

„ W A R E M - S ” S. j. A. Baran, A. Wrzos

35 – 105 Rzeszów ul. Przemysłowa 12
TEL/FAX (0-17) 85 260 53

Inwestor: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

Data opracowania : marzec 2018r.

Stadium : Projekt Wykonawczy

Obiekt : Budynek "F"

Adres : Rzeszów, ul. M. Skłodowskiej - Curie 2

Temat : Technologia węzła ciepłego c.o. i c.t.

Część : Sanitarna

Projektant : mgr inż. Elżbieta Dziejcz upr. nr S-167/90

SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA

I. OPIS TECHNICZNY

1. CZĘŚĆ OGÓLNA

- 1.1. Nazwa inwestycji i adres
- 1.2. Inwestor
- 1.3. Stadium opracowania

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

3. ZAKRES OPRACOWANIA

4. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

5. POMIESZCZENIE WĘZŁA CIEPLNEGO

6. PODSTAWOWE PARAMETRY WĘZŁA CIEPLNEGO

- 6.1. Źródło zasilania
- 6.2. Moc cieplna węzła
- 6.3. Parametry obliczeniowe nośnika ciepła

7. PROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

8. DANE TECHNICZNE PROJEKTOWANYCH URZĄDZEŃ WĘZŁA C.O.

- 8.1. Wymiennik ciepła
- 8.2. Reduktor ciśnienia
- 8.3. Regulator różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu
- 8.4. Układ automatycznej regulacji temperatury
- 8.5. Pompa obiegowa węzła c.o.
- 8.6. Urządzenia zabezpieczające instalację odbiorczą
- 8.7. Układ pomiarowy ciepła węzła c.o.
- 8.8. Uzupełnianie instalacji c.o.

9. DANE TECHNICZNE PROJEKTOWANYCH URZĄDZEŃ WĘZŁA C.T.

- 9.1. Wymiennik ciepła
- 9.2. Reduktor ciśnienia
- 9.3. Regulator różnicy ciśnień i zawór balansowy
- 9.4. Układ automatycznej regulacji temperatury c.t.
- 9.5. Pompa obiegowa węzła c.t.
- 9.6. Urządzenia zabezpieczające instalację odbiorczą
- 9.7. Układ pomiarowy ciepła węzła c.t.

10. POZOSTAŁE ELEMENTY WĘZŁA CIEPLNEGO C.O. I C.T.

- 10.1. Armatura
- 10.2. Rurociągi
- 10.3. Aparatura kontrolno - pomiarowa
- 10.4. Zabezpieczenia antykorozyjne rurociągów
- 10.5. Izolacja termiczna
- 10.6. Próba szczelności i płukanie węzła
- 10.7. Uruchomienie, ruch próbny węzła cieplnego

11. WYTYCZNE BRANŻOWE

- 11.1. Branża budowlana
- 11.2. Branża sanitarna
- 11.3. Branża elektryczna
- 11.4. Branża AKP i A

12. BADANIA I ODBIORY

13. ZESTAWIENIE OBOWIĄZUJĄCYCH NORM I PRZEPISÓW

14. UWAGI KOŃCOWE

II. SPECYFIKACJA URZADZEŃ I ARMATURY WĘZŁA CIEPLNEGO

III. CZĘŚĆ OBLICZENIOWA

A. Urządzenia węzła c.o.

- 1. Dobór średnic
- 2. Dobór wymienników ciepła
- 3. Dobór reduktora ciśnienia
- 4. Dobór regulatora różnicy ciśnień i przepływu
- 5. Dobór zaworu regulacyjnego c.o.
- 6. Dobór pompy obiegowej c.o.
- 7. Obliczenie i dobór zaworu bezpieczeństwa węzła c.o.
- 8. Obliczenie i dobór ciśnieniowego naczynia przeponowego

B. Urządzenia węzła c.t.

- 1. Dobór średnic
- 2. Dobór wymienników ciepła
- 3. Dobór reduktora ciśnienia
- 4. Dobór regulatora różnicy ciśnień i zaworu balansowego
- 5. Dobór zaworu regulacyjnego c.t.
- 6. Dobór pompy obiegowej c.t.
- 7. Obliczenie i dobór zaworu bezpieczeństwa węzła c.t.
- 8. Obliczenie i dobór ciśnieniowego naczynia przeponowego

IV. ZAŁĄCZNIKI

- 1. Warunki przyłączenia do sieci ciepłowniczej węzła cieplnego nr 11/108/3/18 z dnia 20.02. 2018r. wydane przez MPEC - Rzeszów Sp. z o.o.

V. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

- 1. Lokalizacja węzła - rys. nr 1
- 2. Schemat technologiczno – montażowy węzła cieplnego - rys. nr 2
- 3. Rzut pomieszczenia węzła skala 1 : 25 - rys. nr 3

I. OPIS TECHNICZNY

do projektu wykonawczego węzła ciepłego c.o. i c.t. część technologiczna

1. CZĘŚĆ OGÓLNA

1.1. Nazwa inwestycji i adres

Projekt Wykonawczy węzła ciepłego c.o. i c.t. dla budynku "F" PRz przy ul. M. Skłodowskiej - Curie 2 w Rzeszowie

1.2. Inwestor

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

1.3. Stadium opracowania

Projekt Wykonawczy

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

- Zlecenie Inwestora,
- Warunki przyłączenia do sieci ciepłowniczej węzła ciepłego nr 11/108/3/18 z dnia 20.02. 2018r. wydane przez MPEC - Rzeszów Sp. z o.o,
- PW układu zmieszania pompowego c.o. dla bud. "F" PRz - opr. PPHU "KABE", grudzień 2008r.
- Uproszczona inwentaryzacja budowlana dostarczona przez Inwestora,
- Wizja lokalna,
- Uzgodnienia z Inwestorem - Notatka z dn. 29-01-2018r.
- Obowiązujące przepisy i normy w zakresie projektowania i eksploatacji węzłów ciepłych, DTR urzędów,
- Wytyczne techniczno - eksploatacyjne do projektowania węzłów ciepłych w systemie ciepłowniczym Rzeszowa, opracowane przez MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.,
- Wytyczne branżowe.

