

## **PROJEKT TECHNICZNY – INSTALACJE SANITARNE**

**Nazwa:** „Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej im. Obrońców Tobruku w Tomicach z wymianą źródła ciepła”, ul. Wrzesińska 2, 63-308 Tomice, działka nr 470 / 8, jednostka ewidencyjna Gizałki, obręb ewidencyjny 0016 Tomice.

**Branża:** Sanitarna - Modernizacja instalacji CO wraz z wymianą grzejników i oraz wymianą źródła ciepła i montażem zasobników ciepłej wody przy punktach czerpalnych

**Obiekt:** Szkoła Podstawowa w Tomicach – kategoria budynku IX

**Adres:** działka numer 470 / 8  
jednostka ewidencyjna Tomice obszar wiejski,  
obręb ewidencyjny Tomice

**Inwestor:** Gmina Gizałki,  
ul. Kaliska 28, 63-308 Gizałki

**Jednostka projektowa:**  
PAXBUD INVEST Sp. z o.o z siedzibą przy ul. Słonecznej 1,  
64-600 Bogdanowo, Prezes Zarządu Marcin Modławski

*Autorzy projektu:*

**PROJEKTANT GŁÓWNY:**

specjalność sanitarna

mgr inż. Maja Burzyńska

WKP/0139/PWOS/17

mgr inż. Maja Burzyńska  
uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania  
robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności:  
instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń  
ciepłotnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociagowych  
i kanalizacyjnych

nr upr.: WKP/0139/PWOS/17  
*Podpis*

**Egzemplarz**

**nr 1**

*Chodzież*

*Data opracowania:*

*14 listopad 2025*

**WYKAZ RYSUNKÓW:**

	Nr rysunku	Tytuł rysunku
1.	IS 01	Rzut parteru - instalacja c.o. 1/2
2.	IS 02	Rzut parteru - instalacja c.o. 2/2
3.	IS 03	Rzut piętra - instalacja c.o. 1/2
4.	IS 04	Rzut piętra - instalacja c.o. 2/2
5.	IS 05	Rzut parteru - instalacja wody ciepłej 1/2
6.	IS 06	Rzut parteru - instalacja wody ciepłej 2/2
7.	IS 07	Rzut piętra – instalacja wody ciepłej
8.	IS 08	Aksonometria - instalacja c.w.u.
9.	IS 09	Schemat - instalacja c.o.
10.	IS 10	Rozwinięcie - instalacja c.o. 1/3
11.	IS 11	Rozwinięcie - instalacja c.o. 2/3
12.	IS 12	Rozwinięcie - instalacja c.o. 3/3

## **I. OPIS TECHNICZNY**

### **1. Cel i zakres opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt modernizacji instalacji sanitarnych dla budynku Szkoły Podstawowej w Tomicach, obejmujący modernizację systemu grzewczego oraz instalacji ciepłej wody użytkowej, w celu poprawy efektywności energetycznej obiektu, zwiększenia niezawodności systemów oraz dostosowania instalacji do aktualnych standardów technicznych i eksploatacyjnych.

Zakres opracowania obejmuje kompleksową modernizację źródeł ciepła, instalacji centralnego ogrzewania oraz instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej, z uwzględnieniem możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz zastosowania rozwiązań rezerwowych zapewniających ciągłość pracy systemów.

Szczegółowy zakres :

- wymiana źródeł ciepła (system grzewczy) - wymianę na kocioł uniwersalny na pellet lub drewno zgazowane (60kW) oraz instalację pompy ciepła o mocy około 50 - 80 kW
- modernizacja instalacji grzewczej - dopasowanie do źródła ciepła oraz optymalizację instalacji - wymianę starych elementów przesyłu ciepła i grzejników, montaż zaworów termostatycznych, rozdzielenie na obwody północny i południowy,
- modernizacja instalacji c.w.u. - instalacja zbiorników c.w.u przy punktach poboru zasilanych energią elektryczną lub z fotowoltaiki ze sterownikami załączenia grzałki z programatorem załączającym cwu tylko w czasie użytkowania,
- system monitorowania stężenia CO<sub>2</sub> w klasach z sygnalizacją potrzeby otwarcia okien. System ma zostać zainstalowany w budynku Szkoły Podstawowej im. Obrońców Tobruku w Tomicach.

Wszystkie użyte w niniejszej dokumentacji nazwy producentów są przykładowe i mają na celu wyłącznie wskazanie standardu jakościowego przyjętych systemów i elementów wykonawczych, oraz dostaw urządzeń. W procesie realizacji możliwe jest zastosowanie, urządzeń i aparatury dowolnej firmy, równorzędnych technicznie, o takich samych parametrach, pod warunkiem zachowania standardu jakościowego nie gorszego niż przywołany w dokumentacji. Ewentualne zmiany projektowe spowodowane różnicą zastosowanego w wyniku przetargu wyposażenia, materiałów i aparatury obciążają Wykonawcę.

## 2. Modernizacja źródeł ciepła i systemu grzewczego

### 2.1. Pompa ciepła

W ramach analiz projektowych rozpatrzono możliwość zastosowania alternatywnych źródeł zasilania instalacji grzewczej, w tym **pomp ciepła** oraz **kotła na biomasę (pellet lub drewno zgazowane)**. Po przeprowadzeniu analizy techniczno-eksploatacyjnej jako **docelowe źródło podstawowe** przyjęto **powietrzną pompę ciepła typu powietrze–woda**, kocioł na pellet jako źródło szczytowe, natomiast **istniejący kocioł olejowy** pozostawiono w funkcji **źródła rezerwowego (biwalentnego)**.

Kotły węglowe istniejące wraz z całym układem rozdzielaczy należy przewidzieć do demontażu i likwidacji. W przypadku decyzji Inwestora o złomowaniu urządzeń całość uzyskanego przychodu należy do Zamawiającego.

Projekt przewiduje modernizację systemu grzewczego poprzez zastosowanie **powietrznej pompy ciepła typu powietrze–woda** o mocy w przedziale **ok. 50–80 kW**, stanowiącej **podstawowe źródło ciepła** dla budynku szkoły wraz z nowym skrzydłem, dodatkowo kocioł na pellet jako szczytowe źródło ciepła, które ma zapewnić moc ok. **60 kW**.

W ramach prac projektowych przewidziano współpracę kotła na biomasę wraz z pompami ciepła, ze względu na:

- możliwość pracy w systemie niskotemperaturowym,
- ograniczenie obsługi i uciążliwości eksploatacyjnych,
- możliwość współpracy z instalacją fotowoltaiczną,
- redukcję emisji zanieczyszczeń lokalnych.

Źródło ciepła w postaci powietrznej pompy ciepła zaprojektowano jako **układ kaskadowy czterech jednostek o mocy nominalnej 18 kW każda** (łączna moc ok. 72 kW), zamiast jednej jednostki o dużej mocy znamionowej. Zastosowanie rozwiązania kaskadowego wynika z przesłanek technicznych, eksploatacyjnych oraz energetycznych.

Zastosowanie kaskady umożliwia **lepszą modulację mocy grzewczej** w funkcji rzeczywistego zapotrzebowania budynku. Zapotrzebowanie na ciepło obiektu nie jest stałe w czasie i tylko w warunkach obliczeniowych osiąga wartość maksymalną. Układ kaskadowy pozwala na pracę jednej, dwóch lub trzech jednostek, co ogranicza liczbę cykli załączeń i wyłączeń sprężarek oraz poprawia stabilność pracy systemu.

Rozwiązanie to zapewnia również **wyższą sprawność sezonową (SCOP)** w porównaniu do pojedynczej jednostki dużej mocy. Pompy ciepła o mniejszych mocach znamionowych charakteryzują się korzystniejszą charakterystyką pracy przy częściowym obciążeniu, które dominuje w bilansie energetycznym budynku w skali roku.

Zastosowanie kaskady **zwiększa bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacji**. W przypadku awarii jednej z jednostek system zachowuje zdolność pracy z pozostałymi pompami, zapewniając

częściowe pokrycie zapotrzebowania cieplnego budynku (ok. 36 kW), co jest szczególnie istotne w obiekcie użyteczności publicznej.

Układ kaskadowy umożliwia ponadto **łatwiejsze spełnienie wymagań akustycznych**. Zastosowanie kilku jednostek o mniejszej mocy pozwala na redukcję poziomu hałasu emitowanego przez pojedyncze urządzenia oraz elastyczne sterowanie ich pracą, co ułatwia dotrzymanie dopuszczalnych poziomów hałasu w sąsiedztwie budynku.

Jednostki o mocy ok. 18 kW stanowią standardowe wyroby seryjne wielu producentów, co ułatwia ich dostępność, obsługę serwisową oraz ewentualną wymianę lub rozbudowę systemu w przyszłości.

