
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

HYBRYDOWE UKŁADY OGRZEWANIA

Daniel GAWRYŚ, Mariusz OWCZAREK
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Streszczenie

Wybór najlepszego rozwiązania ma na celu zbadanie ekonomiczności rozwiązań dla hybrydowych układów ogrzewania oraz wybór według kryterium najniższego kosztu. Poddany analizie budynek jest biurowym obiektem budowlanym o fasadzie szklanej. Przyjęte zostały dwa układy hybrydowe. Pierwszy z nich zakłada pompę ciepła oraz węzeł cieplny do spełnienia całego zapotrzebowania na ciepło. Drugi układ przewiduje zastosowanie pompy ciepła oraz węzła cieplnego do ogrzania budynku oraz kolektory słoneczne do zapewnienia ciepłej wody użytkowej.

Słowa kluczowe: Hybrydowe systemy ogrzewania, pompy ciepła, kolektory słoneczne, węzły cieplne

Abstract

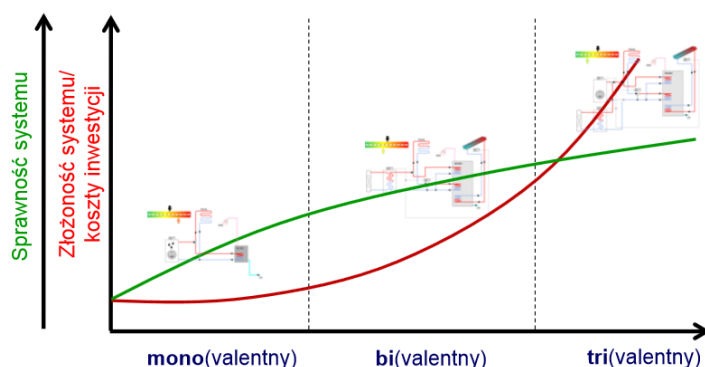
Choosing the best solution is to examine the cost-effectiveness of hybrid heating systems and the choice one of the criterion of the lowest cost. Analyzed building is an office building structure with a glass facade. We adopted two hybrid systems. The first of these involves the heating pump and the substation to meet total demand for heat. The second system provides for the use of heat pumps and district heating to heat the building and solar panels to deliver hot water.

Key words: Hybrid heating systems, heat pumps, solar collectors, heat centers

1. WSTĘP

Słowo "hybryda" pochodzi z języka greckiego i oznacza "mieszany, o dwojakim pochodzeniu". Ogrzewanie hybrydowe umożliwia łączne wykorzystanie różnych rodzajów energii, na przykład pompy ciepła i instalacji solarnej, lecz również włączenie do instalacji innych źródeł energii, takich jak olejowy lub gazowy kocioł kondensacyjny czy kocioł stałopalny. Czym bardziej złożony system tym większe są koszty inwestycji ale można się spodziewać większych sprawności. Systemy złożone z jednego źródła nazywamy monowalentnymi, z dwóch biwalentnymi a z trzech triwalentnymi. Te zasady ilustruje rysunek 1.1

Koncepcja systemu HYBRYDOWEGO:



Rys. 1.1 Hybrydowe ogrzewanie na przykładzie budynku biurowego

2. KONCEPCJA ŹRÓDEŁ HYBRYDOWYCH DLA WYBRANEGO BUDYNKU

W analizowanym budynku biurowym zapotrzebowanie na ciepło do jego ogrzania wynosi 602771,35 kWh/rok. W celu, aby zapewnić taką ilość energii w ciągu roku w biurowym budynku hybrydowym, który jest przedmiotem rozważań rozważymy przypadki, w których całkowite zapotrzebowanie zostanie procentowo rozdzielone pomiędzy konwencjonalne i niekonwencjonalne źródła energii. Natomiast z góry założono, iż zapotrzebowanie na ciepło niezbędne do przygotowania ciepłej wody użytkowej zostanie zaspokojone poprzez kolektory słoneczne zlokalizowane na dachu budynku.