3. ZAKRES OPRACOWANIA

W związku z planowaną przez MPEC Rzeszów likwidacją wymiennikowni grupowej zasilającej obiekty Politechniki Rzeszowskiej przy ul. W. Pola 2, ul. M. Skłodowskiej - Curie 2, ul. Żwirki i Wigury w Rzeszowie nastąpi zmiana sposobu zasilania na sieć ciepłowniczą.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy węzła ciepłego c.o. i c.t. dla budynku "F" PRz przy ul. M. Skłodowskiej - Curie 2 w Rzeszowie od wejścia sieci ciepłej do budynku do połączenia z istniejącymi rozdzielaczami instalacji wewnętrznej c.o. i przewodami c.t. - część technologiczną wraz z wytycznymi do branży budowlanej, wentylacyjnej, wod-kan., elektrycznej i AKP i A. Ciepło do budynku zostanie doprowadzone przyłączem ciepłym z rur preizolowanych o średnicy 2 x Dn 65 mm - wg odrębnego opracowania.

4. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

Aktualnie budynek zasilany jest w ciepło z wymiennikowni grupowej zlokalizowanej w budynku MPEC Rzeszów przy ul. W. Pola 2a. Celem programowania poboru ciepła przez budynek niezależnie od parametrów czynnika dostarczanego z węzła grupowego, możliwość obniżania krzywej grzania w godzinach nocnych oraz w dni wolne od pracy wykonano układ mieszająco - pompowy z zaworem trójdrogowym. Regulacja temperatury wody instalacyjnej odbywa się przy użyciu regulatora elektronicznego typu ECL Comfort 200 pracującego wg charakterystyki nadążnej - „regulacja pogodowa”.

5. POMIESZCZENIE WĘZŁA CIEPŁEGO

Węzeł ciepły zlokalizowano w pomieszczeniu piwnic, w wydzielonym na ten cel pomieszczeniu dotychczasowej rozdzielni ciepła z układem mieszająco - pompowym i centrali wentylacyjnej.

Pomieszczenie węzła ciepłego i jego podstawowe wyposażenie powinno spełniać wymagania normy PN-99/B-02423.

6. PODSTAWOWE PARAMETRY WĘZŁA CIEPŁNEGO

6.1. Źródło zasilania

Źródłem zasilania projektowanego węzła ciepłego jest miejska sieć ciepłownicza wysokoparametrowa o parametrach 135/70 °C w sezonie grzewczym i 65/40 °C poza sezonem grzewczym z regulacją jakościowo – ilościową w źródle ciepła.

6.2. Moc cieplna węzła

Całkowite zapotrzebowanie ciepła wynosi **Q= 164,7 kW**, w tym:

- na cele centralnego ogrzewania – **143,7 kW**
- na cele c.t. – **21,0 kW**

6.3. Parametry obliczeniowe nośnika ciepła

6.3.1. Strona grzewcza (miejska sieć ciepłownicza)

6.3.1.1. Temperatury obliczeniowe i przepływy:

Okres grzewczy

- temperatura wody sieciowej na zasilaniu – 135 °C
- temperatura wody sieciowej na powrocie – 70 °C
- przepływ masowy wody sieciowej dla c.o. - 2,14 t/h
- przepływ masowy wody sieciowej c.t. – 0,31 t/h
- przepływ masowy całkowity wody sieciowej – 2,45 t/h

Okres letni

- temperatura na zasilaniu – 65 °C
- temperatura na powrocie – 40 °C
- przepływ masowy wody sieciowej c.t. – 0,72 t/h

6.3.1.2. Ciśnienia:

- | | | |
|-------------------------------------|-----------|----------|
| - rzędne linii ciśnień na zasilaniu | 285 – 280 | m n.p.m. |
| - rzędne linii ciśnień na powrocie | 235 – 240 | m n.p.m. |
| - ciśnienie statyczne | 265 | m n.p.m. |

6.3.2. Strona ogrzewana (woda instalacyjna c.o., c.t.)

6.3.2.1. Temperatury i przepływy:

- temperatura wody instalacyjnej c.o. na zasilaniu - 90 °C
- temperatura wody instalacyjnej c.o. na powrocie - 70 °C
- przepływ masowy wody instalacyjnej dla c.o. - 6,34 t/h
- temperatura wody instalacyjnej c.t. na zasilaniu - 70 °C
- temperatura wody instalacyjnej c.t. na powrocie - 50 °C
- przepływ masowy wody instalacyjnej dla c.t. - 0,92 t/h

7. PROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

Projektuje się węzeł ciepły dwufunkcyjny c.o. + c.t. kompaktowy, wyposażony w układ automatycznej regulacji temperatury czynnika ogrzewanego, z zaworami regulacyjnymi pracującymi w okresie sezonu grzewczego wg charakterystyki nadążnej ("regulacja pogodowa").

Każdy z węzłów wyposażono w reduktor ciśnienia, regulator różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu wody sieciowej, oraz licznik ciepła wspólny dla c.o. i c.t.

Istniejący układ pompowo - mieszający należy zdemonstrować. Przewody niskich parametrów z węzła c.o. należy połączyć z istniejącymi przewodami instalacji c.o., a przewody niskich parametrów z węzła c.t. należy połączyć z istniejącymi przewodami instalacji c.t.

8. DANE TECHNICZNE PROJEKTOWANYCH URZĄDZEŃ WĘZŁA C.O.

8.1. Wymiennik ciepła

Zaprojektowano węzeł cieplny c.o. w oparciu o wymiennik płytowy lutowany o powierzchni wymiany ciepła $F_w = 1,34 \text{ m}^2$, z przyłączami spawanymi, z izolacją termiczną prefabrykowaną. Max. ciśnienie pracy 1,6 MPa, maks. temperatura pracy 135°C . Materiał płyt EN 1.4404 (AISI316L).