System grzewczy zaprojektowano jako układ wieloźródłowy biwalentny alternatywny, składający się z:

- kaskady czterech powietrznych pomp ciepła typu powietrze–woda o mocy jednostkowej 18 kW,
- kotła na pellet jako źródła szczytowego
- zespołu dwóch zbiorników buforowych o pojemności  $2 \times 2500$  l,
- istniejącego kotła olejowego pozostawionego wyłącznie jako źródło awaryjne, trwale odcięte zaworem.

Pompy ciepła stanowią źródło podstawowe, natomiast kocioł na pellet przejmuje pokrycie szczytowych obciążeń cieplnych.

**Istniejący kocioł olejowy** pozostawiono jako **źródło biwalentne (rezerwowe)**, zapewniające możliwość przejęcia pełnego obciążenia cieplnego budynku w sytuacjach awaryjnych, podczas prac serwisowych pompy ciepła lub w warunkach szczególnych.

Pompa ciepła oraz kocioł olejowy podłączone są **równolegle** do wspólnego zbiornika buforowego o pojemności  $2 \times 2500$  l, pełniących funkcję sprężgła hydraulicznego oraz magazynu energii cieplnej. Wszystkie źródła pracują w **układzie biwalentnym alternatywnym**, z wykluczeniem ich jednoczesnej pracy jako źródeł podstawowych.

## 2.2. Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania

Projekt obejmuje **modernizację istniejącej instalacji centralnego ogrzewania**, mającą na celu jej dostosowanie do pracy z nowym źródłem podstawowym – pompą ciepła – oraz zapewnienie prawidłowej współpracy z rezerwowym źródłem olejowym.

Zakres modernizacji instalacji C.O. obejmuje:

- wymianę wyeksploatowanych elementów instalacji i przewodów,
- montaż nowych grzejników dostosowanych do parametrów pracy instalacji niskotemperaturowej,
- montaż zaworów termostatycznych z nastawą wstępną,
- zastosowanie armatury regulacyjnej i równoważącej,
- rozdzielenie instalacji na obwody **północny i południowy**,

- wykonanie regulacji hydraulicznej instalacji.

Instalacja zaprojektowana jest jako instalacja **pompowa, dwururowa**, zasilana z bufora ciepła, z regulacją temperatury wody grzewczej za pomocą automatyki pogodowej.

### 3. Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej (c.w.u.)

Projekt przewiduje modernizację instalacji c.w.u. polegającą na zastosowaniu **lokalnych zasobników ciepłej wody użytkowej** zasilanych energią elektryczną, z możliwością wykorzystania energii z instalacji fotowoltaicznej.

Zakres modernizacji obejmuje:

- montaż lokalnych zasobników przy punktach poboru,
- wyposażenie zasobników w grzałki elektryczne,
- zastosowanie sterowników z programatorami czasowymi,
- ograniczenie strat ciepła związanych z rozległą dystrybucją c.w.u.

### 4. Automatyka i sterowanie

Kotłownia powinna być w system automatyki zapewniający:

- sterowanie pracą pompy ciepła jako źródła podstawowego,
- automatyczne lub ręczne przełączanie pracy na istniejący kocioł olejowy w trybie rezerwowym,
- blokadę jednoczesnej pracy źródeł,
- regulację parametrów instalacji grzewczej w oparciu o krzywą pogodową,
- sterowanie obiegami grzewczymi

### 5. Wentylacja kotłowni

**Pomieszczenie technicznym w wydzielonej kotłowni**, w którym zlokalizowano **urządzenia instalacji grzewczej zasilanej powietrzną pompą ciepła** o mocy 72 kW, wraz z buforami ciepła, pompami obiegowymi, rozdzielaczami oraz armaturą towarzyszącą oraz kotłem na pellet pomieszczenia ma celu:

- zapewnienia prawidłowej wymiany powietrza,
- odbioru ciepła stratnego od urządzeń,
- zapewnienia warunków bezpiecznej i poprawnej eksploatacji urządzeń technicznych

#### Charakterystyka pomieszczenia technicznego

- Przeznaczenie: pomieszczenie techniczne instalacji grzewczej
- Powierzchnia: **ok. 44 m<sup>2</sup>**

- Wysokość: **min. 2,5 m**
- Kubatura: **ok. 110 m<sup>3</sup>**
- Wyposażenie:
  - moduł hydrauliczny pompy ciepła,
  - bufor ciepła 2x2500 l,
  - pompy obiegowe,
  - rozdzielacze i armatura regulacyjna.

W pomieszczeniu **występują urządzenia spalające paliwa ciekłe ani stałe**, ani instalacje wymagające doprowadzenia powietrza do spalania. Należy wykorzystać przewód spalinowy w celu podłączenia kotła na pellet.

Z uwagi na charakter pomieszczenia technicznego przyjęto **wentylację grawitacyjną nawiewno–wywiewną**, realizowaną poprzez otwory wentylacyjne w ścianie zewnętrznej oraz kanał wywiewny wyprowadzony ponad dach budynku.

Wentylacja ma zapewnić:

- stałą wymianę powietrza,
- ograniczenie wzrostu temperatury w pomieszczeniu,
- odprowadzenie ciepła wydzielanego przez urządzenia elektryczne i hydrauliczne.

### 5.1. Wentylacja nawiewna

#### Rozwiązanie techniczne

Nawiew powietrza do pomieszczenia technicznego realizowany jest **bezpośrednio z zewnątrz budynku** poprzez stały otwór nawiewny w ścianie zewnętrznej, zabezpieczony kratką nawiewną z żaluzją stałą.

#### Lokalizacja nawiewu

- nawiew zlokalizowany w dolnej strefie pomieszczenia,
- wysokość montażu kratki: **max. 30 cm nad poziomem posadzki**.

#### Obliczenie powierzchni nawiewu

Dla pomieszczeń technicznych bez urządzeń spalających paliwa przyjmuje się minimalną powierzchnię nawiewu:

$$A_n \geq 200 \text{ cm}^2$$

Z uwagi na powierzchnię pomieszczenia oraz moc zainstalowanych urządzeń przyjmuje się nawiew powiększony:

$$A_{n,proj} = 400 \text{ cm}^2$$

Projektuje się kratkę nawiewną:

- **20 × 20 cm**, powierzchnia czynna min. 400 cm<sup>2</sup>.

## 5.2. Wentylacja wywiewna

Wywiew powietrza realizowany jest poprzez kanał wentylacji grawitacyjnej, wyprowadzony pionowo ponad dach budynku.

Lokalizacja wywiewu

- kratka wywiewna w górnej części pomieszczenia,
- montaż max. 30 cm poniżej stropu,
- kanał pionowy, bez przewężeń.

Przekrój kanału wywiewnego

Minimalny przekrój kanału wywiewnego 20 × 20 cm lub równoważnie Ø200 mm

Przyjęta wentylacja zapewnia: 1,0–1,5 wymiany powietrza na godzinę.

Dla kubatury pomieszczenia min. 110 m<sup>3</sup>:

$$\dot{V} = 110\text{--}165 \text{ m}^3/\text{h}$$

Powyższa wymiana powietrza wystarcza do odprowadzenia ciepła stratnego wydzielanego przez urządzenia instalacji grzewczej.

Otworów nawiewnych i wywiewnych **nie wolno wyposażać w elementy zamykane**.

Wentylacja powinna pracować **ciągle**, niezależnie od trybu pracy pompy ciepła.

Niedopuszczalne jest stosowanie wyciągów mechanicznych powodujących podciśnienie w pomieszczeniu.

Kratki wentylacyjne należy utrzymywać w stanie drożnym.

## 5.3. Dobór komina

Dla projektowanego kotła na pellet o mocy nominalnej 60 kW zaprojektowano indywidualny komin spalinowy ze stali kwasoodpornej, przystosowany do pracy z kotłami na biomasę.

Przyjęto komin:

- średnica nominalna: Ø 180 mm,
- typ: stalowy, dwuścienny, izolowany,
- klasa wg PN-EN 1856-1: T200 – P1 – W – V2,
- odporność na kondensat i korozję od biomasy,
- wysokość czynna komina: min. 8,0 m.

Komin wyposażono w:

- wyczystkę z odskraplaczem kondensatu,
- odprowadzenie kondensatu do kanalizacji,
- elementy rewizyjne i pomiarowe.

Wylot komina należy wyprowadzić zgodnie z wymaganiami Warunków Technicznych oraz PN-B-10425.



## 6. Bilans mocy i obliczenia

### 6.1. Dane wyjściowe i założenia projektowe

- Obiekt: Szkoła Podstawowa w Tomicach
- Temperatura obliczeniowa zewnętrzna: **-18°C**
- Obliczeniowa strata ciepła budynku: **120 kW**
- System ogrzewania: grzejnikowy, dwururowy, pompowy
- Parametry obliczeniowe instalacji: **45/35°C**,  $\Delta T = 10 \text{ K}$
- Objętość wodna instalacji (rury + grzejniki + armatura): **~841 l**
- Źródło podstawowe 60%: **powietrzna pompa ciepła 72 kW**
- Źródło szczytowe i rezerwowe : **kocioł na pellet 138 kW**
- Źródło biwalentne: **istniejący kocioł olejowy**
- Bufor ciepła: **2x2500 l**

### 6.2. Bilans mocy i dobór źródła podstawowego – dla instalacji grzewczej Szkoły

Obliczeniowa strata ciepła budynku przy  $T_e = -18^\circ\text{C}$  wynosi 52,2 kW.

