



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

# Odnawialne źródła energii

## Ćwiczenia projektowe III

### Energia ciepła

#### Pompy ciepła

**Materiały dydaktyczne dla studentów kierunku ELEKTROTECHNIKA**

**Opracował:**

**dr inż. Michał Łanczont**

**Lublin 2025 r.**



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

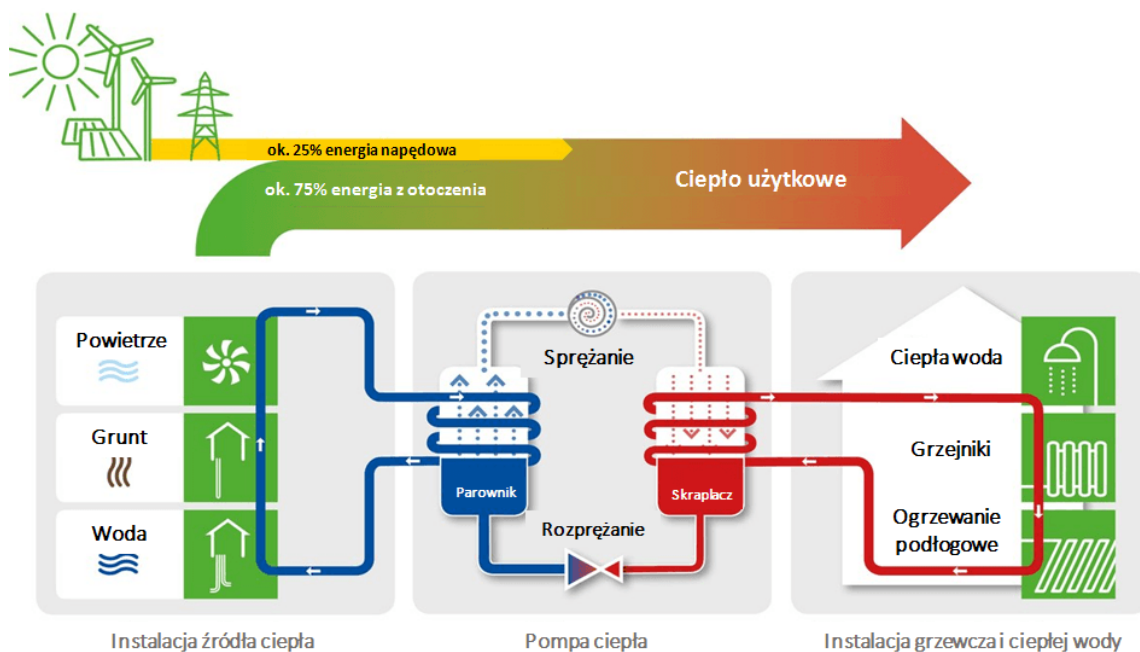
Projekt pn. „*POLLUB zieloną transformację*” realizowany jest w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus zgodnie z umową nr FERS.01.05-IP.08-0049/23-00.

Zajęcia obejmują tematykę pomp ciepła stosowanych do ogrzewania budynków. Uczestnicy poznają zasadę działania oraz podstawowe rodzaje pomp ciepła – powietrzne, gruntowe i wodne, a także kluczowe parametry efektywności, takie jak COP i SCOP. Celem podstawowym zajęć będzie dobranie parametrów instalacji z pompa ciepła dla zadanej inwestycji.

## Pompa ciepła

Pompa ciepła to urządzenie, które pobiera energię cieplną z otoczenia o niższej temperaturze (np. powietrza, gruntu, wody) i przekazuje ją do instalacji grzewczej budynku, podnosząc jej temperaturę. Działa na zasadzie odwróconego obiegu Carnota, czyli odwrotnie niż lodówka.