8.2. Regulator ciśnienia (reduktor) – wysokie parametry

Zaprojektowano reduktor ciśnienia bezpośredniego działania z końcówkami do spawania o parametrach: $D_n = 20 \text{ mm}$, $kvs = 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$, zakres nastaw 3 -12 bar, ciśnienie za reduktorem 5,5 bar, PN 25, korpus zaworu – brąz Rg5, $t_{\text{max}} = 150^\circ\text{C}$.

8.3. Regulator różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu – wysokie parametry

Zaprojektowano regulator różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu bezpośredniego działania z końcówkami do spawania o parametrach:

$D_n = 20 \text{ mm}$, $kvs = 6,3 \text{ m}^3/\text{h}$, zakres regulacji ciś. 0,2 – 1,0 bar, projektowana nastawa ciśnienia 0,9 bar, zakr. przepływu 0,16 – $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$, projektowana nastawa przepływu $2,14 \text{ m}^3/\text{h}$, PN 16, korpus zaworu – brąz Rg5, $t_{\text{max}} = 150^\circ\text{C}$.

Dostawę i montaż regulatora zapewnia dostawca ciepła tj. MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.

8.4. Układ automatycznej regulacji temperatury c.o. - regulacja nadążna („pogodowa”)

Projektuje się zawór regulacyjny dwudrogowy z końcówkami do spawania o parametrach:

$D_n = 20 \text{ mm}$, $kvs = 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$, charakterystyka Split z siłownikiem elektrycznym wg AKPiA, korpus zaworu – brąz Rg(CuSn5ZnPb), $t_{\text{max}} = 150^\circ\text{C}$, stożek, gniazdo i wrzeciono – stal nierdzewna, uszczelka – EPDM O-ring, PN 25.

Zawór regulacyjny sterowany regulatorem elektronicznym dwufunkcyjnym, czujnikami temperatury zanurzeniowymi montowanymi po stronie wtórnej węzła cieplnego – na wejściu i wyjściu wody ogrzewanej z wymiennika ciepła, oraz czujnikiem temperatury zewnętrznej zamontowanym na ścianie północnej budynku na wysokości 3,0 m od terenu, wg projektu AKP i A.

8.5. Pompa obiegowa c.o.

Dla wymuszenia obiegu wody w instalacji odbiorczej c.o. projektuje się bezdławicową elektroniczną pompę o parametrach:

$D_n = 32 \text{ mm}$, $G_p = 6,34 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 6,5 \text{ msw}$, zasilanie 1x 230 -240V, korpus żeliwny, przyłącza rurowe gwintowane, PN 10.

8.6. Urządzenia zabezpieczające instalację odbiorczą c.o.

8.6.1. Dla zabezpieczenia instalacji odbiorczej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia zgodnie z normą PN-99/B – 02414 projektuje się:

- ciśnieniowe naczynie przeponowe o pojemności $V_c = 200 \text{ l}$, ciśnienie robocze $P_r = 6,0 \text{ bar}$, ciśnienie wstępne $P_w = 3,16 \text{ bar}$, PN 6 bar,
- zawór bezpieczeństwa membranowy $D_n = 25 \text{ mm}$ z gniazdem $D_o = 20 \text{ mm}$, ciśnienie otwarcia zaworu 6,0 bar, obudowa mosiądz/brąz

8.6.2. Zabezpieczenie przed przekroczeniem granicznej temperatury w instalacji c.o.

Projektuje się termostat dwufunkcyjny (TR/STW) zabezpieczający przed wzrostem temperatury wody w instalacji, uaktywniający funkcję sprężyny powrotnej siłownika do wymuszonego zamknięcia zaworu regulacyjnego, nastawa 90°C .

8.7. Układ pomiarowy ciepła – wysokie parametry

Dla opomiarowania dostawy ciepła na cele c.o. i c.t. projektuje się w węźle po stronie wysokich parametrów licznik ciepła, zasilanie bateryjne z ultradźwiękowym przetwornikiem przepływu o parametrach:

$D_n = 20 \text{ mm}$, $Q_p = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_s = 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$, PN 16, przyłącza gwintowane montowany na rurociągu zasilającym wysokich parametrów oraz czujniki temperatury zanurzeniowe, wg projektu AKPiA.

Dostawę i montaż układu pomiarowego zapewnia dostawca ciepła tj. MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.

8.8. Uzupełnianie zładu instalacji c.o.

Napełnianie i uzupełnianie zładu instalacji c.o. i c.t. projektuje się z powrotu sieciowego wysokich parametrów węzła. Dla opomiarowania ilości wody projektuje się wodomierz skrzydełkowy do wody ciepłej o parametrach: $D_n=15\text{ mm}$, $Q_n=1,5\text{ m}^3/\text{h}$, $t=90\text{ }^\circ\text{C}$

Dostawę i montaż wodomierza zapewnia dostawca ciepła tj. MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.

9. DANE TECHNICZNE PROJEKTOWANYCH URZĄDZEŃ WĘZŁA C.T.

9.1. Wymiennik ciepła

Zaprojektowano węzeł cieplny c.t. w oparciu o wymiennik płytowy lutowany o powierzchni wymiany ciepła $F_w=0,22\text{ m}^2$, z przyłączami spawanymi, z izolacją termiczną prefabrykowaną. Max. ciśnienie pracy 1,6 MPa, maks. temperatura pracy $135\text{ }^\circ\text{C}$. Materiał płyt EN 1.4404 (AISI316L).

9.2. Regulator ciśnienia (reduktor) – wysokie parametry

Zaprojektowano reduktor ciśnienia bezpośredniego działania z końcówkami do spawania o parametrach: $D_n=15\text{ mm}$, $kvs=0,4\text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie za reduktorem 5,5 bar, PN 25, korpus zaworu – brąz Rg5, $t_{\max}=150\text{ }^\circ\text{C}$.