Symbol źródła ciepła:		OBIEG NR 1	
Parametry czynnika grzejnego:			
$\theta_{s,H}$ , [°C]:	50,00	$\theta_{r,H}$ , [°C]:	35,00
$\theta_{r,r,H}$ , [°C]:	34,51		
Rodzaj czynnika:	Woda	Stężenie, [%]:	100,0
Informacje o instalacji:			
Całkowity strumień wody w instalacji $\dot{M}_{inst}$ , [kg/s]:			0,169
Całkowita pojemność instalacji $V_{inst}$ , [l]:			163
Obliczeniowa moc cieplna instalacji $\Phi_{HL,inst}$ , [W]:			10604
Moc tracona $\Phi_{lost,inst,H}$ , [W]:			351
Całkowita moc przekazywana przez instalację $\Phi_{tot,inst,H}$ , [W]:			10955
Parametry źródła ciepła:			
$\Delta p_{HS}$ , [Pa]:	378	VHS, [l]:	5,0
Wymagane ciśnienie dyspozycyjne w źródle $\Delta p_{disp}$ , [Pa]:			26029
Dodatkowa rezerwa mocy do ładowania bufora $\Phi_{HL,reserve}$ , [W]:			
Orientacyjna moc cieplna źródła zimą $\Phi_{HL,winter}$ , [W]:			10604
Obliczeniowa moc cieplna źródła latem $\Phi_{HL,summer}$ , [W]:			
Obliczeniowa moc cieplna źródła w okr. przejściowym $\Phi_{HL,part}$ , [W]:			
Liczba jednocześnie pracujących węzłów mieszk.NFS,sim, [szt.]:			
Statystyka pomieszczeń i grzejników dla źródła:			
Pomieszczenia ogrzewane:			
Przegrzewane:	0	Nadmiar mocy, [W]:	294
Niedogrzewane:	0	Deficyt mocy, [W]:	30
Moc grzejna, [W]:	10398	Zyski od przewodów, [W]:	389
Pomieszczenia nieogrzewane:			
Moc grzejna, [W]:	0	Zyski od przewodów, [W]:	0

<b>Grzejniki:</b>			
Przegrzewające:	0	Nadmiar mocy, [W]:	184
Niedogrzewające:	0	Deficyt mocy, [W]:	48
Moc obliczeniowa:	15800	Moc rzeczywista, [W]:	15376
<b>Symbol źródła ciepła:</b>			
OBIEG NR 2			
<b>Parametry czynnika grzejnego:</b>			
$\theta_{s,H}$ , [°C]:	50,00	$\theta_{r,H}$ , [°C]:	35,00
$\theta_{r,r,H}$ , [°C]:	34,41		
Rodzaj czynnika:	Woda	Stężenie, [%]:	100,0
<b>Informacje o instalacji:</b>			
Całkowity strumień wody w instalacji $\dot{M}_{inst}$ , [kg/s]:			0,466
Całkowita pojemność instalacji $V_{inst}$ , [l]:			498
Obliczeniowa moc cieplna instalacji $\Phi_{HL,inst}$ , [W]:			29210
Moc tracona $\Phi_{lost,inst,H}$ , [W]:			1105
Całkowita moc przekazywana przez instalację $\Phi_{tot,inst,H}$ , [W]:			30315
<b>Parametry źródła ciepła:</b>			
$\Delta p_{HS}$ , [Pa]:	2870	VHS, [l]:	5,0
Wymagane ciśnienie dyspozycyjne w źródle $\Delta p_{disp}$ , [Pa]:			33996
Dodatkowa rezerwa mocy do ładowania bufora $\Phi_{HL,reserve}$ , [W]:			
Orientacyjna moc cieplna źródła zimą $\Phi_{HL,winter}$ , [W]:			29210
Obliczeniowa moc cieplna źródła latem $\Phi_{HL,summer}$ , [W]:			
Obliczeniowa moc cieplna źródła w okr. przejściowym $\Phi_{HL,part}$ , [W]:			
Liczba jednocześnie pracujących węzłów mieszk.NFS,sim, [szt.]:			
<b>Statystyka pomieszczeń i grzejników dla źródła:</b>			
<b>Pomieszczenia ogrzewane:</b>			
Przegrzewane:	0	Nadmiar mocy, [W]:	657
Niedogrzewane:	0	Deficyt mocy, [W]:	4
Moc grzejna, [W]:	28574	Zyski od przewodów, [W]:	1252
<b>Pomieszczenia nieogrzewane:</b>			
Moc grzejna, [W]:	0	Zyski od przewodów, [W]:	0
<b>Grzejniki:</b>			
Przegrzewające:	0	Nadmiar mocy, [W]:	569
Niedogrzewające:	0	Deficyt mocy, [W]:	4
Moc obliczeniowa:	34405	Moc rzeczywista, [W]:	33512
<b>Symbol źródła ciepła:</b>			
OBIEG NR 2A			
<b>Parametry czynnika grzejnego:</b>			
$\theta_{s,H}$ , [°C]:	50,00	$\theta_{r,H}$ , [°C]:	35,00
$\theta_{r,r,H}$ , [°C]:	34,30		
Rodzaj czynnika:	Woda	Stężenie, [%]:	100,0
<b>Informacje o instalacji:</b>			
Całkowity strumień wody w instalacji $\dot{M}_{inst}$ , [kg/s]:			0,198
Całkowita pojemność instalacji $V_{inst}$ , [l]:			180
Obliczeniowa moc cieplna instalacji $\Phi_{HL,inst}$ , [W]:			12398
Moc tracona $\Phi_{lost,inst,H}$ , [W]:			711
Całkowita moc przekazywana przez instalację $\Phi_{tot,inst,H}$ , [W]:			13109

Parametry źródła ciepła:			
$\Delta p_{HS}$ , [Pa]:	517	VHS, [l]:	5,0
Wymagane ciśnienie dyspozycyjne w źródle $\Delta p_{disp}$ , [Pa]:	14899		
Dodatkowa rezerwa mocy do ładowania bufora $\Phi_{HL, reserve}$ , [W]:			
Orientacyjna moc cieplna źródła zimą $\Phi_{HL, winter}$ , [W]:	12398		
Obliczeniowa moc cieplna źródła latem $\Phi_{HL, summer}$ , [W]:			
Obliczeniowa moc cieplna źródła w okr. przejściowym $\Phi_{HL, part}$ , [W]:			
Liczba jednocześnie pracujących węzłów mieszk.NFS,sim, [szt.]:			

### 6.3. Zapotrzebowanie cieplne układu

Na podstawie obliczeń projektowych oraz schematu technologii z nowo wybudowanego skrzydła szkoły przyjęto następujące obciążenia cieplne:

- Budynek szkoły podstawowej:

$$\Phi_1 = 52,2 \text{ kW}$$

- Budynek nowy / ogrzewanie + nagrzewnice central wentylacyjnych:

$$\Phi_2 = 67,8 \text{ kW}$$

Całkowite obliczeniowe zapotrzebowanie cieplne układu:

$$\Phi_{\text{całk}} = \Phi_1 + \Phi_2 = 52,2 + 67,8 = 120,0 \text{ kW}$$

**Całkowite zapotrzebowanie cieplne projektowanego układu wynosi:  
 $\Phi = 120 \text{ kW}$ .**

#### 6.3.1. Koncepcja pracy układu źródeł

Instalację zaprojektowano jako **układ wieloźródłowy biwalentny alternatywny**, składający się z:

- kaskady **4 pomp ciepła powietrze–woda**,
- kotła na pellet** jako źródła szczytowego
- wspólnego zespołu buforów ciepła,
- istniejącego kotła olejowego pozostawionego jako źródło awaryjne, trwale odcięte zaworem.

Pompy ciepła pokrywają **bazowe zapotrzebowanie cieplne w okresach przejściowych i normalnej zimy**, natomiast kocioł na pellet przejmuje:

- pokrycie szczytowych obciążeń cieplnych,
- pracę przy niskich temperaturach zewnętrznych,
- szybkie ładowanie buforów,
- pełne przejęcie obciążenia w razie postoju pomp ciepła.

### 6.3.2. Dobór mocy kaskady pomp ciepła

Przyjęto pozostawienie jednostek o mocy **18 kW każda**.

Liczba jednostek:

**n = 4 szt.**

Łączna moc kaskady:

$$P_{PC} = 4 \cdot 18 = 72 \text{ kW}$$

Udział pomp ciepła w pokryciu mocy całkowitej:

$$\frac{72}{120} = 0,60 \text{ (60\%)}$$

**Kaskada pomp ciepła pokrywa ok. 60% zapotrzebowania cieplnego układu.**

Rozwiązanie to zapewnia:

- dobrą modulację mocy (18 / 36 / 54 / 72 kW),
- wysoką sprawność sezonową,
- możliwość pracy jednej, dwóch, trzech lub czterech jednostek.

