

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o obliczaniu zapotrzebowania na wodę ciepło, gaz, określaniu ilości ścieków i sposobach przeprowadzania obliczeń hydraulicznych dla poszczególnych rodzajów sieci, projektowaniu sieci komunalnych.

W poradniku zamieszczono:

- Wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności i wiedzy, które powinieneś mieć opanowane, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej.
- Cele kształcenia tej jednostki modułowej.
- Materiał nauczania (rozdział 4), który umożliwia samodzielne przygotowanie się do wykonania ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów. Obejmuje on również ćwiczenia, które zawierają wykaz materiałów potrzebnych do realizacji ćwiczeń. Przed ćwiczeniami zamieszczono pytania sprawdzające wiedzę potrzebną do ich wykonania. Po ćwiczeniach zamieszczony został sprawdzian postępów. Wykonując sprawdzian postępów powinieneś odpowiadać na pytania tak lub nie, co oznacza, że opanowałeś materiał albo nie.
- Sprawdzian osiągnięć, w którym zamieszczono instrukcję dla ucznia oraz zestaw zadań testowych sprawdzających opanowanie wiedzy i umiejętności z zakresu całej jednostki. Zamieszczona została także karta odpowiedzi.
- Wykaz literatury obejmujący zakres wiadomości, dotyczącej tej jednostki modułowej, która umożliwi Ci pogłębienie nabytych umiejętności.

Jeżeli masz trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność.

Jednostka modułowa: Projektowanie sieci komunalnych, której treści teraz poznasz zawarta jest w module 311[39].Z3 „Podstawy projektowania instalacji sanitarnych i sieci komunalnych”.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinien umieć:

- rozróżniać rodzaje i elementy dokumentacji technicznej,
- posługiwać się normami i normatywami technicznymi oraz przepisami prawa budowlanego i energetycznego,
- sporządzać rysunki techniczne w różnych skalach, rzuty aksonometryczne, schematy,
- stosować oznaczenia graficzne na rysunkach budowlanych, instalacyjnych, planach sytuacyjno-wysokościowych,
- wykonywać szkice i rysunki odręczne,
- posługiwać się opisem technicznym projektu budowlanego,
- wykonać przedmiary i obmiary robót,
- sporządzić rysunki inwentaryzacyjne,
- stosować programy komputerowe do wykonywania rysunków technicznych,
- stosować programy komputerowe do wykonywania przedmiarów i kosztorysów,
- stosować programy komputerowe do wykonywania opisów, specyfikacji, zestawień materiałów,
- wyznaczać miejsca prowadzenia przewodów sieci komunalnych,
- rozróżnić rodzaje i układy sieci komunalnych,
- wyznaczać trasę prowadzenia przewodów sieci komunalnych oraz miejsca montażu uzbrojenia,
- dobierać materiały i sposoby izolacji rurociągów sieci komunalnych,
- wykonać obmiary robót instalacyjnych i robót ziemnych,
- posługiwać się dokumentacją techniczno-ruchową urządzeń stosowanych w instalacjach sieci komunalnych,
- określać właściwości materiałów stosowanych do budowy sieci komunalnych,
- określać parametry pracy sieci komunalnych,
- rozróżniać rodzaje uzbrojenia, określić jego zadania oraz miejsca i warunki montażu dla sieci komunalnych,
- posłużyć się dokumentacją techniczną sieci komunalnych,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- wykorzystywać różne źródła informacji.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- posłużyć się planami zagospodarowania przestrzennego terenu i dokumentacją techniczną urządzeń i obiektów wodociągowych,
- sporządzić bilans wodny dla danej jednostki obliczeniowej,
- obliczyć zapotrzebowanie na wodę,
- zaplanować sposób zaopatrzenia w wodę systemu wodociągowego,
- wyznaczyć przebieg trasy sieci wodociągowej,
- obliczyć przewody sieci wodociągowej z użyciem tablic i nomogramów,
- zastosować oznaczenia graficzne elementów wodociągu na rysunkach,
- dobrać materiały i uzbrojenie do wykonania sieci wodociągowej,
- zaplanować wykonanie sieci wodociągowej,
- sporządzić dokumentację projektową i wykonawczą sieci wodociągowej,
- obliczyć ilość ścieków,
- wyznaczyć przebieg trasy sieci kanalizacyjnej,
- wykonać obliczenia hydrauliczne sieci kanalizacyjnej,
- obliczyć przepływy w sieci ogólnospławnej oraz sieci ściekowej i deszczowej kanalizacji rozdzielczej,
- dobrać materiały i uzbrojenie do wykonania sieci kanalizacyjnej,
- sporządzić dokumentację projektową i wykonawczą instalacji sieci kanalizacyjnej,
- sporządzić bilans cieplny osiedla,
- wykonać obliczenia hydrauliczne sieci ciepłowniczych,
- sporządzić wykres ciśnień sieci ciepłowniczej,
- sporządzić dokumentację techniczną projektowanej sieci ciepłowniczej,
- dobrać materiały, uzbrojenie oraz urządzenia grzewcze do wykonania sieci,
- zaprojektować wykonanie sieci ciepłowniczej,
- wyznaczyć przebieg sieci gazowej oraz miejsca montażu uzbrojenia,
- obliczyć zapotrzebowanie na gaz,
- obliczyć obciążenie sieci i gazociągów,
- obliczyć i dobrać średnicę przewodów gazociągów,
- zaprojektować wykonanie sieci gazowej,
- posłużyć się normami, nomogramami i wytycznymi podczas projektowania sieci komunalnych,
- zastosować oznaczenia graficzne elementów sieci na rysunkach,
- sporządzić dokumentację projektową i techniczną sieci gazowej zgodnie z obowiązującymi normami, warunkami technicznymi wykonania i odbioru.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Opracowywanie dokumentacji projektowej sieci komunalnych