9.3. Regulator różnicy ciśnień i zawór balansowy – wysokie parametry

Zaprojektowano regulator różnicy ciśnień bezpośredniego działania o parametrach: $D_n=15\text{ mm}$, $kvs=1,0\text{ m}^3/\text{h}$, zakres regulacji ciś. 0,2 – 1,0 bar, projektowana nastawa ciśnienia 0,9 bar, PN 25 z końcówkami do spawania, korpus zaworu – brąz Rg5, $t_{\max}=150\text{ }^\circ\text{C}$.

Nastawa przepływu realizowana będzie zaworem balansowym kołnierзовym $D_n=25\text{ mm}$, PN 25, nastawa $0,31\text{ m}^3/\text{h}$.

Montaż regulatora - na rurociągu powrotnym wysokich parametrów.

Dostawę i montaż regulatora zapewnia dostawca ciepła tj. MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.

9.4. Układ automatycznej regulacji temperatury c.t. - regulacja nadążna („pogodowa”)

Projektuje się zawór regulacyjny dwudrogowy z końcówkami do spawania o parametrach: $D_n=15\text{ mm}$, $kvs=0,63\text{ m}^3/\text{h}$, charakterystyka Split, z siłownikiem elektrycznym z funkcją awaryjnego zamykania, korpus zaworu – brąz Rg (CuSn5ZnPb), PN 25.

Zawór regulacyjny sterowany regulatorem elektronicznym dwufunkcyjnym (wspólny dla węzła c.o. i c.t.), czujnikami temperatury zanurzeniowymi montowanymi po stronie wtórnej węzła cieplnego – na wejściu i wyjściu wody ogrzewanej z wymiennika ciepła, oraz czujnikiem temperatury zewnętrznej zamontowanym na ścianie północnej budynku na wysokości 3,0 m od terenu, wg projektu AKP i A.

9.5. Pompa obiegowa c.t.

Dla wymuszenia obiegu wody w instalacji odbiorczej c.t. projektuje się bezdławicową elektroniczną pompę o parametrach:

$D_n=25\text{ mm}$, $G_p=0,92\text{ m}^3/\text{h}$, $H_p=4,8\text{ m.s.w.}$, zasilanie 1x 230 -240V, korpus żeliwny, przyłącza rurowe gwintowane, PN 10.

9.6. Urządzenia zabezpieczające instalację odbiorczą c.t.

9.6.1. Dla zabezpieczenia instalacji odbiorczej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia zgodnie z normą PN-99/B – 02414 projektuje się:

- ciśnieniowe naczynie przeponowe o pojemności $V_c=12\text{ l}$, ciśnienie robocze $P_r=3,0\text{ bar}$, ciśnienie wstępne $P_w=0,5\text{ bar}$, PN 6 bar,
- zawór bezpieczeństwa membranowy $D_n=25\text{ mm}$ z gniazdem $D_o=20\text{ mm}$, ciśnienie otwarcia zaworu 3,0 bar, obudowa miedz/brąz

9.7. Układ pomiarowy ciepła – wysokie parametry

Dla opomiarowania dostawy ciepła na cele c.t. projektuje się w węźle po stronie wysokich parametrów licznik ciepła wspólny dla c.o. i c.t. jak w p-kcie 8.6.

Dostawę i montaż układu pomiarowego zapewnia dostawca ciepła tj. MPEC- Rzeszów Sp. z o.o.

10. POZOSTAŁE ELEMENTY WĘZŁA C.O. I C.T.

10.1 Armatura

10.1.1. Armatura po stronie wysokich parametrów węzła

Odcinająca, odpowietrzająca, odwadniająca:

- zawory kulowe z końcówkami do spawania lub kołnierzowe, korpus ze stali St37 z uszczelnieniem PTFE, PN16, temperatura max. – 150 °C.

Oddzielająca:

- filtry siatkowe kołnierzowe, korpus - żeliwo szare 250/GG25, liczba oczek 600/cm², PN16, temp. pracy 150 °C.

10.1.2. Armatura po stronie niskich parametrów węzła (woda instalacyjna c.o., c.t.)

Odcinająca, zwrotna:

- zawory kulowe gwintowane PN 10, T_{max} = 110 °C, korpus zaworu - mosiądz MO58 niklowany,
- zawory zwrotne gwintowane PN 10, T_{max} = 110 °C, korpus zaworu- mosiądz MO58 niklowany.

Oddzielająca:

- filtry siatkowe gwintowane skośne , PN 16, T_{max} = 150 °C, korpus z brązu, głowica z mosiądzu.

10.2. Rurociągi

10.3.1. Rurociągi po stronie wysokich parametrów:

- z rur stalowych czarnych bez szwu wg PN-84/H-74219 łączonych przez spawanie

10.3.2. Rurociągi w węźle po stronie niskich parametrów:

- z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-84/H-74200 łączonych przez spawanie

10.3. Aparatura kontrolno - pomiarowa

10.3.1. Wysokie parametry węzła cieplnego

- pomiar ciśnienia – ciśnieniomierze ogólnego przeznaczenia do pomiaru ciśnienia cieczy - M 80R/ 0 -1,6 MPa/kl.1.0 z rurką syfonową fi 10mm i zaworem zaporowym,
- wskaźniki podwójne do pomiaru ciśnienia i temperatury wody WP 80-R/ 0 – 150 °C , /0-1,6 MPa /kl.1.0

10.3.2. Niskie parametry węzła cieplnego

- pomiar ciśnienia – ciśnieniomierze ogólnego przeznaczenia do pomiaru ciśnienia cieczy - M 80R/ 0 -1,0 MPa/kl. 1.0 z rurką syfonową fi 10 mm
- pomiar temperatury – termometry bimetaliczne 0 -120 °C,
- wskaźniki podwójne do pomiaru ciśnienia i temperatury wody WP80-R/0-120 °C,/0 – 0,1 MPa /kl.1.0

Lokalizacja manometrów:

- przed i za pompą
- przed i za filtrami oraz miejscach wskazanych na schemacie węzła cieplnego.

Lokalizacja termometrów:

- montaż na przewodach zasilających i powrotnych wysokich parametrów węzła c.o. i c.w.u., przewodach zasilających i powrotnych instalacji odbiorczych c.o. i c.w.u. oraz miejscach wskazanych na schemacie węzła ciepłego.