Pompa ciepła wykorzystuje cykl termodynamiczny z czynnikiem roboczym, który krąży w układzie i przechodzi przemiany fazowe (parowanie i skraplanie), pobierając i oddając ciepło, jak pokazano na Rys. 1. Składa się z czterech głównych elementów:



Rysunek 1: Schemat działania pompy ciepła, źródło [1]



1. Parownik – czynnik roboczy pobiera ciepło z otoczenia (np. z gruntu, powietrza lub wody) i odparowuje.
2. Sprężarka – gazowy czynnik roboczy zostaje sprężony, co powoduje wzrost jego temperatury i ciśnienia.
3. Skraplacz – gorący czynnik oddaje ciepło do systemu grzewczego (np. ogrzewania podłogowego) i skrapla się.
4. Zawór rozprężny – obniża ciśnienie czynnika, który ochładza się i wraca do parownika.

Ze względu na typ źródła ciepła stosowane są trzy rodzaje pomp ciepła:

### **Pompa ciepła powietrzna (powietrze-woda, powietrze-powietrze)**

Pompa ciepła pobiera energię cieplną z powietrza zewnętrznego nawet przy ujemnych temperaturach. Czynnik roboczy paruje w parowniku, odbierając ciepło z powietrza, następnie jest sprężany, a w skraplaczu oddaje ciepło do instalacji grzewczej (woda grzewcza lub powietrze wentylacyjne), w tabeli 1 zestawiono wady i zalety rozwiązania.

Tabela 1: Wady i zalety pompy ciepła powietrza

Zalety	Wady
Najniższe koszty inwestycyjne	Najniższa efektywność przy niskich temp.
Łatwy i szybki montaż	Wymaga odszraniania parownika
Brak potrzeby prac ziemnych	Hałas od wentylatora/kompresora
Możliwość instalacji w większości lokalizacji	Efektywność zależy od temp. powietrza

### **Pompa ciepła wodna (woda-woda)**

Ciepło pobierane jest z wód powierzchniowych (rzeki, jeziora) lub gruntowych (studnie głębinowe). Woda o stałej temperaturze (zwykle 7–12°C) przepływa przez wymiennik, oddając ciepło do czynnika roboczego pompy, w tabeli 2 zestawiono wady i zalety konstrukcji.



Tabela 2: Wady i zalety pompy ciepła wodna

Zalety	Wady
Wysoka efektywność przez cały rok	Potrzeba dostępu do odpowiedniej ilości wody
Stabilność parametrów źródła	Wysokie koszty wykonania studni/wymiennika
Dobra dla dużych mocy	Ryzyko zanieczyszczenia wymiennika
Małe uzależnienie od pogody	Wymogi formalne, pozwolenia wodnoprawne

## Pompa ciepła gruntowa (solanka-woda)

Ciepło pobierane jest z gruntu za pomocą poziomego kolektora lub pionowych sond. Czynnik roboczy (najczęściej solanka) przepływa przez wymiennik umieszczony w ziemi, odbierając energię cieplną od gruntu, która następnie przekazywana jest do instalacji grzewczej budynku. W tabeli 3 zestawiono wady i zalety tego rozwiązania.

Tabela 3: Wady i zalety pompy ciepła gruntowej

Zalety	Wady
Wysoka i stabilna efektywność przez cały rok (COP)	Wysokie koszty wykonania instalacji (odwierty, kolektory)
Niezależność od warunków pogodowych	Konieczność wykonania prac ziemnych lub odwiertów
Cicha praca	Wymaga odpowiedniej powierzchni działki lub możliwości odwiertów
Długa żywotność instalacji	Trudności w modernizacji po wykonaniu wymiennika
Możliwość pasywnego chłodzenia latem	Dłuższy i bardziej skomplikowany proces montażu

## Współczynniki efektywności

Współczynniki efektywności **COP** i **SCOP** są kluczowymi parametrami służącymi do oceny pracy pomp ciepła i porównywania ich efektywności energetycznej. Służą do oceny efektywności pracy pomp ciepła, pokazując, ile energii cieplnej urządzenie dostarcza w stosunku do zużytej energii elektrycznej.



## **COP (Coefficient of Performance) – współczynnik wydajności**

COP określa, ile jednostek energii cieplnej (Q) dostarcza pompa ciepła, zużywając jedną jednostkę energii elektrycznej (W).

$$COP = \frac{Q}{W}$$

gdzie:

Q – ilość dostarczonego ciepła (w kWh, J itp.),

W – ilość zużytej energii elektrycznej (w kWh, J itp.).