4.1.1. Materiał nauczania

Dokumentacja techniczna sieci komunalnych powinna być sporządzana według aktualnie obowiązujących zasad określających tryb jej opracowywania i zatwierdzania, wymagań formalnych i zakresu uzgodnień oraz zawartość i stopienia szczegółowości w poszczególnych fazach projektowania.

Rozróżnia się trzy podstawowe stadia dokumentacji projektowej: koncepcję programową (nazywaną także programem ogólnym) inwestycji, założenia techniczno-ekonomiczne (ZTE) oraz projekt techniczny (PT). Dla projektów nie zaliczanych do inwestycji centralnych może być opracowana dokumentacja jednostadiowa, zawierająca elementy założeń techniczno-ekonomicznych i projektu technicznego, które są niezbędne do podjęcia decyzji i realizacji inwestycji (PTJ).

Koncepcja programowa inwestycji jest fazą dokumentacji o najwyższym stopniu ogólności w celu rozpoznania technicznych możliwości rozwiązania inwestycji i przybliżonej wysokości nakładów na jej realizację. Treść koncepcji programowej powinna się składać z dwóch części:

1. ogólnej określającej cel i spodziewane rezultaty (uzasadnienie) inwestycji, zakres i koszt inwestycji ze wskazaniem źródeł finansowania, warunki i cykl realizacji inwestycji, możliwości lokalizacyjne, wpływ inwestycji na środowisko naturalne (strefy ochronne) itd.
2. techniczno-ekonomicznej obejmującej propozycje rozwiązań technicznych inwestycji, zwykle wariantowych, analizę techniczno-ekonomiczną wariantów rozwiązań oraz wskazanie wariantu preferowanego.

Na podstawie zatwierdzonej koncepcji są opracowywane założenia techniczno-ekonomiczne (ZTE), w miarę potrzeby, wariantowo. Założenia techniczno-ekonomiczne są dokumentem decyzyjno-projektowym dla inwestycji polegających na budowie, rozbudowie lub modernizacji, wymagających dokumentacji dwustadiowej. Stopień szczegółowości założeń techniczno-ekonomicznych jest wyższy niż koncepcji i obejmuje przykładowo następującą treść:

1. Część ogólna określająca cel, charakterystykę techniczną inwestycji, ocenę wariantów lokalizacji z uwzględnieniem nakładów na inwestycje towarzyszące i wymagań ochrony środowiska, wytyczne do organizacji zarządzania, wielkość i strukturę zatrudnienia, program użytkowy, zestawienie podstawowego wyposażenia, organizację transportu, analizę wariantowych rozwiązań realizacji inwestycji z uwzględnieniem warunków techniczno-organizacyjnych, harmonogram realizacji inwestycji, okres i harmonogram osiągania projektowanej zdolności produkcyjnej, wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej, przewidywaną wielkość kosztów i wskaźników techniczno-ekonomicznych.
2. Część technologiczna określająca program produkcyjny, zaopatrzenie materiałowe wraz z potwierdzeniem dostaw, wytyczne rozruchu, wykaz podstawowych urządzeń, zapotrzebowania na czynniki energetyczne, wodę i in., ilość ścieków i odpadów, założenia budowlane, konstrukcyjne i instalacyjne.