10.4. Zabezpieczenia antykorozyjne rurociągów

Po zakończeniu montażu rur i przed wykonaniem izolacji termicznej rurociągi w obrębie węzła należy oczyścić do 3 stopnia czystości przez szrotkowanie wg PN-70/H97050. Ocenę stanu powierzchni po szrotkowaniu należy wykonać zgodnie z normą PN-70/H-97051 oraz instrukcją KOR 3A. Malowanie rurociągów wykonać farbą ftalowo-silikonową przeciwrdzewną przeznaczoną do antykorozyjnego zabezpieczenia zewnętrznych powierzchni rurociągów ciepłych o temp. czynnika grzejącego 150 °C.

10.5. Izolacja termiczna

10.5.1. Wysokie parametry węzła ciepłego

Izolację termiczną rurociągów projektuje się łubkami izolacyjnymi ze sztywnej pianki poliuretanowej z płaszczem PCV lub innymi otulinami izolacyjnymi posiadającymi atest dopuszczający do stosowania na rurociągi ciepłownicze wysokich parametrów oraz świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie. Grubość izolacji zgodnie z normą PN-B-02421:2000.

10.5.2. Niskie parametry węzła ciepłego

Izolację termiczną rurociągów projektuje się otulinami izolacyjnymi z pianki polietylenowej lub innymi otulinami posiadającymi atest dopuszczający do stosowania dla instalacji centralnego ogrzewania, c.w.u. oraz świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie. Grubość izolacji zgodnie z normą PN-B-02421:2000.

Wymienniki i zasobnik ciepłej wody należy izolować otulinami prefabrykowanymi zamówionymi u producenta. Zalecane jest znakowanie płaszcza izolacji cieplnej wg PN-70/N-01270. Ponadto należy umieścić znaki przepływu czynnika i znaki ostrzegawcze BHP (wysoka temperatura i ciśnienie).

10.6. Próba szczelności i płukanie węzła

Próby należy przeprowadzać zgodnie z warunkami technicznymi Dozoru Technicznego DT-UC-90/ZS/06 tab. I i wymaganiami norm PN-81/B-10700.00 oraz PN-81/B-02650.

Ciśnienia próbne wynoszą:

po stronie wysokich parametrów - 2,0 MPa

po stronie wody zimnej i ciepłej - 0,9 MPa

Po zakończeniu montażu węzła, całość rurociągów i urządzeń należy przepłukać co najmniej dwukrotnie po 15-20 min, tak aby ilość zawiesiny w wodzie popłucznej nie była większa niż 5 mg/l.

10.7. Uruchomienie, ruch próbny węzła ciepłego

Po zakończeniu całości prac montażowych należy przeprowadzić ruch próbny węzła zgodnie z DTR poszczególnych urządzeń. Ruch próbny (regulacyjny) węzła prowadzić przez 72 godziny analizując prawidłowość działania wszystkich urządzeń i osiąganie zadanych parametrów.

11. WYTYCZNE BRANŻOWE

11.1. Branża budowlana

- Ściany w pomieszczeniu węzła należy otynkować i pomalować na kolor jasny powłokami malarskimi chroniącymi przed przenikaniem wilgoci.

11.2. Branża sanitarna

- Zdemontować istniejące przewody, armaturę i urządzenia od wejścia sieci ciepłej do budynku do połączenia z rozdzielaczami instalacji c.o.

11.3. Branża elektryczna

- Zaprojektować zasilanie w energię elektryczną pompy obiegowej c.o. i c.t.
- W pomieszczeniu węzła należy zaprojektować instalację oświetleniową zapewniającą natężenie oświetlenia min. 150 lux oraz zestaw gniazd remontowych (3faz+1faz+24V).
- Urządzenia elektryczne w pomieszczeniu węzła należy wyposażać w instalację ochrony od porażeń zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz wykonać instalację uziemienia.
- Instalacja elektryczna powinna spełniać wymagania właściwe dla pomieszczeń wilgotnych i gorących.

11.4. Branża AKPiA

W węźle należy zaprojektować:

1. Układ automatycznej regulacji temperatury c.o. i c.t. (regulacja „pogodowa”) w oparciu o:
 - elektroniczny regulator pogodowy dwufunkcyjny,
 - czujnik temperatury powietrza zewnętrznego,
 - zawór regulacyjny dwudrogowy z siłownikiem elektrycznym z funkcją awaryjnego zamykania,
 - czujniki temperatury wody instalacyjnej zanurzeniowe, zainstalowane na wyjściu i wejściu wody ogrzewanej z i do wymiennika Pt 1000.
2. Układ automatycznej regulacji temperatury c.t. (regulacja „pogodowa”) w oparciu o:
 - regulator elektroniczny (wspólny dla węzła c.o. i c.t.),
 - zawór regulacyjny dwudrogowy z siłownikiem elektrycznym z funkcją awaryjnego zamykania ,
 - czujnik temperatury zanurzeniowy na wyjściu c.w.u. z wymiennika Pt 1000.
3. Układ pomiarowy ciepła węzła (wspólny dla c.o. i c.t.) w oparciu o przetwornik przepływu ultradźwiękowy.
4. Układ zabezpieczający instalację c.o. przed nadmiernym wzrostem temperatury w oparciu o termostat dwufunkcyjny TR/STW uaktywniający funkcję sprężyny zwrotnej siłownika zaworu regulacyjnego.

12. BADANIA I ODBIORY

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, szczegółową specyfikacją techniczną wykonania i odbioru robót oraz wymaganiami Inwestora jeżeli wszystkie pomiary, regulacje dały wyniki pozytywne.

Badania i odbiory węzła ciepłego należy wykonać zgodnie z „Warunki techniczne wykonania i odbioru węzłów ciepłowniczych – zeszyt nr 8 COBRTI INSTAL – Warszawa oraz metodyki badań określonych normą PN-B 02423;2000 z uwzględnieniem podziału na badania przy odbiorach częściowych i odbiorze końcowym.

