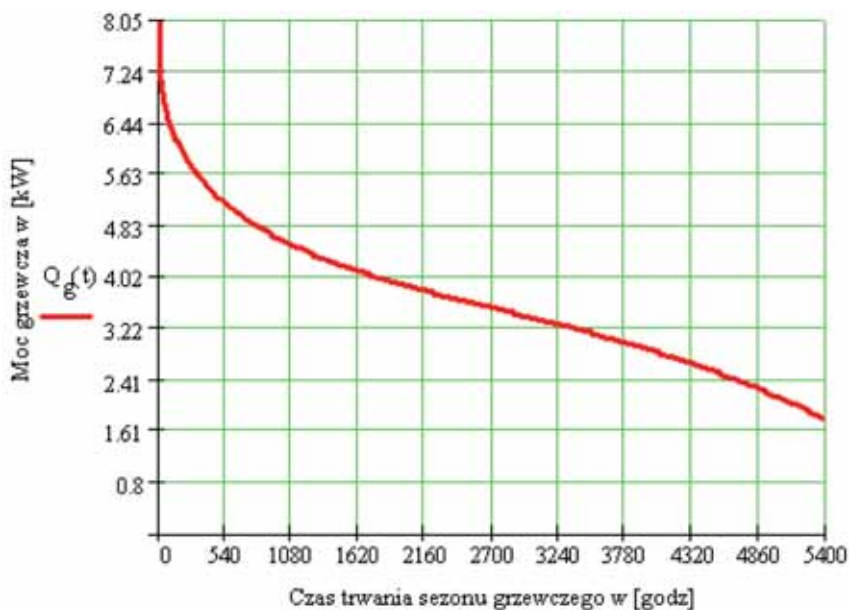
Rys. 3. Uporządkowany wykres zmiany temperatury zewnętrznej od czasu

kresów uporządkowanych i obliczeń według programu VPW 2100 firmy Buderus dla pompy ciepła WPL 8A

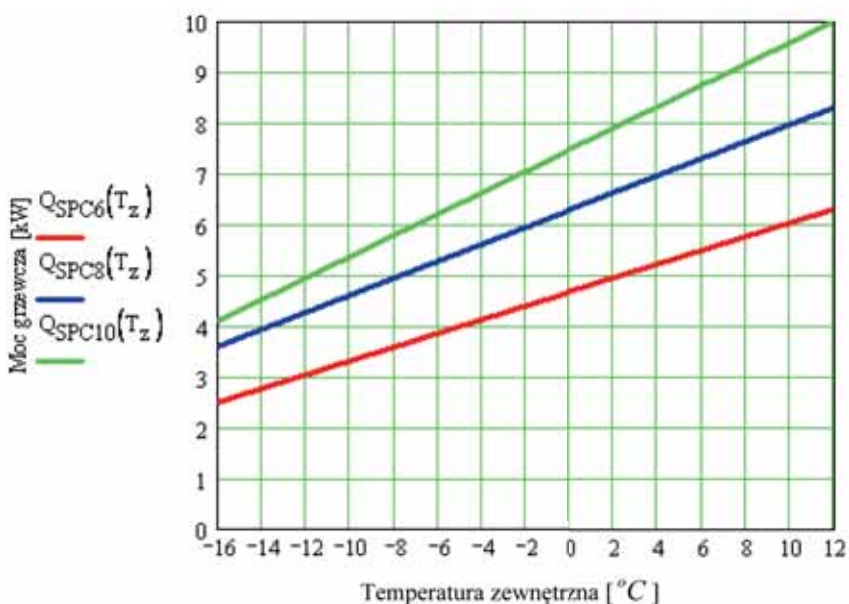
rzędokowanego wyniku obliczeń porównano z wynikami otrzymanymi za pomocą programu VPW 2100 firmy Buderus dla tego samego modelu pomp ciepła WPL 8A, w celu sprawdzenia ich poprawności (tabela 5).

Na tej podstawie można stwierdzić, że otrzymane wyniki obliczeń za pomocą wykresu uporządkowanego nie odbiegają znacznie od wyników obliczeń uzyskanych za pomocą programu VPW 2100 firmy Buderus,

Uzyskane za pomocą wykresu upo-



Rys. 4 Wykres uporządkowany zapotrzebowania na moc grzewczą dla analizowanego budynku



Rys. 5 Zależność mocy grzewczej SPC od temperatury powietrza atmosferycznego przy temperaturze źródła górnego wynoszącej 35°C [2]

stąd też można je traktować jako poprawne.