3. Część budowlano-instalacyjna zawierająca plan realizacyjny, podstawowe informacje o rozwiązaniach technicznych instalacji budowlanych i technologicznych dla opracowania projektu technicznego, wytyczne do realizacji inwestycji.
4. Zbiorcze zestawienia kosztów (ZZK).
5. Część ekonomiczna zawierająca rachunek ekonomicznej efektywności inwestycji.

W ramach założeń techniczno-ekonomicznych projektant ma obowiązek potwierdzenia dostaw urządzeń, energii elektrycznej, materiałów eksploatacyjnych oraz dokonania odpowiednich uzgodnień, w tym rzeczowego zakresu robót i technologii budowy z wykonawcą inwestycji.

Zatwierdzone założenia techniczno-ekonomiczne są podstawą opracowania projektu technicznego (PT) dla przyjętego do realizacji wariantu rozwiązania technicznego inwestycji. Projekt techniczny zawiera zbiór dyspozycji technicznych dla wykonawców inwestycji, ustalających jednoznacznie zakres i metody wykonania oraz uściślenie w stosunku do założeń techniczno-ekonomicznych kosztów na podstawie szczegółowego kosztorysowania. W ramach projektu technicznego opracowuje się szczegółowe obliczenia i rysunki będące podstawą wykonania inwestycji. Przykładowa treść projektu technicznego obejmuje w szczególności:

- podstawowe dane charakteryzujące zadanie lub obiekt,
- opracowany geodezyjnie plan realizacyjny zagospodarowania terenu sporządzony dla zadania lub obiektu, a także zbiorcze plansze uzbrojenia terenu,
- projekty obiektów budowlanych, rysunki robocze architektoniczno-budowlane, konstrukcyjne, instalacyjne,
- dane dotyczące technologii wykonawstwa obiektów, zbiorcze zestawienie kosztów,
- wykaz materiałów i urządzeń wyposażenia technologicznego,
- wskaźniki techniczno-ekonomiczne,
- projekt organizacji robót, zagospodarowania placu budowy.

Do projektu technicznego nie załącza się rozwiązań typowych i skatalogowanych elementów; wystarczające jest powołanie się na odpowiedni katalog i jego pozycje. Projekty techniczne wykonuje się w skali 1:500 (jako podstawowej) dla sieci i obiektów, przy czym używana jest także skala 1:100 oraz 1:20.

Dokumentacja w fazie projektu technicznego powinna zawierać:

1. Część opisowo-zbiorną obejmującą opis techniczny z obliczeniami, zestawienia materiałów, kosztorys i spis rysunków.
2. Część rysunkową.

Do projektu technicznego jednostadialnego (PTJ) w części opisowo-zbiornej zamieszcza się również wykaz urządzeń przewidzianych do zakupu przez wykonawcę u innych producentów. Dla większych inwestycji wodociągowych w części opisowej projekt techniczny sporządza się wytyczne organizacji wykonania inwestycji.

Ponadto, do części opisowej projektu załącza się odpisy wymaganych uzgodnień. Projekty uzgadnia rzeczoznawca ds. bhp (w ramach projektu technicznego jednostadialnego) i rzeczoznawca ds. ochrony przeciwpożarowej (w ramach projektu technicznego jednostadialnego obowiązkowo, w projektach technicznych warunkowo – o ile występują duże zmiany w stosunku do założeń techniczno-ekonomicznych) oraz państwowy inspektor sanitarny (w ramach projektu technicznego jednostadialnego obowiązkowo, w projektach technicznych warunkowo jak wyżej) i konserwator zabytków – jeśli projekt związany jest z budową zabytkową. Do projektu należy również dołączyć decyzję przydziału mocy, warunki zasilania elektrycznego, dostawy wody i odprowadzenia ścieków. Dokumenty w fazie projektu technicznego lub projektu technicznego jednostadialnego powinien uzgodnić użytkownik, przedsiębiorstwo przejmujące wodociąg w eksploatację – najczęściej lokalne przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji. Trasy sieci wodociągowej uzgadnia się w zespole

uzgodnień dokumentacji (ZUD) przy terenowym przedsiębiorstwie geodezyjnym. Rozwiązania technologiczne potwierdza się uzgodnieniami specjalistów z pozostałych branż projektowych.