Do analizy przyjmujemy następujące procentowe podziały:

- a) pokrycie zapotrzebowania:
 - z pompy ciepła - 100%
- b) pokrycie zapotrzebowania:
 - z pompy ciepła - 50%,
 - z węzła cieplnego - 50%,
- c) pokrycie zapotrzebowania:
 - z pompy ciepła - 20%,
 - z węzła cieplnego - 80%,
- d) pokrycie zapotrzebowania:
 - z pompy ciepła - 80%,
 - z węzła cieplnego - 20%,
- e) pokrycie zapotrzebowania:
 - z węzła cieplnego 100%.

Podane powyżej podziały zapotrzebowania umożliwią nam obliczenie mocy pompy ciepła, która w wystarczającym stopniu pokryje niezbędną energię, a także umożliwi nam dobór właściwej pompy i jej koszt eksploatacji. Całkowite zapotrzebowanie na energię do ogrzania ciepłej wody użytkowej pozwoli nam na właściwy dobór ilościowy i jakościowy kolektorów słonecznych.

3. OBLICZENIE OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO NA POSZCZEGÓLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA

Ociążenie cieplne można obliczyć na podstawie wzoru (3.1). Otrzymano następujące wyniki:

$$Q_{hnd,50\%} = \% \cdot Q_{hnd} \quad (3.1)$$

gdzie:

$\%$ - procentowy udział zapotrzebowania na ciepło [kWh/rok]

a) Dla sytuacji 50/50% (pompa ciepła/węzeł cieplny) $Q_{hnd,50\%} = 301385,68$ [kWh/rok]

b) Dla sytuacji 20/80% pompa ciepła $Q_{hnd,20\%} = 120554,27$ [kWh/rok], węzeł cieplny $Q_{hnd,80\%} = 482217,08$ [kWh/rok].

c) Dla sytuacji 80/20% pompa ciepła $Q_{hnd,80\%} = 48221,08$ [kWh/rok], węzeł cieplny $Q_{hnd,20\%} = 120554,27$ [kWh/rok]

W powyższej sytuacji pokrycie większej ilości energii będzie należało do pompy ciepła - 482217,08 kWh/rok, natomiast pozostała energia czerpana będzie z węzła cieplnego - 120554,27 kWh/rok. Gdy rozpatrywane będzie pełne obciążenia na jedno urządzenie, to w tej sytuacji zarówno pompa ciepła jak i węzeł cieplny będą musiały pokryć całkowite zapotrzebowanie 602771,35 kWh/rok

Hybrydowy układ pompa ciepła + węzeł cieplny + kolektory słoneczne

Z uwagi na fakt, iż kolektory słoneczne będą służyły ogrzaniu ciepłej wody użytkowej, obliczenie mocy cieplnej pompy ciepła oraz węzła cieplnego należy pomniejszyć o energię niezbędną do jej przygotowania. A zatem:

$$\Delta Q_{h,w,d} = Q_{h,n,d} - Q_{c.w.u.} \quad (3.2)$$

$$\Delta Q_{h,w,d} = 546952,69 \left[\frac{kWh}{rok} \right]$$

Takie też będzie obciążenie cieplne urządzeń w sytuacji gdy będą pracowały samodzielnie, jedynie ze wsparciem kolektorów słonecznych.

a) Dla sytuacji 50/50% (pompa ciepła/węzeł cieplny) $Q_{hnd,50\%} = 273476,36$ [kWh/rok]

b) Dla sytuacji 20/80% pompa ciepła $Q_{hnd,20\%} = 109390,54$ [kWh/rok], węzeł cieplny $Q_{hnd,80\%} = 437562,15$ [kWh/rok]

c) Dla sytuacji 80/20% $Q_{hnd,80\%} = 437562,15$ [kWh/rok], węzeł cieplny $Q_{hnd,20\%} = 120554,27$ [kWh/rok]