- **analiza otrzymanych wyników obliczeń**

Analizie techniczno – ekonomicznej poddano trzy wielkości pomp ciepła: WPL 6A, WPL 8A i WPL 10A pracujące w różnych systemach ogrzewania. Wyniki obliczeń obrazuje tabela 6 oraz rysunek 10. Wynika z nich, że dla analizowanych pomp najkorzyst-

niejszym rozwiązaniem pod względem kosztów eksploatacji jest ich praca w **systemie biwalentnym – alternatywnym w taryfie ceny energii elektrycznej G 12**. Pompy te pracują do momentu osiągnięcia punktu biwalentnego, a następnie wyłączają się. Dalsze zapotrzebowanie na moc grzewczą pokrywa piec na paliwo stałe.

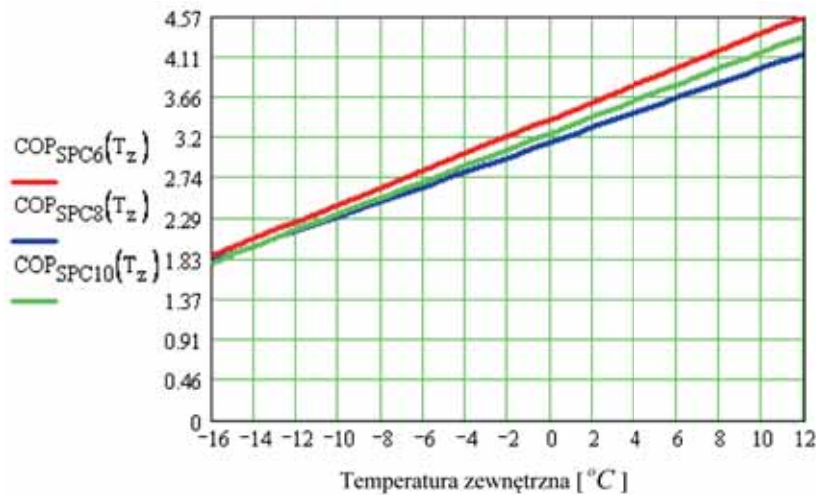
Z przedstawionych rozwiązań dotyczących poszczególnych pomp ciepła wynika, że najniższymi kosz-

tami eksploatacyjnymi charakteryzuje się pompa WPL 10A, jednak należy podkreślić, że koszt ten jest tylko o 3% niższy od pozostałych poddanych analizie urządzeń. Zatem bez względu na wybór rodzaju pompy ciepła, poniesione koszty eksploatacyjne nie ulegną znacznej zmianie. W tym przypadku zasadny jest wybór pompy WPL 6A, ponieważ koszt inwestycyjny na jej zakup jest o 18% niższy od pompy WPL 10A, a koszt eksploatacyjny porównywalny do niej. W tym rozwiązaniu wykorzystuje się istniejący w analizowanym budynku piec na paliwo stałe. Należy zauważyć, że jej praca jest półautomatyczna. Z pełną automatyką urządzenie WPL 6A pracuje do punktu biwalentnego, a następnie wyłącza się i dalsze zapotrzebowanie na moc grzewczą pokrywa piec na paliwo stałe. Piec ten wymaga obsługi, co oznacza, iż należy go uruchomić i pilnować jego załadunku paliwem stałym przez znaczną część czasu (około 1920 godz). Alternatywnym rozwiązaniem z pełną automatyką przy stosunkowo niskich kosztach eksploatacyjnych jest wybór pompy ciepła WPL 10A pracującej w systemie biwalentnym monoenergetycznym w taryfie ceny energii elektrycznej G12. Pod względem eksploatacyjnym jest ona droższa tylko o 3,8 % od pompy WPL 6A.