Dokumentacja wykonawcza (projekt wykonawczy – P.W.) powinna spełniać wszystkie wymagania stawiane przez obowiązujące Prawo Budowlane.

W lokalnych przedsiębiorstwach projekt wykonawczy podlega uzgodnieniu. Uzgodnienia te dotyczą głównie części technologicznej projektu tzn.: opis, plan sytuacyjny, profil podłużny, rysunki technologiczne komór. Część konstrukcyjna załączana jest do wglądu, czasem egzemplarz pozostaje w lokalnych przedsiębiorstwach wodociągów i kanalizacji w celach archiwalnych (szczególne wymagania w tym zakresie ustalają władze lokalne).

Składany do uzgodnienia w lokalnych przedsiębiorstwach projekt wykonawczy powinien składać się z następujących elementów:

1. Część opisowa
 - 1.1. Przedmiot i zakres opracowania
 - 1.2. Podstawa opracowania
 - 1.3. Warunki gruntowo-wodne (archiwalne lub na podstawie przeprowadzonych badań geologicznych)
 - 1.4. Opis projektowanego rozwiązania, zastosowane materiały, sposób realizacji
 - 1.5. Uzbrojenie projektowanej sieci
 - 1.6. Obliczenia i dobór urządzeń specjalnych (pompy, separatory, kaskady, syfony, zbiorniki retencyjne itp.)
 - 1.7. Obliczenia posadowienia kanału, komór, studni i innych proj. obiektów, obliczenia konstrukcyjne itp.
 - 1.8. Zabezpieczenia obiektów znajdujących się bezpośrednim sąsiedztwie projektowanego kanału i obiektów na nim zlokalizowanych
 - 1.9. Wytyczne realizacji inwestycji
 - 1.9.1 Roboty ziemne
 - 1.9.2 Wytyczne odwodnienia wykopów
 - 1.9.3 Roboty budowlane i montażowe
 - 1.9.4 Sposób włączenia do czynnej sieci komunalnej (o ile występuje)
 - 1.9.5 Sposób likwidacji istniejącej sieci komunalnej (o ile występuje)
 - 1.9.6 Kontrola jakości, nadzór, odbiór robót
2. Część graficzna
 - 2.1. Plan sytuacyjny w skali 1:500
 - 2.2. Profil podłużny w skali 1:500/1:100
 - 2.3. Technologiczne rysunki szczegółowe komór, studni, wpustów ulicznych i innych obiektów występujących w opracowaniu w skali 1:50–1:20
 - 2.4. Tabela wymiarów studni
 - 2.5. Szczegół posadowienia wykopie
3. Szczegółowy projekt konstrukcyjny wraz z rysunkami (o ile występuje)

Szczegółowy zakres zawartości projektu wykonawczego określa umowa lub uzgodnienie między Zamawiającym projekt a Projektantem.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są podstawowe stadia dokumentacji projektowej?
2. Jaki jest cel sporządzania koncepcji programowej inwestycji?
3. Czym jest koncepcja programowa inwestycji?
4. Z jakich elementów składa się koncepcja programowa inwestycji?
5. Na podstawie czego są opracowywane założenia techniczno-ekonomiczne?
6. Co obejmuje opracowanie założenia techniczno-ekonomiczne?
7. Co oznacza skrót ZZK?
8. Jaka jest podstawa opracowania projektów technicznych sieci komunalnych?
9. Jakie elementy wchodzi w skład opracowania projektu technicznego?
10. Wyjaśnij czym jest projekt techniczny jednostadialny?
11. Wyjaśnij czym jest ZUD, gdzie się znajduje i jakie ma zadanie?