Jako podstawowe źródło ciepła dla budynku Szkoły Podstawowej w Tomicach zaprojektowano układ kaskadowy powietrznych pomp ciepła typu powietrze–woda Daikin Altherma 3 H HT o łącznej mocy grzewczej ok. 72 kW. Układ składa się z trzech jednostek o mocy 18 kW każda, przeznaczonych do pracy w instalacjach niskotemperaturowych oraz modernizacyjnych, z możliwością uzyskania temperatury wody zasilającej do 70°C, co pozwala na współpracę z projektowanymi grzejnikami.

Pompy ciepła pracują na wspólny zbiornik buforowy o pojemności 500 l, pełniący funkcję sprzęgła hydraulicznego oraz magazynu energii cieplnej. Instalacja grzewcza pracuje na parametrach obliczeniowych 45/35°C. Jednostki zewnętrzne pomp ciepła zlokalizowano przy ścianie zewnętrznej pomieszczenia technicznego, z zachowaniem wymaganych odległości serwisowych i ograniczeń poziomu hałasu. Sterowanie pracą kaskady realizowane jest przez automatykę fabryczną producenta, zapewniającą równomierne obciążenie poszczególnych jednostek oraz modulację mocy w funkcji zapotrzebowania na ciepło.

Pompy ciepła zasilane są z sieci 3×400 V i pracują w układzie biwalentnym alternatywnym, z priorytetem pracy pomp ciepła oraz możliwością przełączenia instalacji na źródło rezerwowe (istniejący kocioł olejowy) w sytuacjach awaryjnych lub serwisowych.

Przyjęta pompa ciepła zapewnia:

- pokrycie zapotrzebowania cieplnego w warunkach obliczeniowych – 60%,

- możliwość stabilnej pracy bez częstego załączania źródła rezerwowego.
- Potrzebna moc cieplna na projektowym punkcie = 72,0 kW.

Wytyczne elektryczne:

COP ~3,2–3,8 (wartość zależy od warunków),

elektryczne obciążenie przy Q=72 kW to rząd ~22–28 kW (ok. 36–38 A przy 4×400 V)

Przepływy hydrauliczne (dla obiegu grzewczego)

Formuła użyta:  $Q \text{ [kW]} = 1,163 \cdot \dot{V} \text{ [m}^3/\text{h]} \cdot \Delta T \text{ [K]}$

$$Q = 52,20 \text{ kW}, \Delta T = 10 \text{ K} \rightarrow \text{obliczone } \dot{V} = 4,49 \text{ m}^3/\text{h} (\approx 74,8 \text{ L/min}).$$

Dla pompy ciepła o mocy nominalnej 55 kW przepływ główny (sumaryczny) po stronie instalacji grzewczej przy 45/35 i  $\Delta T$  10 K wynosi  $\dot{V} \approx 4,73 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Dobraną zespół pomp ciepła 72 kW jest wystarczająca.

### 6.3.3. Dobór mocy kotła na pellet

Kocioł na pellet musi być zdolny do:

- pokrycia brakującej części mocy przy pracy pomp ciepła:

$$\Phi_{brak} = 120 - 72 = 48 \text{ kW}$$

Przyjęto rezerwę mocy 15-20%:

$$P_{\text{pellet}} = 48 \cdot 1,2 \approx 58 \text{ kW}$$

**Dobrano kocioł na pellet o mocy nominalnej: P = 60 kW.**

Taki dobór zapewnia:

- możliwość pełnej pracy samodzielnej kotła,
- szybkie ładowanie buforów,
- bezpieczną rezerwę mocy.

### 6.3.4. Dobór bufora ciepła – 2 × 2500 l

Przyjęto dwa zbiorniki buforowe:

$$V_{buf} = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ l} = 5,0 \text{ m}^3$$

### **Energia magazynowana w buforze**

Przyjęto roboczą różnicę temperatur:

$$\Delta T = 20 \text{ K (np. } 80/60^{\circ}\text{C)}$$

$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$E = 5000 \cdot 1 \cdot 4,186 \cdot 20 = 418\,600 \text{ kJ}$$

$$E = \frac{418\,600}{3600} = 116,3 \text{ kWh}$$

### **Czas pracy źródeł na jednym ładowaniu bufora**

- przy pracy samego kotła na pellet (140 kW):

$$t = \frac{116}{140} = 0,83 \text{ h} \approx 50 \text{ min}$$

- przy pracy samej kaskady pomp ciepła (72 kW):

$$t = \frac{116}{72} = 1,61 \text{ h}$$

**Bufor 2 × 2500 l zapewnia:**

- stabilną, długocykliczną pracę kotła na pellet,
- ochronę pomp ciepła przed taktowaniem,
- możliwość akumulacji energii dla nagrzewnic wentylacyjnych.

#### **6.3.5. Całkowita objętość wodna instalacji**

Przyjęto:

- instalacja budynku 1: **841 l**,
- instalacja budynku 2 + wymiennik: **300 l**,
- bufor: **5000 l**.

$$V_{\text{całk}} = 841 + 300 + 5000 = 6141 \text{ l} \approx 6,14 \text{ m}^3$$

#### **6.3.6. Dobór naczyń wzbiorniczych**

Przyjęto:

- współczynnik rozszerzalności wody:

$$\varepsilon = 0,035$$

### **Przyrost objętości**

$$\Delta V = 6,14 \cdot 0,035 = 0,215 \text{ m}^3 = 215 \text{ l}$$

### **Ciśnienia robocze**

- ciśnienie napełnienia:

$$p_{min} = 1,5 \text{ bar}$$

- ciśnienie maksymalne (zawór bezpieczeństwa):

$$p_{max} = 3,0 \text{ bar}$$

### **Pojemność naczynia**

$$V_n = \frac{\Delta V}{\frac{p_{max}}{p_{min}} - 1} = \frac{215}{2 - 1} = 215 \text{ l}$$

Z zapasem 30%:

$$V_{dobrane} = 215 \cdot 1,3 = 280 \text{ l}$$

**Przyjęto naczynia wzbiornicze o łącznej pojemności min. 300 l, tj:**

- 1 × 300 l, lub
- 2 × 200 l pracujące równolegle.

#### **6.3.7. Zestawienie końcowe układu**

##### **Zapotrzebowanie cieplne**

- Budynek 1: **52,2 kW**
- Budynek 2: **67,8 kW**

**Razem:  $\Phi = 120 \text{ kW}$**

##### **Źródła**

- Pompy ciepła:

$$4 \times 18 \text{ kW} = 72 \text{ kW}$$

- Kocioł na pellet:

**P = 58 kW**

- Kocioł olejowy:

rezerwa, trwale odcięty.

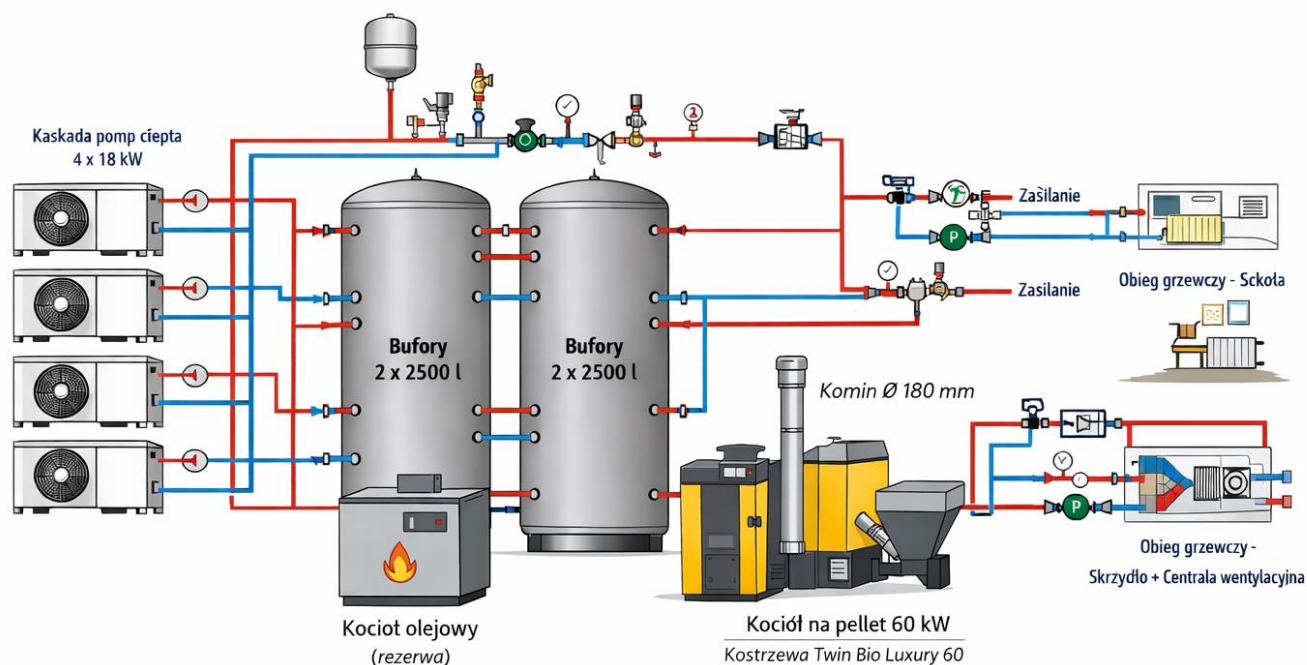
**Bufor**

**2 × 2500 l = 5000 l**

**Naczynia zbiorcze**

**V<sub>n</sub> ≥ 300 l**

### 6.3.8. Schemat technologiczny układu źródeł ciepła ( bez c.w.u.)



Projektowany układ źródeł ciepła wykonano jako **układ wieloźródłowy z buforem wspólnym**, obejmujący:

- kaskadę **czterech pomp ciepła powietrze–woda** o mocy jednostkowej 18 kW,
- **kocioł na pellet** o mocy nominalnej 58 kW,
- dwa zbiorniki buforowe o pojemności **2 × 2500 l**,
- niezależne obiegi grzewcze dla budynku szkoły oraz skrzydła z centralami wentylacyjnymi.