COP = 4 oznacza, że z 1 kWh energii elektrycznej urządzenie dostarcza 4 kWh ciepła.

COP mierzy się w warunkach laboratoryjnych, przy określonej temperaturze źródła dolnego (np. powietrza zewnętrznego, gruntu lub wody) i górnego (instalacji grzewczej, np. 35°C). Wartość ta dotyczy konkretnego punktu pracy.

## **SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) – sezonowy współczynnik wydajności**

SCOP to średnia wartość COP uzyskana w trakcie całego sezonu grzewczego, uwzględniająca zmieniające się warunki pracy pompy ciepła.

$$SCOP = \frac{Q_c}{W_c}$$

gdzie:

$Q_c$  – Całkowita ilość dostarczonego ciepła w sezonie,

$W_c$  – Całkowite zużycie energii elektrycznej w sezonie.

SCOP = 4 oznacza, że w całym sezonie z każdej 1 kWh energii elektrycznej pompa ciepła średnio dostarczała 4 kWh ciepła.

SCOP oblicza się na podstawie danych z całego sezonu grzewczego, przy uwzględnieniu realnych warunków pogodowych, zmiennej temperatury zewnętrznej oraz sposobu eksploatacji urządzenia. Wartości SCOP są podawane na podstawie testów według normy (np. EN 14825) i ułatwiają porównanie różnych urządzeń. Obie wartości znajdują



się w kartach katalogowych pomp ciepła – im wyższe, tym urządzenie bardziej efektywne i tańsze w eksploatacji. W tabeli 4 zestawiono współczynniki COP i SCOP pomp ciepła z podziałem na typ i dedykowaną strefę klimatyczną.

Tabela 4: Zestawienie współczynników efektywności dla typowych pomp ciepła

Typ pompy ciepła	Warunki klimatyczne	Typowe COP (punktowe)	Typowy SCOP (sezonowe)
Powietrzna (powietrze–woda)	Chłodny	3,0 – 3,8	2,8 – 3,4
	Umiarkowany	3,5 – 4,5	3,2 – 4,0
	Ciepły	3,8 – 4,8	3,7 – 4,5
Gruntowa (ziemia–woda)	Chłodny	4,0 – 4,7	3,8 – 4,2
	Umiarkowany	4,3 – 5,0	4,1 – 4,5
	Ciepły	4,5 – 5,2	4,3 – 4,8
Wodna (woda–woda)	Chłodny	4,8 – 5,5	4,5 – 5,0
	Umiarkowany	5,0 – 6,0	4,8 – 5,5
	Ciepły	5,2 – 6,2	5,0 – 5,7

## Określanie parametrów cieplnych budynku

Dobór pompy ciepła do budynku zawsze musi opierać się na dokładnej analizie parametrów cieplnych tego budynku – od nich zależy zapotrzebowanie na moc grzewczą, czyli to, jaką pompę trzeba dobrać, by ogrzewanie było efektywne i ekonomiczne. Szczegółowe wytyczne odnośnie określania zapotrzebowania na ciepło w budynkach można znaleźć w wytycznych normy PN–EN 12831 [2]. Aby określić zapotrzebowanie cieplne budynku należy wyznaczyć:

1. określić warunki obliczeń,
2. określić straty przez przegrody, ściany zewnętrzne i wewnętrzne (o ile występuje różnica temperatur pomiędzy pomieszczeniami),
3. straty przez wentylację,
4. straty przez mostki termiczne (opcjonalne) 5-10% dodatkowych strat w odniesieniu do strat całkowitych,
5. uzyski ciepła (zazwyczaj pomijane).





Osobno oblicza się zapotrzebowanie na energię ciepłą na potrzeby **CWU**, omówiono to zagadnienie w instrukcji do pierwszego ćwiczenia: "Instalacja z kolektorem słonecznym".