4. Obliczenie mocy pompy ciepła oraz węzła cieplnego dla obu układów hybrydowych

W zależności od ilości energii jaką musi pokryć pompa ciepła należy obliczyć jej moc, na podstawie której będziemy w stanie oszacować jej koszt zakupu i eksploatacji. Obecnie na rynku występuje szeroki wachlarz pomp ciepła. Ceny urządzeń i ich jakość również podlega zróżnicowaniu. Do obliczeń przyjęte zostaną średnie ceny urządzeń oraz koszty eksploatacji. Generując hybrydowy układ ogrzewania typu pompa ciepła + węzeł cieplny + kolektory słoneczne możemy dla każdego z wariantów obliczyć moc pompy ciepła. Wyraża się ona jako stosunek energii jaką oczekujemy, aby pompa zapewniła do długości sezonu grzewczego w ciągu roku. Moc pompy można zatem opisać niniejszym wzorem:

$$P_{PC} = \frac{Q_{PC} \cdot 1000}{d_{season} \cdot 24} \quad (4.1)$$

gdzie:

Q_{PC} - energia jaką powinna dostarczyć pompa ciepła [kWh],

d_{season} - długość sezonu grzewczego [dni],

P_{PC} - moc pompy ciepła [W],

Aby obliczyć długość sezonu grzewczego należy wziąć pod uwagę iloczyny udziałów f_{hm} wykorzystania energii cieplnej w danych miesiącach okresu grzewczego oraz długości miesięcy grzewczych, wyrażone w dniach. Można go obliczyć w następujący sposób:

$$d_{season} = 31 \cdot 1 + 28 \cdot 1 + 31 \cdot 0,13 + 31 \cdot 0,18 + 30 \cdot 1 + 31 \cdot 1 \quad (4.2)$$
$$d_{season} = 129,61 \text{ [dni]}$$

Na podstawie katalogów producentów tych urządzeń możemy dobrać odpowiedni sprzęt i oszacować koszt zakupu, czyli koszt inwestycji. Koszt użytkowania pompy ciepła możemy wyznaczyć następującym wzorem:

$$K_u = \frac{Q_{PC}}{COP} \cdot C_{Ed} \quad (4.3)$$

gdzie:

K_u - roczny koszt użytkowania [zł/rok],

Q_{PC} - energia jaką chcemy uzyskać z urządzenia [kWh],

COP - współczynnik efektywności pompy ciepła,

C_{Ed} - jendostkowa cena energii elektrycznej w danym okresie [zł/kWh];

W sposób analogiczny jak dla pompy można obliczyć moc węzła cieplnego. Mając obliczone wartości kosztów inwestycji i użytkowania w łatwy sposób można wyznaczyć całkowity koszt w danym okresie czasu, jako sumę tych dwóch wartości. W tym przypadku obliczamy koszt użytkowania w ciągu roku. Obliczony koszt użytkowania należy pomnożyć przez liczbę lat w jakim planujemy eksploatować nasz system hybrydowy.

4.1 Pierwszy układ hybrydowy: pompa ciepła + węzeł cieplny

TABELA 4.1

Moce urządzeń w przyjętych układach hybrydowych – układ I

pompa ciepła/ węzeł cieplny	pompa ciepła	węzeł cieplny
I układ hybrydowy - bez kolektora słonecznego		
50%/50%	96,89	96,89
20%/80%	38,76	155,02
80%/20%	155,02	38,76
100% pompa ciepła	193,78	0,00
100% węzeł cieplny	0,00	193,78

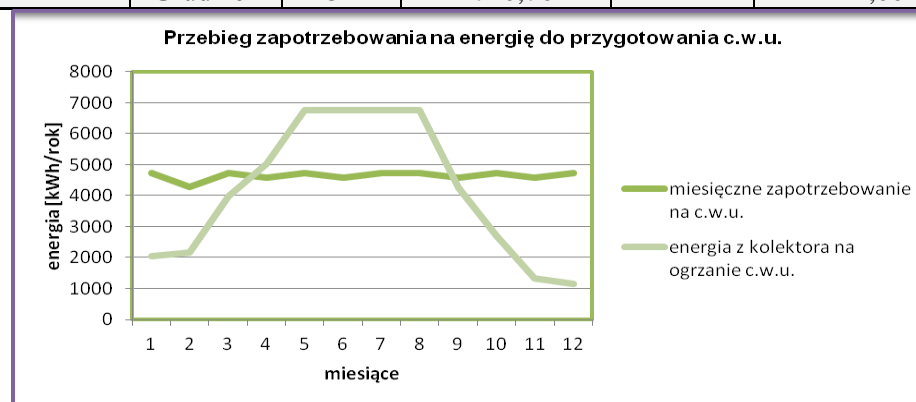
4.2 Drugi układ hybrydowy: pompa ciepła + węzeł cieplny + kolektory słoneczne.