Łączna moc kaskady pomp ciepła wynosi:

$$P_{PC} = 4 \cdot 18 = 72 \text{ kW}$$



Całkowite obliczeniowe zapotrzebowanie cieplne układu wynosi:

$$\Phi = 120 \text{ kW}$$

Układ zaprojektowano jako **biwalentny alternatywny**, w którym:

- pompy ciepła stanowią **źródło podstawowe**,
- kocioł na pellet stanowi **źródło szczytowe**
- istniejący kocioł olejowy pozostaje jako źródło awaryjne, trwale odcięte zaworem.

#### 6.3.9. Opis hydrauliczny układu

Cztery pompy ciepła połączone są równolegle w kaskadzie i wpięte do wspólnego kolektora zasilania i powrotu. Każda jednostka wyposażona jest w:

- pompę obiegową po stronie wodnej,
- zawory odcinające,
- zawory zwrotne zapobiegające przepływowi pasywnemu.

Zasilanie z kaskady pomp ciepła wprowadzono do **pierwszego zbiornika buforowego**, pełniącego funkcję sprzęgła hydraulicznego oraz stabilizatora pracy źródeł.

Dwa zbiorniki buforowe o pojemności **2 × 2500 l** połączone są hydraulicznie w układzie równoległym, zapewniając:

- zwiększoną pojemność wodną układu,
- stabilną pracę źródeł ciepła,
- możliwość akumulacji energii cieplnej.

Do zespołu buforów wpięto równolegle:

- kaskadę pomp ciepła,
- kocioł na pellet,
- obiegi grzewcze instalacji.

#### 6.3.10. Włączenie kotła na pellet

Kocioł na pellet włączono do układu **po stronie pierwotnej, bezpośrednio do kolektorów buforów**, analogicznie do pomp ciepła.

Układ kotłowy wyposażono w:

- pompę obiegową kotłową,
- zawory odcinające na zasilaniu i powrocie,
- zawór zwrotny,
- czujniki temperatury zasilania i powrotu.

Kocioł na pellet pracuje:

- jako źródło szczytowe przy niskich temperaturach zewnętrznych,

- jako źródło wspomagające przy zwiększonym zapotrzebowaniu cieplnym,

#### **6.3.11. Rozdział na obiegi grzewcze**

Z zespołu buforów wyprowadzone są dwa niezależne obiegi wtórne:

1. **Obieg grzewczy budynku szkoły**, zasilający instalację centralnego ogrzewania grzejnikowego, wyposażony w:
  - pompę obiegową,
  - zawór mieszający z siłownikiem,
  - automatykę pogodową.
2. **Obieg grzewczy skrzydła oraz central wentylacyjnych**, zasilający nagrzewnice central wentylacyjnych poprzez wymiennik ciepła, wyposażony w:
  - pompę obiegową,
  - zawór regulacyjny,
  - zabezpieczenia temperaturowe nagrzewnic.

Oba obiegi pracują niezależnie, przy zachowaniu wspólnego źródła energii w postaci zespołu buforów.

#### **6.3.12. Automatyka i tryby pracy**

Sterowanie pracą układu zapewnia nadrzędna automatyka, realizująca:

- sekwencyjne załączanie pomp ciepła w kaskadzie,
- priorytet pracy pomp ciepła jako źródła podstawowego,
- automatyczne załączenie kotła na pellet przy:
  - przekroczeniu punktu biwalentnego,
  - niedoborze mocy pomp ciepła,
  - awarii lub postoju kaskady PC,
- blokadę jednoczesnej pracy źródeł w trybie podstawowym.

Bufory wyposażone są w czujniki temperatury w górnej i dolnej strefie, umożliwiające optymalizację ładowania i rozładowania zasobów energii.

#### **6.3.13. Dobór pompy dla kotła na pellet**

Założenia hydrauliczne kotła:

- moc nominalna: 58 kW
- zakres temp. zasilanie/powrót: typowo 80/60 °C
- $\Delta T$  projektowe: 10 K
- przepływ projektowy:

$$Q = \frac{P}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta T} = \frac{150\,000}{4,186 \cdot 1000 \cdot 10} \approx 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

✓ więc przepływ nominalny  $\approx 3,5\text{--}4,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Strata ciśnienia przez kocioł może być w przedziale 10–30 kPa (zależnie od producenta i wymiennika).

Przy pracy z buforem i kolektorami → dobrze jest mieć pompy z regulacją prędkości (modulacją) PWM/EC.

#### Dobór pompy

Pompa powinna mieć:

- wydajność do  $\sim 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- wysokość podnoszenia  $\sim 5\text{--}7 \text{ m}$  (czyli  $\sim 50\text{--}70 \text{ kPa}$ )
- możliwość regulacji prędkości (EC / PWM / automatyka)
- odporność na pracę ciągłą
- niski pobór energii
- łatwą integrację z automatyką kotła

#### Dobrano pompę GrundfosMagna 1 25-80

- maks. wydajność:  $\sim 4 \text{ m}^3/\text{h}$
- wys. podnoszenia:  $\sim 6\text{--}8 \text{ m}$
- wbudowana regulacja  $\Delta p / \Delta T$
- kompatybilna z automatyką kotła

### 6.4. Instalacja grzewcza

#### Sprawdzenie instalacji grzejnikowej (45/35°C)

Suma mocy projektowanych grzejników przy standardowej temperaturze projektowej **75/65/20 °C  $\approx 178,4 \text{ kW}$** . Przy niskotemperaturowych parametrach **45/35/20 °C** (czyli średnia temp. wody 40 °C,  $\Delta T$  do powietrza  $\sim 20 \text{ K}$ ) radiatorowe moce spadają zgodnie z zależnością  $\sim (\Delta T)^{1,3}$ . Dla przejścia z 75/65/20 → 45/35/20 ( $\Delta T$  50 K → 20 K) współczynnik  $\approx 0,3039$ .

→ suma mocy przy **45/35:  $\approx 54,2 \text{ kW}$** .

Suma mocy zainstalowanych grzejników stalowych płytowych typ C22 (H=600 mm), dobranych na parametry **45/35°C**, wynosi ok. **54,2 kW**.

$$P_{grz} \geq P_{straty} \Rightarrow 54,2 \text{ kW} \geq 52,2 \text{ kW}$$

Instalacja grzejnikowa jest zdolna do pracy w systemie niskotemperaturowym zasilanym przez pompę ciepła, bez konieczności podnoszenia parametrów.

#### 6.4.1. Obliczenie przepływu w instalacji C.O.

Obliczeniowy przepływ wody grzewczej:

$$\dot{V} = \frac{P}{c \cdot \Delta T}$$

gdzie:

- $P = 52,2 \text{ kW}$
- $c = 4,19 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} \approx 1,163 \text{ kWh/(m}^3 \cdot \text{K)}$
- $\Delta T = 10 \text{ K}$

$$\dot{V} = \frac{52,2}{1,163 \cdot 10} \approx 4,49 \text{ m}^3/\text{h}$$

Przyjęto projektowo:

- **przepływ nominalny: 4,5–5,0 m<sup>3</sup>/h**
- pompy obiegowe dobrane z zapasem regulacyjnym.

#### 6.5. Dobór armatury instalacji grzewczej

Przepływ (główny):  $\approx 4,5\text{--}4,8 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Dobrano pompy:

- **Pompa główna (między PC a instalacją):** Grundfos MAGNA3 32-80 (lub równoważna) — elastyczność, przepływ = 4,8 m<sup>3</sup>/h
- **Pompy obiegów przy rozdzielaczu (3 obiegi):**
- Wilo Yonos PICO / PARA (wersja z regulacją  $\Delta p$ -v) lub mniejszy Grundfos (np. UPS/Alpha lub mniejszy MAGNA w zależności od oporu pętli).
- Dla pętli o mniejszych oporach wystarczy 25/1-8 lub równoważna.