## Warunki obliczeń

Dla analizowanej inwestycji należy określić poniższe parametry:

- Temperatura wewnętrzna, oczekiwana od systemu ogrzewania temperatura w pomieszczeniu, np.:  $T_{weW} = 20^{\circ}C$
- Temperatura zewnętrzna, określona dla poszczególnych obszarów Polski [2], np. dla Lublina  $T_{zew} = -20^{\circ}C$
- Powierzchnie przegród: powierzchnia ścian, dachu, podłogi, okien, drzwi
- Współczynniki przenikania ciepła  $U$  [ $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ]
- Objętość budynku  $V$  [ $m^3$ ]
- Współczynnik wymiany powietrza  $n$  [ $\frac{1}{h}$ ]
- Ciepło właściwe powietrza  $c_p \simeq 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$
- Gęstość powietrza  $\rho \simeq 1.2 \frac{kg}{m^3}$

## Straty przez przegrody

Należy wyznaczyć straty przez każdą przegrodę w budynku: ściany, sufit, podłogę, okna, drzwi, dach, itp. Poszczególne straty oblicza się na podstawie poniższej zależności:  $Q_{przeg} = U \cdot A \cdot (T_{weW} - T_{zew})$  Tabela 5 zawiera zakresy wartości współczynnika przenikania dla ustandaryzowanych przegród.

Jeżeli konieczne jest wyznaczenie współczynnika przenikania dla przegrody należy posłużyć się danymi dla poszczególnych materiałów tworzących strukturę przegrody [3].

Współczynnik przenikania ciepła złożonej przegrody  $U$  jest równy odwrotności całkowitego oporu cieplnego danej przegrody  $U = \frac{1}{R_{cal}}$ . Opór cieplny liczy się jako sumę oporu poszczególnych warstw i oporu przejmowania ciepła (zewnętrznego i wewnętrznego). Wartości tych oporów są określone normami:



Tabela 5: Zestawienie współczynnika przenikania dla standardowych przegród

Przegroda	Współczynnik U $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Nowe ściany	0,18–0,25
Stare ściany	0,5–1,2
Okna nowoczesne	0,7–1,3
Okna stare	2,5–3,0
Dach nowy	0,12–0,18
Dach stary	0,5–1,0
Podłoga	0,18–0,30
Drzwi	1,0–1,5

$$R_{zew} = 0.04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{wew} = 0.13 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Opór poszczególnych warstw liczony jest na podstawie jej grubości  $d$  [m] i przewodności cieplnej  $\lambda$  [ $\frac{W}{m \cdot K}$ ] zgodnie z poniższą zależnością:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Po wyznaczeniu poszczególnych oporów cieplnych warstw przegrody można wyznaczyć rezystancję całkowitą, a finalnie współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę:

$$R_{cal} = R_{zew} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{zew}$$

, dla  $n$  warstw budujących przegrodę.

Jeżeli przegroda zawiera okna lub drzwi należy osobno policzyć straty dla poszczególnych elementów przegrody. Dla przykładowej przegrody (ściany budynku) zawierającej trzy jednakowe okna i drzwi należy:

- obliczyć pole powierzchni całkowitej przegrody  $A_P = 40 \text{ m}^2$
- obliczyć pole powierzchni okna  $A_O = 2 \text{ m}^2$
- obliczyć pole powierzchni drzwi  $A_D = 2 \text{ m}^2$

Na tej podstawie można obliczyć pole powierzchni ściany w przegrodzi:

$$A_S = A_P - 3 \cdot A_O - A_D = 40 - 3 \cdot 2 - 2 = 32 \text{ m}^2$$





Następnie można policzyć straty na przegrodzie będące sumą poszczególnych strat związanych z ścianą, oknami i drzwiami.