Odbiory wykonać w obecności przedstawiciela dostawcy ciepła tj. MPEC – Rzeszów Sp. z o.o.

Do końcowego protokołu odbioru węzła ciepłowniczego należy załączyć:

- wyniki wszystkich badań odbiorczych częściowych i końcowych na zimno oraz ich ocenę,
- wyniki wszystkich badań odbiorczych na gorąco w czasie ruchu próbnego z ich oceną,
- potwierdzenie zgodności dokumentacji powykonawczej ze stanem faktycznym.

13. ZESTAWIENIE OBOWIĄZUJĄCYCH NORM I PRZEPISÓW

Polskie normy:

PN-B-02423:1999+Ap 1:2000 Ciepłownictwo. Węzły ciepłownicze. Wymagania i badania przy odbiorze.

PN-B-02414:1999 Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Zabezpieczenie ogrzewań wodnych systemu zamkniętego z naczyniami wzbiorczymi przeponowymi.

PN-B-02421:2000 Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania przy odbiorze.

PN-80/H 74219 Rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco ogólnego zastosowania.

PN-79/H 74244 Rury stalowe ze szwem, przewodowe.

PN-ISO 7005-1:2000 Kołnierze metalowe. Kołnierze stalowe.

PN-88/M-42304 Ciśnieniomierze wskaźnikowe zwykłe z elementami sprężystymi.

PN-85/M-53820 Termometry przemysłowe. Wymagania i badania

PN-70/H-97051 Ochrona przed korozją. Przygotowanie powierzchni stali, staliwa i żeliwa do malowania. Ogólne wytyczne.

PN-71/H-97053 Ochrona przed korozją. Malowanie konstrukcji stalowych. Ogólne wytyczne.

PN-M-69012:1997 Spawane połączenia króćców i odgałęzień. Kształty złączy spawanych.

PN-70/N-01270.01 Wytyczne znakowania rurociągów. Postanowienia ogólne.

PN-70/N-01270.03 Wytyczne znakowania rurociągów. Kod barw rozpoznawczych dla przesyłanych czynników.

Inne dokumenty:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1997r. – Prawo Budowlane (Dz.U. nr 89, poz. 414 z 1994r.) wraz z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 02.75.690) wraz z późniejszymi zmianami.
- Warunki techniczne wykonania i odbioru węzłów ciepłowniczych – zeszyt nr 8 COBRTI INSTAL – Warszawa.
- Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano – montażowych. Tom II. Instalacje sanitarne i przemysłowe.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997r. (Dz.U. nr 169, poz.1650) w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy wraz z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003r.(Dz. U. nr 47,poz. 401) w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu robót budowlano - montażowych i rozbiórkowych.

14. UWAGI KOŃCOWE

Przed przystąpieniem do wykonania robót montażowych węzła wykonawca zobowiązany jest do szczegółowego zapoznania się z niniejszym projektem wykonawczym (część opisowa, rysunkowa i kosztorysowa).

Wszelkie uwagi i ewentualne zastrzeżenia należy wnieść przed przystąpieniem do wykonywania robót. Uwagi winny być wniesione w formie pisemnej za zgodą projektanta i Inwestora.

Zakup urządzeń węzła winien być poprzedzony:

- kontrolą zgodności z projektem wykonawczym wszystkich parametrów technicznych urządzeń,
- sprawdzeniem, czy wszystkie urządzenia posiadają wymaganą dokumentację - DTR oraz w zależności od grupy urządzeń dokumentację odbiorową UDT, Atest Higieniczny Państwowego Zakładu Higieny, aktualne dopuszczenie do stosowania – posiadać znak „CE”.

Wszelkie zmiany i odstępstwa od przyjętych rozwiązań projektowych wymagają akceptacji projektanta.

Całość robót należy wykonać i przekazać do eksploatacji zgodnie z opracowanym projektem wykonawczym, Warunkami technicznymi wykonania i odbioru węzłów ciepłowniczych opracowanymi przez COBRTI „Instal” Warszawa oraz obowiązującymi normami, przepisami BHP i p. pożarowymi.