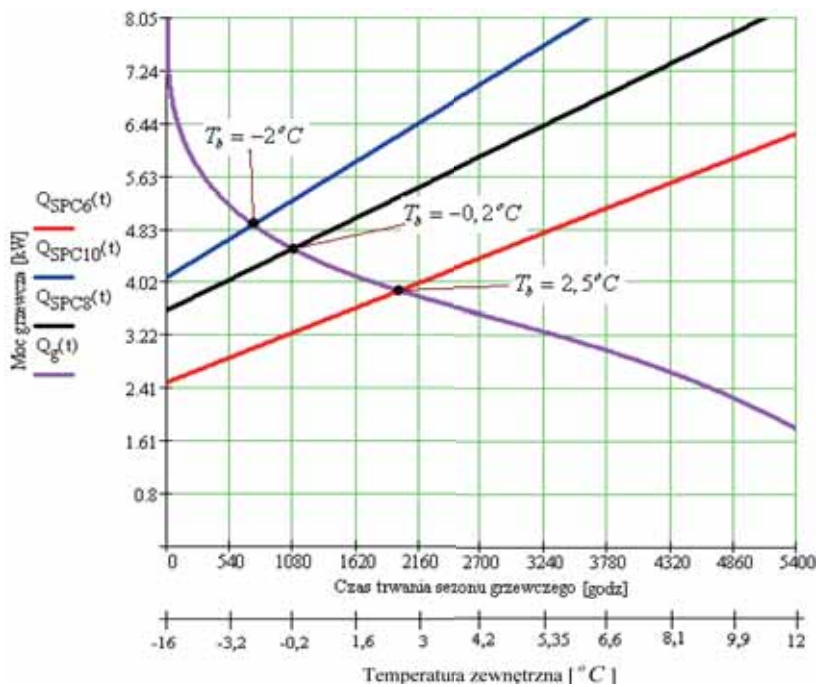
Na podstawie powyższej oceny, do systemu ogrzewania analizowanego budynku uzasadniony jest wybór pompy ciepła **WPL 10A** pracującej w systemie **biwalentnym monoenergetycznym w taryfie ceny energii elektrycznej G 12**.

#### LITERATURA:

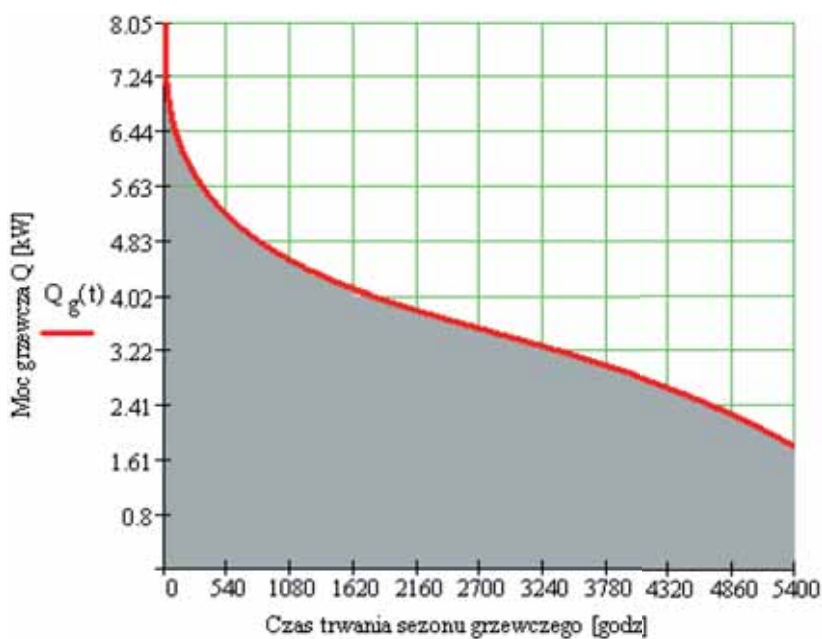
- [1] Chudzik P., Strzelczyk F.: Dobór optymalnej mocy cieplnej sprężarkowej pompy ciepła przy określonym wykresie uporządkowanym. „Instal”, Nr 2/2007
- [2] Materiały firmy BUDERUS
- [3] EN 14511. Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła, ze sprężarkami o napędzie elektrycznym,



Rys. 6 Zależność współczynnika wydajności grzewczej COP pompy ciepła w od temperatury powietrza atmosferycznego przy temperaturze źródła górnego wynoszącej 35°C [2]



Rys. 7 Charakterystyki wydajności grzewczej pompy ciepła ( $Q_{SPC...}(t)$ ) i charakterystyka obciążenia cieplnego budynku  $Q_g(t)$



Rys. 8 Zapotrzebowanie analizowanego budynku na moc cieplną wyznaczoną na podstawie wykresu uporządkowanego