Kolektory słoneczne nigdy w ciągu okresu użytkowania nie zaspokoją całkowitego zapotrzebowania na przygotowanie ciepłej wody użytkowej w każdym miesiącu. Powierzchnie kolektorów dobrano tak aby pokryć zapotrzebowanie na CWU w miesiącu marcu. W zależności od miesiąca kolektory mogą zabezpieczyć od 19% do 140% zapotrzebowania.

TABELA.4.2

Miesięczne pokrycie zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową przez kolektory słoneczne

Powierzchnia kolektora	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u. [kWh/a]	Dzienne zapotrzebowanie na c.w.u.	Miesiąc	Liczba dni w miesiącu	Miesięczne zapotrzebowanie na c.w.u.	Sprawność kolektora	Natężenie promieniowania słonecznego Ii [kWh/m ²] SE	Energia kolektora w poszczególnych miesiącach	Pokrycie zapotrzebowania na kolektor [%]
110,00	55818,66	152,93	Styczeń	31	4740,76	0,5	37,00	2035,00	0,43
			Luty	28	4281,98		39,50	2172,50	0,51
			Marzec	31	4740,76		72,30	3976,50	0,84
			Kwiecień	30	4587,84		91,20	5016,00	1,09
			Maj	31	4740,76		123,10	6770,50	1,43
			Czerwiec	30	4587,84		123,10	6770,50	1,48
			Lipiec	31	4740,76		123,10	6770,50	1,43
			Sierpień	31	4740,76		123,10	6770,50	1,43
			Wrzesień	30	4587,84		77,30	4251,50	0,93
			Październik	31	4740,76		49,00	2695,00	0,57
			Listopad	30	4587,84		24,30	1336,50	0,29
			Grudzień	31	4740,76		21,00	1155,00	0,24



Rys. 4.1 Pokrycie zapotrzebowania energii na c.w.u. w ciągu roku.

Obliczam roczne pokrycie energii na ciepłą wodę użytkową przez kolektor:

$$E_{kol/cwu} = \frac{\sum \text{miesięczna energia kolektora}}{Q_{c.w.u.}} \cdot 100\%$$

$$E_{kol/cwu} = 74\%$$

Zatem możemy stwierdzić, iż kolektor słoneczny w 65% pokrywa zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w ciągu roku. Aby wyznaczyć podział energii do ogrzania zredukować całkowite zapotrzebowanie na ciepło do budynku wg wzoru (4.4)

$$Q_{h,n,d,red} = Q_{h,n,d} - \sum \text{miesięczna energia kolektora} \quad (4.4)$$

$$Q_{h,n,d,red} = 561323,23 \left[\frac{kWh}{rok} \right]$$

TABELA 4.3

Moce urządzeń w przyjętych układach hybrydowych – układ II

pompa ciepła/ węzeł cieplny	pompa ciepła	węzeł cieplny
II układ hybrydowy - z kolektorem słonecznym		
50%/50%	90,23	90,23
20%/80%	36,09	144,36
80%/20%	144,36	36,09
100% pompa ciepła	180,45	0,00
100% węzeł cieplny	0,00	180,45