II. SPECYFIKACJA URZĄDZEŃ I ARMATURY WĘZŁA CIEPLNEGO

Nr oznacz. na rys.	Wyszczególnienie	Jedn.	Ilość jedn.
1	2	3	4
1	Wymiennik c.o. płytowy lutowany ze stali nierdzewnej o powierzchni ogrzewalnej $F_w=1,34 \text{ m}^2$, przyłącza spawane, z izolacją termiczną prefabrykowaną	szt.	1
2	Wymiennik c.t. płytowy lutowany ze stali nierdzewnej o powierzchni ogrzewalnej $F_w=0,22 \text{ m}^2$, przyłącza spawane, z izolacją termiczną prefabrykowaną	szt.	1
3	Elektroniczna pompa obiegowa c.o., Dn 32mm, Gp= 6,34 m ³ /h, Hp= 6,5 m.s.w.	szt.	1
4	Elektroniczna pompa obiegowa c.t., Dn 25mm, Gp= 0,92 m ³ /h, Hp= 4,8 m.s.w.	szt.	1
5	Ciśnieniowe naczynie przeponowe c.o. Vc= 200/6, Pr= 6 bar, Pw=3,16 bar	szt.	1
6	Ciśnieniowe naczynie przeponowe c.t. Vc= 12/6, Pr= 3 bar, Pw=0,5 bar	szt.	1
7	Regulator ciśnienia (reduktor) bezpośredniego działania (c.o.), kvs=4,0 m ³ /h, Dn=20 mm, ciśnienie za reduktorem 5,5 bar, PN 25, z końcówkami do spawania	szt.	1
8	Regulator ciśnienia (reduktor) bezpośredniego działania (c.t.), kvs=0,4 m ³ /h, Dn=15 mm, ciśnienie za reduktorem 5,5 bar, PN 25, z końcówkami do spawania	szt.	1
9	Regulator różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu bezpośredniego działania (c.o.), kvs=6,3 m ³ /h, Dn=20 mm, zakres nastaw 20 – 100 kPa, nastawa 90 kPa, zakres reg. przepływu 0,16-3,5 m ³ /h, nast. 2,14 m ³ /h, PN 16, z końcówkami do spawania rurką impulsową ze złączką	szt.	1 Dostarcza MPEC
10	Regulator różnicy ciśnień bezpośredniego działania (c.t.), kvs=1,0 m ³ /h, Dn=15mm, zakres nastaw 20 – 100 kPa, nastawa 90 kPa, PN 16, z końcówkami do spawania rurką impulsową ze złączką	szt.	1 Dostarcza MPEC
10a	Zawór balansowy kołnierzowy Dn=25 mm, nastawa 0,31 m ³ /h, Pn 25	szt.	1
11	Zawór regulacyjny c.o. dwudrogowy, Dn=20 mm, kvs=4,0 m ³ /h, z końcówkami do spawania z siłownikiem elektrycznym ster. 3pkt 230V, z funkcją awaryjnego zamykania wg AKPiA	szt.	1
11a	Regulator pogodowy węzła cieplnego min. dwufunkcyjny	-	wg AKPiA
11b	Czujnik temperatury zewnętrznej Pt1000	-	wg AKPiA
11c	Czujnik temperatury zasilania i powrotu zanurzeniowy Pt 1000	-	wg AKPiA
12	Zawór regulacyjny c.t. dwudrogowy, Dn=15 mm, kvs=0,63 m ³ /h, z końcówkami do spawania z siłownikiem elektrycznym ster. 3pkt 230V wg AKPiA	szt.	1
12a	Czujnik temperatury zanurzeniowy, Pt 1000	-	wg AKPiA
13	Przelicznik ciepła c.o. i c.t., zasilanie bateryjne	kpl	1 Dostarcza MPEC
13a	Przetwornik przepływu ultradźwiękowy c.o. i c.t. Dn=20 mm, Q _p = 2,5 m ³ /h, połączenie gwintowane, montaż na zasilaniu w/p		
13b	Czujniki temperatury zanurzeniowe, Pt 500		
14	Zawór kulowy z końcówkami do spawania, Dn 32mm, PN 16, T _{max} = 135 °C	szt.	4
15	Zawór kulowy z końcówkami do spawania, Dn 25mm, PN 16, T _{max} = 135 °C		1
16	Zawór kulowy z końcówkami do spawania, Dn 15mm, PN 16, T _{max} = 135 °C	szt.	5
17	Zawór kulowy z gwintem wewnętrznym, Dn 50mm, PN 10, T _{max} = 100 °C	szt.	2

18	Zawór kulowy z gwintem wewnętrznym, Dn 25mm, PN 10, $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$	szt.	2
19	Zawór kulowy z gwintem wewnętrznym, Dn 15mm, PN 10, $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$	szt.	4
20	Zawór zwrotny z gwintem wewnętrznym Dn 50mm, PN 10, $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$	szt.	1
21	Zawór zwrotny z gwintem wewnętrznym Dn 25mm, PN 10, $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$	szt.	1
22	Zawór zwrotny z gwintem wewnętrznym, Dn 15mm, PN 10, $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$	szt.	1
23	Zawór dławiący 6 x 1,0 mm	szt.	2 Dostarcza MPEC
24	Filtr siatkowy kołnierzowy Dn 32-PN-16-600	szt.	1
25	Filtr siatkowy z gwintem wewnętrznym, Dn 50mm, PN 10, $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$,	szt.	1
26	Filtr siatkowy z gwintem wewnętrznym, Dn 25mm, PN 10, $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$,	szt.	1
27	Filtr siatkowy z gwintem wewnętrznym, Dn 15mm, PN 10, $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$,	szt.	1
28	Zawór bezpieczeństwa membranowy c.o. , Dn 25 mm, Do=20 mm, ciśnienie otwarcia 6,0 bar, $T_{\max}=110^{\circ}\text{C}$	szt.	1
29	Zawór bezpieczeństwa membranowy c.t., Dn 25 mm, Do=20 mm, ciśnienie otwarcia 3 bar, $T_{\max} =140^{\circ}\text{C}$	szt.	1
30	Zawór odpowietrzający gwintowany Dn 15mm, PN16	szt.	2
31	Złącze odcinające SU, Dn=25mm	szt.	1
32	Złącze odcinające SU, Dn=20mm	szt.	1
33	Termostat dwufunkcyjny c.o. TR/STW, nastawa 90°C ,	szt.	1
34	Ciśnieniomierz M 80 - R (0 -1,6) MPa -kl.1 z rurką syfonową Ø15mm i kurkiem manometrycznym $T_{\max} 130^{\circ}\text{C}$	szt.	7
35	Ciśnieniomierz M 80 - R (0 -1,0) MPa -kl.1 z rurką syfonową Ø15mm i kurkiem manometrycznym $T_{\max} 130^{\circ}\text{C}$	szt.	6
36	Termometr (0 -160 $^{\circ}\text{C}$)	szt.	4
37	Termometr (0 -120 $^{\circ}\text{C}$)	szt.	4
38	Wodomierz do wody gorącej JS 90, Dn15mm, $Q_3=2,5 \text{ m}^3/\text{h}$	szt.	1 Dostarcza MPEC

III. CZĘŚĆ OBLICZENIOWA

A. Urządzenia węzła c.o.

1. Dobór średnic

Zapotrzebowanie ciepła dla c.o. wynosi – 143,7 kW

Parametry wody sieciowej - 135/75 °C

Ilość wody sieciowej $G_s = 2,14 \text{ m}^3/\text{h}$

Rurociąg Dn 32, $w = 0,56 \text{ m/s}$, $R = 93 \text{ Pa/m}$

Parametry inst. wewn. c.o. - 90/70 °C

Ilość wody instalacyjnej $G_i = 6,34 \text{ m}^3/\text{h}$

Rurociąg Dn 50, $w = 0,77 \text{ m/s}$, $R = 108 \text{ Pa/m}$

Opory instalacji c.o. - 20 kPa

2. Dobór wymiennika c.o. - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

3. Dobór reduktora ciśnienia c.o. - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

4. Dobór regulatora różnicy ciśnień i przepływu

Rzędna linii ciś. zasilania: 285 - 280 m.n.p.m.