##### Uwaga:

Dobór wysokości tłoczenia (m H<sub>2</sub>O) wymaga zsumowania oporów rzeczywistych (długości rur, ilość armatury, rozdzielacz, straty przy grzejnikach).

Na etapie wykonawczym należy policzyć  $\Delta p$  dokładnie i dobrać pompy wg charakterystyki

##### Zawory, rozdzielacz i armatura

##### Rozdzielacz i obiegi grzewcze

- Od bufora odchodzą dwa niezależne obiegi grzewcze wpięte do rozdzielacza stalowego/miedzianego:
- Obieg 1 – Ogrzewanie grzejnikowe (obieg północny)

- Zawór mieszający 3-drogowy z siłownikiem
- Pompa obiegowa elektroniczna
- Regulacja temperatury wg krzywej grzewczej
  
- Obieg 2 i 2a – Ogrzewanie grzejnikowe (obieg południowe)
- Zawór mieszający 3-drogowy z siłownikiem
- Pompa obiegowa elektroniczna
- Regulacja temperatury wg krzywej grzewczej

Rozdzielacz należy wyposażać:

- odpowietrzniki automatyczne,
- zawory odcinające,
- zawory spustowe,
- możliwość montażu przepływomierzy
- Rozdzielacz dla 3 obiegów (DN 63 zależnie od wykonania): typowy rozdzielacz z zaworami kulowymi i możliwością pomiaru przepływu (manometry/rotametry) + zawór odcinający na każdy obieg. Wymiary przyłączy wg głównego przepływu
- Zawór mieszający 3-drogowy z siłownikiem przy obiegach regulowanych  
— siłownik zewnętrzny 230 V / 24 V sterowany od regulatora pogodowego.
- Zawory termostatyczne na grzejniki
- Zawory antyskażeniowe (zabezpieczenie przed zwrotem wody kotłowej / obiegiem z zasobnikiem).
- Czujniki temperatury zainstalowane na zasilaniu i powrocie oraz czujnik zewnętrzny pogodowy do regulatora (do krzywej grzania).

Dodatkowo:

- Filtr magentyczny / sitowy na powrocie do pompy ciepła.
- Zawory bezpieczeństwa, naczynie przeponowe (dobrane do objętości instalacji i ciśnienia roboczego), spusty, odpowietrzniki automatyczne

## 6.6. Automatyka i regulacja instalacji c.o.

Regulacja instalacji odbywa się poprzez:

- automatykę pogodową (krzywa grzewcza),
- regulację temperatury bufora,
- zawory mieszające na obiegach północnym i południowym,
- zawory termostatyczne przy grzejnikach.

Automatyka umożliwia:

- ręczne przełączenie źródła,

- automatyczne przełączenie w razie awarii PC,
- blokadę pracy pompy ciepła przy pracy kotła olejowego.
- Możliwość współpracy z PV i nadwyżką energii (dopalenie elektryczne)

## 7. Instalacja c.w.u. – założenia energetyczne

Projekt przewiduje **lokalne przygotowanie c.w.u. przy punktach poboru**

- zasobniki elektryczne przy punktach poboru,
- grzałki sterowane czasowo,
- możliwość zasilania z instalacji fotowoltaicznej.

Takie rozwiązanie:

- eliminuje straty przesyłu c.w.u.,
- umożliwia wykorzystanie nadwyżek energii elektrycznej,
- upraszcza instalację hydrauliczną.

### 7.1. Założenia do obliczeń

- Użycie dzienne:
  - 2 prysznice × 1 kąpiel dziennie każdy, czas kąpieli ≈ 8 min, strumień = 8 l/min.
  - 3 umywalki — każde użycie ~5 l ciepłej wody; 2 użycia na dzień na umywalkę.
- Temperatura wody zimnej ≈ 10 °C, temperatura użytkowa z bojlera 55 °C.  
 $\Delta T = 55 - 10 = 45 \text{ K}$ .
- Gęstość wody ≈ 1 kg/l,  $c_p = 4,186 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ .
- Straty i rezerwa (awarie/pochmurne dni/straty stojące) - +10% energii.
- Średni dzienny uzysk paneli w PL ≈ 3,0 kWh / kWp / dzień

### 7.2. Obliczenia zapotrzebowania ciepłej wody ( na 1 łazienkę )

1. Objętość wody:

○ Pysznice:  $2 \times (8 \text{ l/min} \times 8 \text{ min}) = 2 \times 64 \text{ l} = 128 \text{ l}$ .  
(obliczenie:  $8 \times 8 = 64$ ;  $64 \times 2 = 128$ )

○ Umywalki:  $3 \times 5 \text{ l} \times 2 \text{ użycia} = 3 \times 10 \text{ l} = 30 \text{ l}$ .  
(obliczenie:  $5 \times 2 = 10$ ;  $10 \times 3 = 30$ )

$Q_d = 128 + 30 = 158 \text{ l} = \mathbf{160 \text{ l/d}}$

2. Energia potrzebna do podgrzania 160 l o 45 K:

- Energia na 1 kg (1 l):  $4,186 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \times 45 \text{ K} =$   
 $4,186 \times 45 = 4,186 \times (40 + 5) = 4,186 \times 40 + 4,186 \times 5 = 167,440 + 20,930$   
 $= \mathbf{188,370 \text{ kJ/kg}}$ .

- o Dla 160 kg:  $188,370 \text{ kJ/kg} \times 160 =$

$$188,370 \times 100 = 18,837,000$$

$$188,370 \times 60 = 11,302,200$$

$$\text{suma} = 18,837,000 + 11,302,200$$

$$= \mathbf{30,139,200 \text{ kJ.}}$$

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} \rightarrow 30,139,200 / 3600 =$$

$$3600 \times 8 = 28,800 \rightarrow \text{pozostaje } 1,339,200 \text{ kJ} \rightarrow 1,339,200 / 3600 = 372$$

$$30,139,200 \div 3600 = \mathbf{8,372 \text{ kWh}}$$

Po uwzględnieniu 10% zapasu/strat stojących:

$$8,372 \text{ kWh} \times 1,10 = \mathbf{9,209 \text{ kWh/dzień}}$$

### Wybór pojemności bojlera

- Qzapotrzebowania  $\approx \mathbf{160 \text{ l/dzień}}$ .
- Biorąc pod uwagę nierównomierność korzystania przyjmuje się współczynnik 1,5 dla zachowania bezpieczeństwa zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową j

$$\mathbf{V_b = 1,5 \times 160 \text{ L} = 250 \text{ L.}}$$

**Dobrano bojler** pojemnościowe PSH o pojemności 250 L **firmy Stiebel Eltron**, który posiada regulację elektroniczną i funkcje ECO (automatyczne tryby oszczędzania).

### 7.3. Moc grzałki (element grzewczy)

Obliczenie mocy grzałki potrzebną do dogrzania całej dziennej energii w założonym czasie, tj.

$\approx 3$  godzin intensywnej produkcji PV

- Moc = energia / czas =  $9,21 \text{ kWh} / 3 \text{ h} = \mathbf{3,07 \text{ kW}}$ .

(dokładnie:  $9,21 \div 3 = 3,07$ )

- Zakłada się grzałkę o mocy  $\mathbf{3,0 \text{ kW}}$  ( lub dwie po 1,5 kW)

Przy założeniu uzysku  $\approx \mathbf{3,0 \text{ kWh/kWp/dzień}}$ :

- Wymagana moc PV =  $9,21 \text{ kWh} \div 3,0 \text{ kWh/kWp} = \mathbf{3,07 \text{ kWp}} = \mathbf{3,5 \text{ kWp}}$ .
- 1 panel 400 W  $\rightarrow 3,5 / 0,4 = 8,75$

Wymagana liczba paneli - **9 paneli 400 W**

#### 7.4. Wybór systemu

##### 1. PV + sterownik „surplus/ diverter” + bojler z grzałką 3 kW

- Panele PV z inwerterem (grid-tie), a do nadmiaru PV podłączony sterownik, który przekierowuje nadmiar do grzałki bojlera.

##### 2. Podłączenie tradycyjne (sieć) + priorytet PV

- Bojler z dwoma grzałkami: jedna pod PV (3 kW), druga do zasilania z sieci jako zabezpieczenie (np. 1,5 kW), sterowane automatycznie.

##### 3. Zestawienie urządzeń

- **Bojler pojemność: 250 L**
- **Element grzewczy: 3 kW** (lub 2×1,5 kW z możliwością sterowania).
- **PV:** minimum **3,5 kWp** ( $\approx$  9 paneli 400 W).
- **Sterowanie:** regulator surplus (sterownik odbioru nadmiaru PV do grzałki) opcjonalnie falownik hybrydowy z funkcją akumulacji ciepła.
- **Inwerter:** standardowy inwerter sieciowy o mocy nominalnej  $\geq$  mocy stringu PV (np.  $\sim$ 3,6–4 kW) — należy uwzględnić moc maksymalną paneli i sprawność.
- **Kable/bezpieczeństwo:** przekaźnik SSR/rozłącznik, zabezpieczenie nadprądowe dla grzałki (3 kW  $\approx$  13 A przy 230 V - należy zastosować 16 A obwód dedykowany), uziemienie, czujnik temperatury i zawór bezpieczeństwa na bojlerze.