Dane:

$$— U_S = 0.23 \frac{W}{m^2 \cdot K},$$

$$— U_O = 1 \frac{W}{m^2 \cdot K},$$

$$— U_D = 1.3 \frac{W}{m^2 \cdot K},$$

$$— \text{różnica temperatury } \Delta T = 21 - (-20) = 41 K.$$

Wyznaczenie strat ciepła przez przegrodę:

$$— Q_S = A_S \cdot U_S \cdot \Delta T = 32 \cdot 0.23 \cdot 41 \simeq 420 W,$$

$$— Q_O = A_O \cdot U_O \cdot \Delta T = 6 \cdot 1 \cdot 41 = 246 W,$$

$$— Q_D = A_D \cdot U_D \cdot \Delta T = 2 \cdot 1.3 \cdot 41 \simeq 106 W,$$

Straty całkowite dla przegrody wynoszą:

$$Q_{cal} = Q_S + Q_D + Q_O = 420 + 246 + 106 = 772 W$$

## Straty przez wentylację

Ciepło w budynku jest także tracone przez system wentylacyjny. Wartość tą wyznacza się na podstawie kubatury pomieszczenia i wydajności systemu wentylacyjnego na podstawie poniższej zależności:

$$Q_{went} = 0.34 \cdot n \cdot V \cdot \Delta T$$

Wartości wydajności typowych systemów wentylacyjnych zestawiono w tabeli 6.

## Uzysk ciepła

Opcjonalnie można doliczyć uzysk ciepła występujący w analizowanym budynku. Mogą to być:

- urządzenia elektryczne o znacznej mocy, pracujących w trybie ciągłym (komputery, monitory, itp), zakłada się że cała moc urządzenia jest transformowana na ciepło,



Tabela 6: Typowe wartości liczby wymian powietrza  $n$  do obliczeń strat ciepła

Typ wentylacji / Budynku	$n \left[ \frac{1}{h} \right]$
Stara wentylacja naturalna (nieszczelny budynek)	1,0 – 2,0
Typowa wentylacja grawitacyjna (domy z lat 80-90)	0,8 – 1,0
Współczesny dom jednorodzinny (grawitacyjna, szczelny)	0,5 – 0,7
Wentylacja mechaniczna wywiewna	0,5 – 0,7
Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna	0,5
Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła (rekuperacja)	0,3 – 0,5
Budynek energooszczędny / pasywny z rekuperacją	0,3 – 0,4

— ludzi (80-100 W od osoby)

— okien

Zysk ciepła od promieniowania słonecznego przez okna należy wyznaczyć dla najgorszego przypadku (kiedy promieniowanie jest najmniejsze (grudzień/styczeń), na podstawie danych pomiarowych [4]. Obliczenia realizuje się dla każdego okna zgodnie z poniższym wzorem:  $Q_{okna} = A_O \cdot G \cdot F \cdot g$ , gdzie:

$Q_{okna}$  - zysk ciepła od okna

$A_O$  - powierzchnia szyby [ $m^2$ ]

$G$  – miesięczne napromieniowanie słoneczne na płaszczyznę okna [ $kWh/m^2$ ]

$F$  – współczynnik korekcyjny (orientacja, nachylenie, zacienienie)  $F = F_O \cdot F_K \cdot F_Z$ , w tabelach 7, 8, 9 zestawiono wartości poszczególnych współczynników

$g$  - współczynnik przepuszczalności energii całkowitej przez szybę, jak pokazano w tabeli 10.

Tabela 7: Korekta orientacji  $F_O$

Orientacja okna	Przykładowa wartość $F_O$
Południe (S)	1,0
Południowy wschód/zachód (SE/SW)	0,9
Wschód/zachód (E/W)	0,7–0,8
Północny wschód/zachód (NE/NW)	0,4–0,5
Północ (N)	0,2–0,3

Tabela 8: Korekta orientacji  $F_o$

Kąt nachylenia (od poziomu)	Wartość $F_k$
0° (poziomo)	1,00
15°	0,98
30°	0,95
45°	0,91
60°	0,87
75°	0,93
90° (pionowo)	1,00

Jeżeli okno jest w jakimś stopniu zacienione poprzez żaluzje, balkony, markizy, daszki czy roślinność należy zastosować odpowiednią wartość współczynnika  $F_z$ .