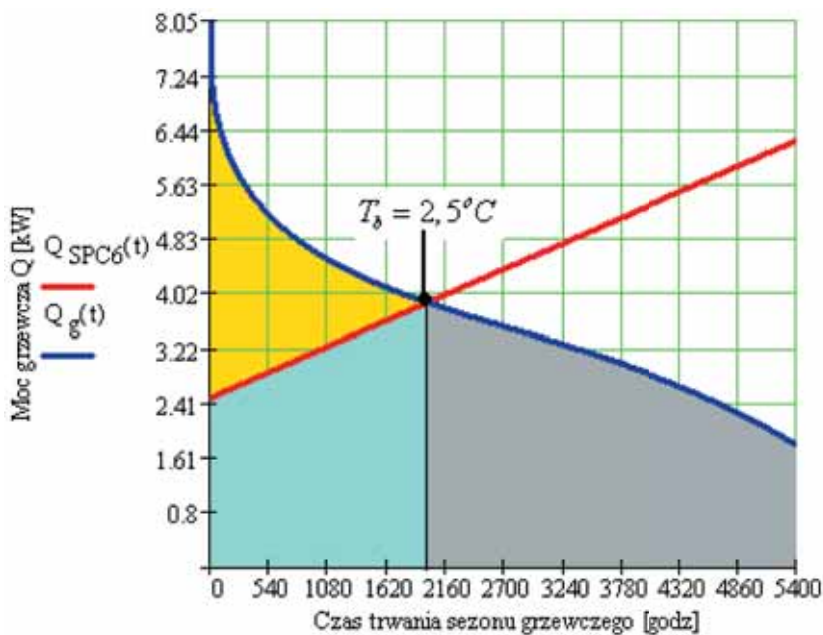
Tabela 5 Porównanie wyników obliczeniowych otrzymanych za pomocą wykresów uporządkowanych i obliczeń według programu VPW 2100 firmy Buderus dla pompy ciepła WPL 8A

Nr	Wykres up.	VPW2100	Różnica w [%]
Model SPC Logatherm	WPL 8A	WPL 8A	
Cena SPC netto w [zł]	20222	20222	0,0
Zapotrzebowanie obiektu na moc grzewczą w [kWh/rok]	19710	19550	0,8
Energia grzewcza uzyskana ze SPC w [kWh/rok]	18330	18770	-2,4
Energia grzewcza pozyskana z powietrza [kWh/rok]	12170,0	12610,0	-3,6
Energia elektryczna do napędu sprężarki SPC w [kWh]	6160,0	6160,0	0,0
Czas pracy sprężarki SPC w [h]	3080	3110	-1,0
Średnia moc sprężarki SPC w [kW]	2	brak danych	
Stopień wykorzystania energii SPC w [%]	57	brak danych	
Średnie COP w [-]	3,0	3,0	0,0
Udział SPC w [%]	93,0	96,0	3,0
Udział grzałki elektrycznej w [%]	7,0	4,0	3,0
Suma kosztów w [zł]	3091,4	2845,4	8,0