(Obliczenie prądu:  $3,0 \text{ kW} / 230 \text{ V} = 3,000 \text{ W} \div 230 \text{ V} \approx 13,04 \text{ A} \rightarrow$  zabezpieczenie 16 A).

Przy założeniu, że grzałka włącza się tylko wtedy, gdy jest faktyczne użytkowanie projektuje się *sterownik nadmiaru* (power diverter), który mierzy przepływ energii w rozdzielnicy i bezpośrednio kieruje nadwyżkę PV do grzałki. Dobrano sterownik immerSUN / Power Diverter , uniwersalny diverter, monitoruje przepływ i kieruje nadwyżkę do bojlera, przy czym należy uwzględnić kompatybilność z istniejącym systemie zarządzania panelami PV.

W pomieszczeniach wyposażonych w umywalki zastosować podumywalkowe pogrzewacze wody.



## 8. Zakres prac sanitarnych :

- Demontaż dwóch kotłów Hajnówka
- Demontaż istniejących wkładów kominowych wraz z czopuchem kotłów
- Demontaż armatury oraz wszystkich rurociągów, które będą podlegać przebudowie i likwidacji
- Demontaż istniejącej izolacji cieplnej rurociągów, w zakresie niezbędnym do modernizacji
- Demontaż urządzeń pomiarowych w zakresie demontowanych rurociągów
- Demontaż istniejącej armatury
- Demontaż istniejących grzejników
- Montaż pompy ciepła 72 kW powietrze-woda
- Montaż kotła na pellet
- Montaż buforów 2x2500 l
- Montaż armatury oraz wszystkich rurociągów
- Montaż izolacji cieplnej rurociągów, w zakresie niezbędnym do modernizacji
- Montaż urządzeń pomiarowych w zakresie nowych rurociągów
- Montaż istniejących naczyń wzbiorniczych
- Montaż zasobników na ciepłą wodę użytkową 250l
- Montaż czujników, zaworów bezpieczeństwa
- Montaż grzejników

## 9. Instalacja ciepłej wody użytkowej

Przewody instalacji ciepłej wody użytkowej należy wykonać z materiałów dopuszczonych do stosowania w instalacjach sanitarnych i zaizolować otulinami z pianki polietylenowej (PE) o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Minimalne grubości izolacji cieplnej przewodów należy przyjąć dla przewodów o średnicy wewnętrznej do 22 mm – izolacja o grubości 20 mm,

W miejscach przejść przewodów oraz armatury przez ściany i stropy, w miejscach skrzyżowań przewodów, a także w przypadku prowadzenia przewodów w elementach konstrukcyjnych budynku, dopuszcza się zastosowanie izolacji o grubości 50% wartości podanych powyżej. Armaturę instalacji c.w.u. należy izolować przy użyciu systemowych łupków izolacyjnych.

Przewody prowadzone w warstwach posadzki należy zabezpieczyć izolacją z pianki polietylenowej o grubości 6 mm.

Po wykonaniu instalacji należy przeprowadzić jej płukanie, dezynfekcję oraz próbę szczelności. Próbę szczelności należy wykonać przy ciśnieniu równym 1,5-krotności ciśnienia roboczego, nie mniejszym niż 0,3 MPa, zgodnie z obowiązującymi normami i wytycznymi.

## **10. Instalacja centralnego ogrzewania (wersja ujednolicona z projektem)**

Budynek zlokalizowany jest w II strefie klimatycznej, dla której przyjęta projektowa temperatura powietrza zewnętrznego wynosi  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Instalację centralnego ogrzewania zaprojektowano jako wodną, dwururową, pompową instalację grzejnikową, pracującą w układzie zamkniętym, zasilaną z powietrznej pompy ciepła typu powietrze–woda, zaprojektowanej jako układ kaskadowy trzech jednostek o łącznej mocy ok. 54 kW.

Instalacja pracuje na parametrach obliczeniowych  $45/35^{\circ}\text{C}$  i jest dostosowana do pracy w systemie niskotemperaturowym.

### **10.1. Materiały, grzejniki i uzbrojenie instalacji**

Instalację centralnego ogrzewania zaprojektowano jako dwururową symetryczną, z rozdziałem medium grzewczego poprzez nowo projektowany rozdzielacz główny, zasilający trzy niezależne obiegi grzewcze.

W skład instalacji wchodzi:

- nowy rozdzielacz główny instalacji c.o. – 3-obiegowy,
- 3 obiegi grzewcze (wydzielone strefy grzewcze budynku),
- nowe grzejniki stalowe płytowe PURMO Compact, typ C22, H = 600 mm, dobrane do parametrów  $45/35^{\circ}\text{C}$ , zgodnie z zestawieniem grzejników,
- rury instalacyjne wykonane z PP-RCT lub miedzi, prowadzone od rozdzielacza do grzejników.

Rozstaw i trasy przewodów przyjęto zgodnie z częścią rysunkową opracowania.

W celu zapewnienia prawidłowej regulacji i zrównoważenia hydraulicznego instalacji zaprojektowano:

- zawory równoważące typu STAD na obiegach,
- regulatory różnicy ciśnień STAP,
- zawory termostatyczne przy grzejnikach z nastawą wstępną.

### **10.2. Prowadzenie przewodów instalacji c.o.**

Poziome przewody zasilające i powrotne prowadzić:

- w miarę możliwości w warstwach posadzki,
- pod stropem,

- ewentualnie po powierzchni ścian.

Piony instalacyjne prowadzić po wierzchu ścian, w sposób umożliwiający dostęp serwisowy.

Poziome przewody instalacji c.o. układać ze spadkiem min. 0,3% w kierunku źródła ciepła lub punktów odpowietrzania.

Wszystkie przejścia przewodów przez przegrody budowlane należy wykonywać w tulejach ochronnych, umożliwiających kompensację wydłużeń cieplnych.

Minimalne rozstawy uchwytów dla poziomych przewodów miedzianych:

Średnica rury [mm]	Maks. rozstaw uchwytów [m]
15	1,25
18	1,50
22	2,00
35	2,75
42	3,00

### 10.3. Próba szczelności instalacji c.o.

Po zakończeniu montażu instalacji należy wykonać próbę ciśnieniową przez okres nie krótszy niż 30 minut, przy ciśnieniu próbnym:

- 0,45 MPa (tj. 1,5-krotność maksymalnego ciśnienia roboczego instalacji).

Po zakończeniu próby ciśnienie w instalacji należy obniżyć do wartości 0,30 MPa i utrzymać do czasu całkowitego odpowietrzenia instalacji.

Po pozytywnym wyniku próby szczelności rurociągi należy oczyścić i przygotować do wykonania izolacji cieplnej.

### 10.4. Izolacja cieplna przewodów c.o.

Po wykonaniu prób szczelności oraz po odbiorach technicznych wszystkie przewody, piony, poziomy i rozdzielacze instalacji c.o. należy zaizolować otulinami z pianki polietylenowej (PE), o minimalnych grubościach zgodnych z Warunkami Technicznymi:

Rodzaj przewodu	Minimalna grubość izolacji
do 22 mm	10 mm
22–35 mm	15 mm
35–100 mm	½ średnicy wewnętrznej rury

Przewody prowadzone przez pomieszczenia nieogrzewane należy dodatkowo zaizolować wełną mineralną o grubości min. 30 mm.

## 11. System monitorowania stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniach dydaktycznych

W budynku Szkoły Podstawowej im. Obrońców Tobruku w Tomicach przewiduje się zastosowanie **systemu monitorowania stężenia dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)** w wybranych salach lekcyjnych, w celu poprawy jakości powietrza wewnętrznego oraz wspomagania decyzji o naturalnym wietrzeniu pomieszczeń. System stanowią **autonomiczne czujniki stężenia CO<sub>2</sub>**, wyposażone w wizualną sygnalizację poziomu CO<sub>2</sub> (np. diody LED: zielony / żółty / czerwony), informującą o konieczności otwarcia okien i przewietrzenia pomieszczenia.

Czujniki pracują w oparciu o technologię NDIR i umożliwiają pomiar stężenia CO<sub>2</sub> w zakresie do min. 5 000 ppm. Przewidziano montaż **2 szt. czujników CO<sub>2</sub>**, firmy Airthings View Plus, zlokalizowanych w wybranych salach lekcyjnych, w miejscach reprezentatywnych dla jakości powietrza w pomieszczeniach. Czujniki nie ingerują w pracę instalacji wentylacyjnej. Dopuszcza się zastosowanie urządzeń równoważnych innych producentów, pod warunkiem zachowania co najmniej równoważnych parametrów technicznych oraz funkcjonalnych. Zastosowanie systemu monitorowania stężenia dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) w salach lekcyjnych ma na celu **poprawę jakości powietrza wewnętrznego**, warunków higieniczno-zdrowotnych oraz komfortu uczniów i nauczycieli. Kontrola poziomu CO<sub>2</sub> pozwala na bieżącą ocenę skuteczności naturalnej wentylacji pomieszczeń oraz ogranicza ryzyko nadmiernego nagromadzenia zanieczyszczeń powietrza, co wpływa na **lepszą koncentrację, zmniejszenie zmęczenia oraz poprawę efektywności procesu nauczania**. System pełni również funkcję informacyjną i edukacyjną w zakresie prawidłowego wietrzenia pomieszczeń.