Tabela 9: Korekta zacienienia  $F_z$

Stopień zacieniane	Wartość $F_z$
brak	1,00
lekkie zacienienie	0,7
średnie zacienienie	0,5
silne zacienienie	0,3
bardzo silne zacienienie	0,1

Tabela 10: Korekta zacienienia  $F_z$

Typ przeszklenia	Współczynnik g
Szyba pojedyncza bez powłok	0,85 – 0,90
Szyba zespolona 2-szybowa (standardowa, bez powłok)	0,72 – 0,80
Szyba zespolona 2-szybowa, niskoemisyjna, wypełniona argonem	0,55 – 0,65
Szyba zespolona 3-szybowa, niskoemisyjna, wypełniona argonem	0,45 – 0,55
Szyba selektywna (z powłoką selektywną, najnowsze technologie)	0,35 – 0,45
Szyba z potrójnym przeszkleniem (high performance)	0,30 – 0,45
Szyba przeciwsłoneczna, refleksyjna	0,20 – 0,35

## Straty całkowite

Zysk całkowity liczy się jako sumę poszczególnych zysków:

$$Q_{zysk} = Q_{elek} + Q_{osob} + Q_{okien}$$





Straty całkowite liczone są jako suma strat od wszystkich przegród z uwzględnieniem strat od mostków cieplnych i wentylacji pomniejszonych o wyznaczone zyski ciepłe.

$$Q = 1.05 \cdot \sum_{i=1}^n Q_i + Q_{went} - Q_{zysk}$$

, gdzie  $n$  jest liczbą przegród. Ostateczną wartość strat wyznaczanych dla dobrania pompy ciepła można powiększyć o 10 do 20% jako zapas.

## Dobór pompy ciepła

Dla wyznaczonych strat cieplnych dla **CO** i obliczonego zapotrzebowania na ciepło do **CWU** należy dobrać odpowiednią pompę ciepła. Podstawowym zadaniem pompy ciepła jest dostarczenie energii do ogrzania budynku do systemu CO. Jeżeli pompa ma być jedynym źródłem ciepła jej moc powinna w 100% pokrywać wyznaczone zapotrzebowanie. Możliwe jest dobranie pompy na poziomie 80-90% wymaganej mocy przy wspomaganie ogrzewania dodatkowym źródłem (np. grzałką elektryczną).

Analizując parametry dobieranej pompy ciepła należy zwrócić uwagę na poniższe parametry:

- Moc grzewcza (przy danych parametrach pracy), np. A-7/W35 oznacza: powietrze  $-7^{\circ}\text{C}$ , woda grzewcza  $35^{\circ}\text{C}$ .
- COP (współczynnik efektywności) dla zadanych warunków (im wyższy, tym niższe koszty eksploatacji).
- Temperatura zasilania instalacji grzewczej (im niższa, tym wyższa sprawność pompy – podłogówka lepsza niż grzejniki).
- Charakterystyka pracy przy różnych temperaturach zewnętrznych (krzywa mocy).

Ważnym kryterium jest też wybór typu pompy, jednego z trzech:

1. *Powietrzna pompa ciepła (powietrze-woda)*: Najłatwiejszy montaż, niższy koszt inwestycyjny, ale niższa sprawność przy niskich temperaturach.



2. *Gruntowa pompa ciepła (solanka-woda)*: Wyższy koszt inwestycyjny (odwierty), ale bardzo wysoka sprawność i stabilna praca przez cały rok.
3. *Wodna pompa ciepła (woda-woda)*: Wysoka sprawność, ale wymaga stałego dostępu do odpowiedniej ilości wody gruntowej.

Przy wyborze typu decydujące są warunki środowiskowe i finansowe:

- Dostępności gruntu/wody.
- Warunków lokalnych (miejsce, powierzchnia działki, strefa klimatyczna).
- Budżetu inwestycyjnego.
- Wymagań inwestora (np. cisza, ekologia).

W tabeli 11 poniżej zestawiono przykłady pomp ciepła do wyboru dla inwestycji.