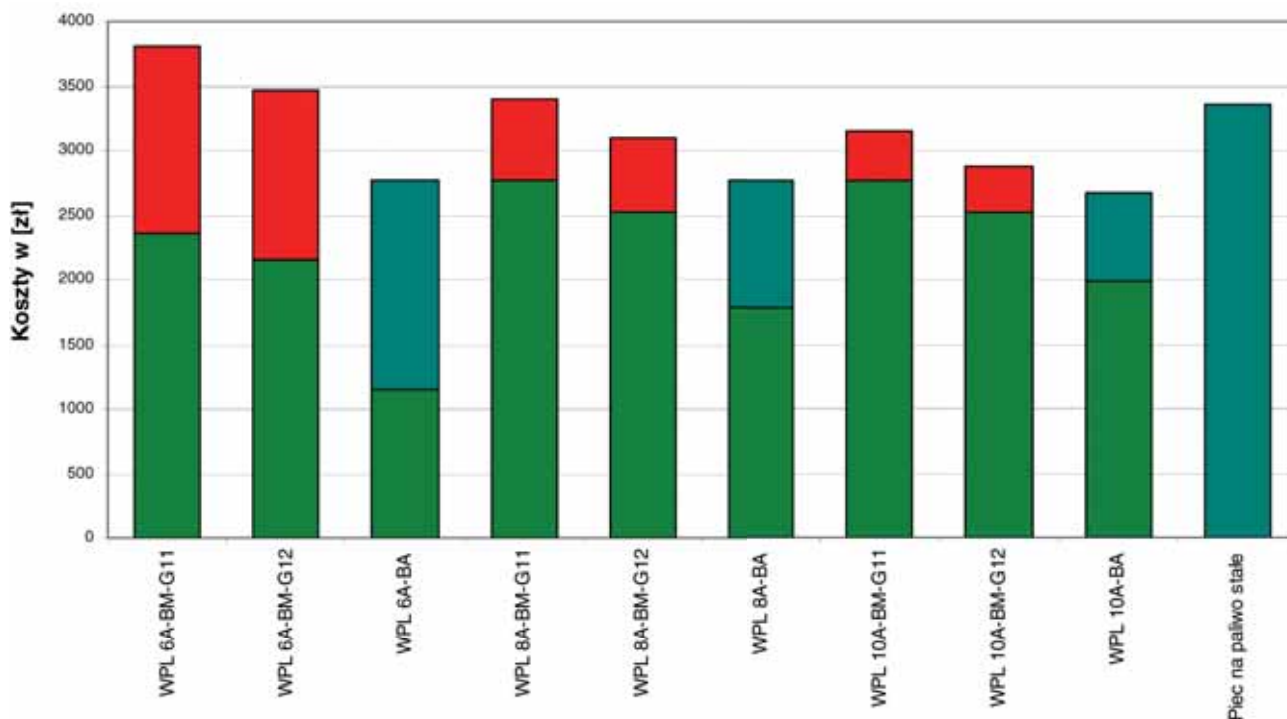
Tabela 6 Zestawienie otrzymanych wyników obliczeń dla poszczególnych SPC

Model SPC Logatherm	System pracy SPC	COP [-]	$K_{SPC6}$ [zł]	$K_{DZPC6}$ [zł]	$K_{RSPC6}$ [zł]
<b>WPL 6A</b>	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G11	3,1	2361,9	1444,5	<b>3806,4</b>
	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G12	3,1	2151,9	1316,1	<b>3468,0</b>
	Biwłentny – alternatywny Taryfa G12	3,6	1145,1	1621,8	<b>2766,9</b>
<b>WPL 8A</b>	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G11	3,0	2772,0	621,0	<b>3393,0</b>
	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G12	3,0	2525,6	565,8	<b>3091,4</b>
	Biwłentny – alternatywny Taryfa G 12	3,2	1779,4	982,6	<b>2762,0</b>
<b>WPL 10A</b>	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G11	3,1	2769,7	382,5	<b>3152,2</b>
	Biwłentny – monoenergetyczny Taryfa G12	3,1	2523,5	348,5	<b>2872,0</b>
	Biwłentny – alternatywny Taryfa G12	3,2	1980,3	693,6	<b>2673,9</b>
Piec na paliwo stałe (eko-groszek -700 zł/tona, 25MJ/kg; sprawność pieca 60%)					<b>3350,7</b>





Rys. 9 Wydajność grzewcza pompy ciepła (pole oznaczone kolorem niebieskim i szarym) oraz wydajność grzewcza dodatkowego źródła ciepła (pole oznaczone kolorem żółtym) uzyskana za pomocą wykresu uporządkowanego



Rys. 10 Interpretacja graficzna wyników obliczeń dla poszczególnych SPC (kolor czerwony – koszt źródła szczytowego – grzałka elektryczna; kolor zielony – koszt SPC; kolor niebieski – koszt źródła szczytowego – piec na paliwo stałe)

**Oznaczenia:**

- BM-G 11 - praca pomp ciepła WPL 6A, 8A i 10A w systemie biwalentnym monoenergetycznym w cenie energii elektrycznej wg taryfy G 11,
- BM-G 12 - praca pomp ciepła WPL 6A, 8A i 10A w systemie biwalentnym monoenergetycznym w cenie energii elektrycznej wg taryfy G 12,
- BA - praca pomp ciepła WPL 6A, 8A i 10A w systemie biwalentnym alternatywnym. Praca pompy ciepła w cenie energii elektrycznej wg taryfy G 12.

do grzania i ziębienia

[4] <http://www.verivox.pl/power/calculator.aspx> - kalkulator cen energii elektrycznej

[5] <http://www.dzul.net/ekogroszek.htm> - PHU Dzul