### Dobór urządzeń :

Monitoring jakości powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach dydaktycznych (sale lekcyjne).

### Typ urządzenia

Autonomiczny czujnik stężenia dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) z wizualną sygnalizacją poziomu stężenia.

### Technologia pomiaru

NDIR – niedispersyjna podczerwień (technologia bezobsługowa, trwała i stabilna pomiarowo).

### Zakres i dokładność pomiaru

- Zakres pomiarowy: 0–5 000 ppm
- Dokładność: ±(50 ppm + 3%)

### Sygnalizacja jakości powietrza

- sygnalizacja wizualna: LED (zielony / żółty / czerwony)
- informacja o konieczności przewietrzenia pomieszczenia

### Parametry eksploatacyjne

- zasilanie: 230 V AC lub USB (w zależności od modelu),
- montaż: naścienny, wewnętrzny,

- zakres temperatury pracy: 0°C do +50°C,
- stopień ochrony: min. IP20.

#### **Funkcje dodatkowe (opcjonalne, niewymagane)**

- rejestracja danych pomiarowych,
- komunikacja bezprzewodowa (Wi-Fi / Bluetooth),
- integracja z systemem BMS (jeżeli dostępna).

#### **Ilość i lokalizacja**

- ilość urządzeń: 2 szt.
- lokalizacja: wybrane sale lekcyjne

#### **Przykładowe urządzenia równoważne (referencyjne)**

- Testo 160 IAQ
- Netatmo Smart Indoor

Dopuszcza się zastosowanie urządzeń innych producentów o równoważnych lub lepszych parametrach technicznych i funkcjonalnych.

## **12. Uwagi końcowe**

Wszystkie instalacje należy wykonać zgodnie z obowiązującymi polskimi normami, przepisami BHP, „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych” oraz Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.). Zastosowane materiały i urządzenia muszą posiadać wymagane aprobaty techniczne, atesty i deklaracje zgodności dopuszczające je do stosowania w budownictwie.

Dopuszcza się zastosowanie urządzeń i materiałów innych producentów niż wskazane w projekcie, pod warunkiem zachowania wymaganych parametrów technicznych i jakościowych.

Wszelkie odstępstwa od dokumentacji projektowej wymagają uzgodnienia i zatwierdzenia przez projektanta.

## **13. Podstawa prawna i normatywna opracowania**

Projekt instalacji centralnego ogrzewania, pompy ciepła, instalacji ciepłej wody użytkowej, instalacji wodociągowej oraz wentylacji pomieszczenia technicznego sporządzono w oparciu o niżej wymienione przepisy i normy:

### **13.1. Akty prawne**

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tekst jednolity z późniejszymi zmianami).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – tekst jednolity ogłoszony w Dz.U. 2022 poz. 1225, z późniejszymi zmianami.
3. Przepisy wykonawcze do ustawy Prawo budowlane oraz innych ustaw mających zastosowanie do projektowania, wykonania i eksploatacji instalacji sanitarnych w budynkach użyteczności publicznej.

### **13.2. Normy dotyczące instalacji grzewczych i pompy ciepła**

1. PN-EN 12828 – *Instalacje grzewcze w budynkach — Projektowanie wodnych instalacji centralnego ogrzewania.*
2. PN-EN 12831 / PN-EN 12831-1 – *Instalacje grzewcze w budynkach / Charakterystyka energetyczna budynków — Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.*
3. PN-EN 14336 – *Instalacje grzewcze w budynkach — Instalacja i przekazanie do eksploatacji wodnego systemu grzewczego.*
4. PN-EN 13831 – *Zamknięte zbiorniki rozprężne z wbudowaną przeponą instalowane w systemach wodnych – w zakresie doboru i warunków pracy naczyń przeponowych.*

### **13.3. Normy dotyczące obliczeń cieplnych i charakterystyki energetycznej**

1. PN-EN 12831-1 / 12831-3 – *Charakterystyka energetyczna budynków — Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego oraz obciążenia instalacji ciepłej wody użytkowej.*
2. Wytyczne i normy z serii PN-EN 15316 – *Charakterystyka energetyczna budynków — Metoda obliczania zapotrzebowania na ciepło przez instalację i sprawności układu (w odniesieniu do oceny efektywności energetycznej systemu grzewczego i c.w.u.).*

### **13.4. Normy dotyczące instalacji wodociągowych i c.w.u.**

1. PN-EN 806-1...4 – *Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi — Część 1–4: definicje, projektowanie, wymiarowanie, montaż i uruchomienie instalacji.*
2. PN-EN 1717:2003 – *Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny – w zakresie stosowania zabezpieczeń antyskażeniowych i ochrony instalacji wody pitnej.*

### **13.5. Wytyczne i opracowania branżowe**

1. Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji ogrzewczych – wydane przez COBRTI INSTAL / ITB, w zakresie wymagań montażowych, prób ciśnieniowych i odbiorów robót.
2. Aktualne katalogi techniczne i wytyczne producentów urządzeń (pompy ciepła, naczynia przeponowe, zawory bezpieczeństwa, pompy obiegowe, grzejniki, armatura regulacyjna i zabezpieczająca) – w zakresie doboru, montażu i warunków eksploatacji.

#### 14. Zestawienie urządzeń

Lp.	Element instalacji	Producent / typ (propozycja projektowa)	Podstawowe parametry techniczne	Ilość
1	Pompa ciepła	DAIKIN Altherma 3 H HT	Powietrze–woda, układ kaskadowy 3 × 18 kW, łączna moc ok. 54 kW, czynnik R32, zasilanie 3×400 V	1 kpl (4 szt.)
1A	Kocioł na pellet	Kostrzewa Twin Bio Luxury 60	Modulacja 18-60 kW	1 kpl
2	Bufor ciepła	stalowy, pionowy	Pojemność 2500 l, izolowany, temp. robocza min. 90°C, PN ≥ 3 bar	2kpl
3	Pompa obiegowa – obieg źródła / bufora	Grundfos MAGNA3 32- 80 GrundfosMagna 1 25- 80	Elektroniczna, DN32, $Q_{\max} \approx 11 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H_{\max} \approx 8 \text{ m}$ Elektroniczna, $Q_{\max} \approx 4 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H_{\max} \approx 8 \text{ m}$	1kpl
4	Pompy obiegowe – obiegi grzewcze	Wilo Yonos PICO 25/1- 8	Elektroniczna, DN25, $Q_{\max} \approx 4,4 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H_{\max} \approx 7,6 \text{ m}$	3kpl
5	Grzejniki stalowe płytkowe	PURMO Compact C22	H = 600 mm, dobór wg zestawienia grzejników, parametry 45/35°C	wg zest.
6	Rozdzielacz instalacji c.o.	stalowy, projektowany	Rozdzielacz 3-obiegowy, z armaturą regulacyjną	1kpl
7	Naczynie przeponowe c.o.	do instalacji grzewczych	Pojemność 100–120 l, ciśnienie robocze ≥ 3 bar	1kpl
8	Zawór bezpieczeństwa c.o.	do instalacji grzewczych	Nastawa 3,0 bar, DN20 (¾"), temp. ≥ 110°C	1kpl
9	System monitorowania CO <sub>2</sub>	czujnik CO <sub>2</sub> NDIR	Zakres 0–5000 ppm, sygnalizacja LED, montaż naścienny	2 kpl
10	Zasobnik c.w.u. (bojler)	pojemnościowy, elektryczny	250 l, grzałka elektryczna, zasilanie z PV, automatyka czasowa	2 kpl.
11	Podgrzewacz elektryczny podumywalkowy	małej pojemności	Pojemność 5–10 l, zasilanie 230 V, montaż podumywalkowy	6 szt.

Opracowała:

Projektant główny

mgr inż. Maja Burzyńska



## OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA

Zgodnie z art. 34 ust. 3d pkt. 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994 Prawo budowlane oświadczam, że

**Projekt techniczny w zakresie branży sanitarnej pn.**

**Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej  
im. Obrońców Tobruku w Tomicach z wymianą źródła ciepła  
Branża sanitarna**

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami  
i zasadami wiedzy technicznej.

Projektant

mgr inż. Maja Burzyńska

mgr inż. Maja Burzyńska  
uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania  
robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności:  
instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń  
ciepłotnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociagowych  
i kanalizacyjnych

nr upr.: WKP.01.39/PWOS/17

*Podpis*