Tabela 11: Zestawienie modeli pomp ciepła wraz z parametrami

Typ	Model	Moc [kW]	COP	SCOP	CWU	[PLN]
Powietrze	Panasonic Aquarea T-CAP 9 kW	9,0 (A-7/W35)	3,42 (A-7/W35)	4,7	Tak	23000
	Daikin Altherma 3 8 kW	8,0 (A-7/W35)	3,36 (A-7/W35)	4,6	Tak	23500
	Kaisai Arctic 8 kW	8,0 (A-7/W35)	3,10 (A-7/W35)	4,3	Tak	13500
Grunt	NIBE S1255-6 (gruntowa, inverter)	8,5 (B0/W35)	4,70 (B0/W35)	5,1	Tak	38000
	Vaillant flexoTHERM VWF 87/4	8,9 (B0/W35)	4,70 (B0/W35)	5,0	Opcja	36000
	Bosch Compress 7000i LW 8 kW	8,0 (B0/W35)	4,70 (B0/W35)	4,7	Tak	35000
Woda	NIBE F1226-8	8,0 (W10/W35)	5,40 (W10/W35)	5,4	Tak	39000
	Viessmann Vitocal 200-G Pro WW	8,5 (W10/W35)	5,30 (W10/W35)	5,3	Tak	36000
	Galmet Maxima W 8 kW	8,0 (W10/W35)	5,20 (W10/W35)	5,1	Tak	31000



## Dobór pozostałych elementów instalacji

Dobór elementów instalacji z pompą ciepła (**bufory**, **zasobniki CWU**, **wymienniki ciepła**) to istotny etap projektowania systemu grzewczego, który wpływa na efektywność, trwałość i komfort użytkowania. Poniżej znajdziesz kluczowe kryteria doboru i główne zasady:

### Bufor ciepła

Bufor ciepła inaczej określany jako zbiornik buforowy lub akumulacyjny zapewnia stabilizację pracy pompy ciepła, pozwala na magazynowanie nadwyżek ciepła oraz poprawa żywotności urządzenia dzięki zmniejszeniu liczby załączeń pompy ciepła.

Pojemność bufora dobiera się na podstawie:

- Mocy pompy ciepła,
- Rodzaju instalacji (grzejniki 20–50 l/kW mocy pompy, podłogówka 10–20 l/kW mocy pompy),
- Wymaganej bezwładności cieplnej, ograniczenie częstotliwości załączania pompy ciepła, wskazane są jak najdłuższe cykle pracy,
- Trybu pracy (grzanie/chłodzenie, współpraca z innymi źródłami ciepła).

Minimalną pojemność bufora ciepła określa się na podstawie zależności:

$$V = \frac{Q}{c_w \cdot \Delta T}$$

gdzie  $c_w$  ciepło właściwe wody =  $1.163 \frac{kWh}{m^3 \cdot K}$

$\Delta T$  - różnica temperatury między zasilaniem a powrotem, np.  $\Delta T = 10^\circ C$

Ilość energii  $Q$  określa się na podstawie mocy pompy ciepła i minimalnego czasu załączenia pompy.

$$Q = P_{PC} \cdot t_{min}$$

Przykładowo dla pompy ciepła o mocy  $P_{PC} = 8.9 kW$  różnicy temperatury  $\Delta T = 10^\circ C$  i minimalnego czasu pracy 15 min  $t_{min} = 0.25h$ :

$$Q = P_{PC} \cdot t_{min} = 8.9 \cdot 0.25 = 2.225 kWh$$







$$V = \frac{Q}{c^w \cdot \Delta T} = \frac{2.225}{1.163 \cdot 10} = 0.191 \text{ m}^3 \Rightarrow 191 \text{ l}$$

Dobierany bufor ciepła musi mieć minimum 191 litrów pojemności. W zależności od sposobu przekazywania ciepła do otoczenia:

- ogrzewanie podłogowe pojemność w zakresie od 89 do 178 litrów
- przy grzejnikach przyściennych w zakresie od 178 do 445 litrów

Jeżeli instalacja ma współpracować np. z kolektorami słonecznymi bufor musi być wielofunkcyjny (dodatkowa wężownica)

## Zasobnik CWU

Jeżeli instalacja z pompą ciepła poza zapewnieniem CO ma także wspomagać lub zapewniać dostęp do CWU konieczne staje się dołączenie do instalacji zasobnika CWU. Kryteria doboru są analogiczne do omówionych w instrukcji do ćwiczenia z kolektorów słonecznych. W przypadku wspomaganie systemu CWU przez pompę ciepła powierzchnię wężownicy w obiegu z pompą należy dobrać w stosunku  $0.25 - 0.4 \text{ m}^2$  na każdy 1 kW mocy pompy. W celu zwiększenia komfortu użytkowego można dołączyć do obiegu CWU system recyrkulacji.