5. DOBÓR URZĄDZEŃ

Przy doborze pomp zostały wzięte pod uwagę pompy ciepła typu solanka-woda marki BIAWAR. Posiadają możliwość zaspokojenia bardzo wysokich zapotrzebowań na ciepło, a więc są idealnym rozwiązaniem dla dużych budynków. Wysoki współczynnik C.O.P. zapewnia duże oszczędności i miarodajnie krótki okres zwrotu inwestycji. Natomiast jeśli chodzi o węzły cieplne, to dobrano urządzenia firmy MEIBES, według obliczonego kryterium mocy. Dla poszczególnych wariantów dobrano następujące rodzaje pomp i węzłów:

a. Hybryda nr 1 - pompa ciepła + węzeł cieplny

- wariant PC/WC 50/50% - moc 97kW - pompy połączone kaskadowo: NIBE F1345 60kW 065113 + NIBE 1345 40kW 065112 + WĘZEŁ CIEPLNY H 100KW H100 AF O-H (97kW),
- wariant PC/WC 80/20% - moc 155kW - pompy połączone kaskadowo: 2 x NIBE F1345 60kW 065113 + NIBE F1345 40kW 065112 + WĘZEŁ CIEPLNY H 70KW H70 AF O-H B (39kW),
- wariant PC/WC 20/80% - moc 39 kW - NIBE F1345 40kW 065112 40kW + WĘZEŁ CIEPLNY H 180KW H180 AF O-H B (155kW);

b. Hybryda nr 2 - pompa ciepła + węzeł cieplny + kolektor słoneczny

- wariant 50/50% - moc 90kW - pompy połączone kaskadowo: NIBE F1345 60kW 065113 + NIBE F1345 30kW + WĘZEŁ CIEPLNY H 100KW H100 AF O-H B (90kW),

- wariant 80/20% - moc 144kW - pompy połączone kaskadowo: 2 x NIBE F1345 60kW 065113 + NIBE F1345 30kW + WĘZEL CIEPLNY H 70KW H70 AF O-H B (36kW),
- wariant 20/80% - moc 36kW - NIBE F1345 40kW 065112 + WĘZEL CIEPLNY H 150KW H150 AFO-H B (144kW).

6. PODSUMOWANIE

Zakładając ceny urządzeń z ofert potencjalnych podwykonawców oraz średnie koszty energii otrzymano wyniki kosztów zestawione w tabeli 6.1.

TABELA 6.1.

Koszty użytkowania urządzeń przez 20 lat oraz całkowity koszt inwestycji

Koszt użytkowania urządzeń przez 20 lat [zł]						Koszt całkowity [zł]					
pompa ciepła / węzeł cieplny [%]						pompa ciepła / węzeł cieplny [%]					
	50%/50%	20%/80%	80%/20%	100%/0%	0/100%		50%/50%	20%/80%	80%/20%	0%/100%	100%/0%
I hybryda						I hybryda					
pompa ciepła	639 884,67	255 953,86	1 023 815,46	21527, 55	0	pompa ciepła	774 884,67	317 953,86	1 231 815,46	0	645 550
węzeł cieplny	843 879,90	1 350 207,82	337 551,96	0	5730 680	węzeł cieplny	865 070,40	1 377 148,57	356 077,71	5 737 019	0
						RAZE M:	1 639 955,07	1 695 102,44	1 587 893,16	5 737 019	645 550
II hybryda						II hybryda					
pompa ciepła	639 884,67	238 353,82	953 415,24	400 945,16	0	pompa ciepła	821 100,19	354 569,34	1 207 630,76	0	615 945,16
węzeł cieplny	785 852,51	1 257 364,02	314 341,02	0	5 336 624	węzeł cieplny	807 043,01	1 283 344,27	332 866,77	5 342 962,92	0
						kolektor słoneczny	54 215,52	54 215,52	54 215,52	54 215,52	54215, 52
						RAZE M	1 682 358,72	1 692 129,14	1 594 713,05	5 379 178,34	670 160,68 43

Kwota zaznaczona kolorem zielonym, to rozwiązanie najbardziej opłacalne ekonomicznie. Pozwala na osiągnięcie najniższego kosztu zakupu i eksploatacji przez 20 lat. Należy pamiętać, iż kwota obarczona jest błędem. Nie mniej jednak jest do dowód na słuszność zastosowania odnawialnych źródeł w systemach grzewczych budynków.

Literatura

- 1) Ryszard Tytko, Odnawialne źródła energii, wybrane zagadnienia, Kraków 2005.