Rzędna linii ciś. powrotu: 235 - 240 m.n.p.m.

Rzędna terenu: 210 m n.p.m.

Ciśnienie dyspozycyjne za reduktorem: $\Delta H_{dmax} = 3,0 \text{ bar}$, $\Delta H_{dmin} = 2,0 \text{ bar}$

Ciśnienie stabilizowane: $\Delta H_s = 0,9 \text{ bar}$

Strata na zwężce zaworu : $\Delta H_{zwężki} = 0,2 \text{ bar}$

Do zdławienia : $\Delta H_{max} = 3,0 - 0,9 - 0,2 = 1,9 \text{ bar}$,

$\Delta H_{min} = 2,0 - 0,9 - 0,2 = 0,9 \text{ bar}$

Przepływ: $G_s = 2,14 \text{ m}^3/\text{h}$

Dobrano zawór regulacyjny różnicy ciśnień i przepływu, Dn 20, $Kvs = 6,3 \text{ m}^3/\text{h}$, zakresie regulacji ciś. 0,2 – 1,0 bar, nastawa 0,9 bar, zakr. przepływu 0,16 – 3,5 m^3/h , nastawa 2,14 m^3/h , PN 16.

5. Dobór zaworu regulacyjnego c.o. - dobrano j.w. przy założeniach:

Opór obiegu : - wymienniki - 20,00 kPa,

- rurociągi - 5,00 kPa,

25,00 kPa

Zakładana strata na zaw. regulacyjnym – 65,0 kPa, $G_s = 2,14 \text{ m}^3/\text{h}$

Dobrano zawór o Dn 20, $Kvs = 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$, PN 25

6. Pompa obiegowa c.o.

Przepływ wody instalacyjnej $G_{inst} = 6,34 \text{ m}^3/\text{h}$

Wysokość podnoszenia: - opór instalacji - 20,00 kPa,

- opór wymiennika - 20,00 kPa,

- filtr FS-1 $\phi 50$ - 2,00 kPa,

- zawór zwrot. - 2,00 kPa,

- opór rurociągów 21,00 kPa,

65,00 kPa

Dobrano pompę, o parametrach $V = 6,34 \text{ m}^3/\text{h}$ i $H_p = 65 \text{ kPa}$, 230 V, PN 10.

7. Naczynie wzbiornicze - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

8. Zawór bezpieczeństwa - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

B. Urządzenia węzła c.t.

1. Dobór średnic

Zapotrzebowanie ciepła dla c.t. wynosi – 21,0 kW

Parametry wody sieciowej - 135/75 °C

Ilość wody sieciowej $G_s = 0,31 \text{ m}^3/\text{h}$

Rurociąg Dn 25, w = 0,14 m/s, R = 10 Pa/m

Parametry inst. wewn. c.t. - 70/50 °C

Ilość wody instalacyjnej $G_i = 0,92 \text{ m}^3/\text{h}$

Rurociąg Dn 25, w = 0,40 m/s, R = 72 Pa/m

Opory instalacji c.t. - 20 kPa

2. Dobór wymiennika c.t. - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

3. Dobór reduktora ciśnienia c.t. - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

4. Dobór regulatora różnicy ciśnień i zaworu balansowego

Rzędna linii ciś. zasilania: 285 - 280 m.n.p.m.

Rzędna linii ciś. powrotu: 235 - 240 m.n.p.m.

Rzędna terenu: 210 m n.p.m.

Ciśnienie dyspozycyjne za reduktorem: $\Delta H_{dmax} = 3,0 \text{ bar}$, $\Delta H_{dmin} = 2,0 \text{ bar}$

Ciśnienie stabilizowane: $\Delta H_s = 0,9 \text{ bar}$

Strata na zwężce zaworu : $\Delta H_{zwężki} = 0,2 \text{ bar}$

Do zdławienia : $\Delta H_{max} = 3,0 - 0,9 - 0,2 = 1,9 \text{ bar}$,

$\Delta H_{min} = 2,0 - 0,9 - 0,2 = 0,9 \text{ bar}$

Przepływ: $G_s = 0,31 \text{ m}^3/\text{h}$

Dobrano zawór regulacyjny różnicy ciśnień, Dn 15, $Kvs = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$, zakresie regulacji ciś. 0,2 – 1,0 bar, nastawa 0,9 bar. Nastawa przepływu realizowana będzie zaworem balansowym kołnierзовym Dn=25 mm, PN 25, nastawa $0,31 \text{ m}^3/\text{h}$ - 1 obrót przy $dp = 320 \text{ dPa}$.

5. Dobór zaworu regulacyjnego c.t. - dobrano j.w. przy założeniach:

Opór obiegu : - wymienniki - 20,00 kPa,

- rurociągi - 5,00 kPa,

25,00 kPa

Zakładana strata na zaw. regulacyjnym – 65,0 kPa, $G_s = 2,14 \text{ m}^3/\text{h}$

Dobrano zawór o Dn 15, $Kvs = 0,63 \text{ m}^3/\text{h}$, PN 25

6. Pompa obiegowa c.t.

Przepływ wody instalacyjnej $G_{inst} = 0,92 \text{ m}^3/\text{h}$

Wysokość podnoszenia: - opór instalacji - 20,00 kPa,

- opór wymiennika - 20,00 kPa,

- filtr FS-1 $\phi 25$ - 2,00 kPa,

- zawór zwrot. - 2,00 kPa,

- opór rurociągów 4,00 kPa,

48,00 kPa

Dobrano pompę, o parametrach $V = 0,92 \text{ m}^3/\text{h}$ i $H_p = 48 \text{ kPa}$, 230 V, PN 10.

7. Naczynie wzbiornicze - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.

8. Zawór bezpieczeństwa - dobrano przy użyciu programu komputerowego - wydruk w zał.