## Wymiennik ciepła

W zależności od przyjętego rozwiązanie pomiędzy obiegiem czynnika roboczego w pompie ciepła i innymi systemami (np. CO, CWU, itd) stosuje się wymienniki ciepła:

- Oddzielenie hydrauliczne obiegu – np. gdy obieg pompy ciepła i obieg odbiorników mają różne:
  - ciśnienia robocze,
  - rodzaje czynnika grzewczego (np. woda z glikolem po stronie PC, czysta woda po stronie instalacji CO/CWU),
  - parametry pracy (temperatury, przepływy).





- Ochrona pompy ciepła – gdy w instalacji istnieje ryzyko zanieczyszczeń lub korozji, wymiennik izoluje obieg pierwotny od wtórnego.
- Integracja kilku źródeł ciepła – np. PC + kocioł na paliwo stałe + solar.
- Podłączenie do istniejącej instalacji – gdy w domu już jest instalacja z innym czynnikiem grzewczym i chcemy dołączyć pompę ciepła bez jej przeróbek.

Podsumowując, dobierając elementy, bierze się pod uwagę:

1. Bilans cieplny budynku (obliczone zapotrzebowanie na ciepło),
2. Parametry techniczne pompy ciepła (moc, typ, temperatury pracy),
3. Komfort użytkownika (ilość i dostępność CWU, liczba użytkowników),
4. Rodzaj odbiorników (podłogówka, grzejniki, mieszany system),
5. Przewidywane źródła i odbiorniki ciepła (solar, kominiek z płaszczem, inne),
6. Możliwość przyszłej rozbudowy instalacji,
7. Warunki techniczne budynku (miejsce na bufor, zasobnik),
8. Budżet inwestora.

## Zadanie

Dla zadanej lokalizacji i podanych warunków technicznych zaprojektować instalację CO z pompą ciepła. Zaproponować optymalne rozwiązanie dla wybranej lokalizacji. Dokument projektowy przygotować zgodnie z wytycznymi i wymogami prowadzącego zajęcia.

## Literatura

- [1] Prezentacja „Pompa ciepła – rozwiązanie przyszłości”, XIX Forum Termomodernizacja (Warszawa, 3 kwietnia 2019), [https://www.pompujcieplozglowa.pl/images/download/dla\\_prasy/2024-03-22/Prezentacja\\_Konferencja\\_prasowa\\_rynek\\_w\\_Europie\\_i\\_EPBD\\_](https://www.pompujcieplozglowa.pl/images/download/dla_prasy/2024-03-22/Prezentacja_Konferencja_prasowa_rynek_w_Europie_i_EPBD_)





[22\\_marca\\_2024\\_P\\_Lachman\\_i\\_M\\_Smuczynska\\_final.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](#)

dostęp: 6 sierpnia 2025.

- [2] Norma PN-EN 12831, "Nowa metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego."

[https://www.purmo.com/docs/Poradnik-Purmo-nowa-metoda-obliczania\\_12831\\_01\\_2012.pdf](https://www.purmo.com/docs/Poradnik-Purmo-nowa-metoda-obliczania_12831_01_2012.pdf)

dostęp 7 sierpnia 2025.

- [3] Tabela przewodnictwa cieplnego materiałów budowlanych, <https://builderpro.techinfus.com/pl/uteplenie/teploprovodnost-uteplitelej.html>

dostęp 7 sierpnia 2025

- [4] Strona PVGIS, [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

dostęp 7 sierpnia 2025