4.2. Zapotrzebowanie na wodę w miastach, osiedlach wiejskich, zakładach przemysłowych

4.2.1. Materiał nauczania

Pod pojęciem zapotrzebowania na wodę rozumie się przewidywaną ilość wody niezbędnej do zaspokojenia potrzeb wszystkich odbiorców znajdujących się na terenie objętym zasięgiem sieci wodociągowej i wymagających wody zdatnej do picia i potrzeb gospodarczych.

System wodociągowy ma na celu dostarczenie wody na cele:

- bytowe w gospodarstwach domowych (picie, przygotowywanie posiłków, higieny osobistej, mycia naczyń, prania, utrzymania w czystości pomieszczeń, splukiwania ustępów itp.) – uzależnione od standardu wyposażenia mieszkania w urządzenia wodociągowe i kanalizacyjne,
- hodowlane (pojenie, mycie zwierząt, przygotowywanie karmy, utrzymanie w czystości pomieszczeń inwentarskich itp.) – uwarunkowane mechanicznym sposobem zaopatrzenia w wodę,
- bytowe w zakładach pracy i zakładach użyteczności publicznej,
- warsztatów remontowych – zależne od wyposażenia warsztatów w stanowiska pracy (np. na 1 obrabiarkę przyjmuje się 35 dm³/d, na 1 stanowisko w warsztacie ślusarskim przyjmuje się 60 dm³/d, w warsztacie stolarskim 20 dm³/d a w kuźni 40 dm³/d na jedno palenisko),
- przemysłowe – jest zależne od typu produkcji (może być bardzo zróżnicowane w czasie w przypadku przemysłu sezonowego), systemu gospodarki wodno-ściekowej w przedsiębiorstwie, stosowane procesy produkcyjne,
- robót budowlanych – zależne od zakresu robót, stosowanych technologii, organizacji pracy,
- podlewania zieleńców i upraw przydomowych – zależne od pory roku, pory dnia, warunków pogodowych,
- przeciwpożarowe,
- własne zakładów wodociągowych (10–15% całkowitego średniego dobowego zapotrzebowania na wodę).

Suma maksymalnych dobowych zapotrzebowań na wodę na wszystkie wyżej wymienione cele jest podstawą do projektowania.

Bezwzględna wielkość zużywanej wody w mieście zależy od wielu czynników, takich jak: liczba mieszkańców, funkcja miasta, wielkość i rodzaj przemysłu, a także wysokość ciśnienia w sieci wodociągowej itp. Zużycie wody jest zmienne w czasie. Zmiany te mają dwie równoległe tendencje:

- zmienność w różnych cyklach – dobowych, tygodniowych, rocznych lub innych,
- wzrost w ciągu lat w wyniku rozwoju miast i podnoszenia się poziomu życia ludności.

Ze względu na zmienność zużycia wody w cyklach dobowych, tygodniowych itp. wyróżnia się kilka charakterystycznych wielkości zużycia i zapotrzebowania na wodę.

Podstawowymi wielkościami zapotrzebowania na wodę są:

1. Średnie dobowe zapotrzebowanie $Q_{d\text{ śr.}}$ wyrażone w m³/d, które otrzymuje się, dzieląc zapotrzebowanie wody roczne Q_r przez 365 dni, co można przedstawić wzorem:

$$Q_{d\text{ śr.}} = \frac{Q_r}{365} \cdot \left[\frac{m^3}{d} \right] \quad (1)$$

$Q_{d\text{ śr.}}$ – średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę, $[m^3/d]$,

Q_r – roczne zapotrzebowanie wody $[m^3]$.

2. Maksymalne dobowe zapotrzebowanie $Q_{d\text{ max}}$ wyrażone w m^3/d , które określa zapotrzebowanie na wodę w dobie maksymalnego rozbioru w roku; określa się je przez pomnożenie średniego dobowego zapotrzebowania $Q_{d\text{ śr.}}$ przez współczynnik nierównomierności dobowej N_d , co można przedstawić wzorem:

$$Q_{d\text{ max}} = Q_{d\text{ śr.}} \cdot N_d \quad [m^3/d], \quad (2)$$

$Q_{d\text{ max}}$ – maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę, $[m^3/d]$,

N_d – współczynnik nierównomierności dobowej.

3. Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę $Q_{h\text{ max}}$ wyrażone w m^3/d lub m^3/h , które określa największe zapotrzebowanie na wodę w ciągu godziny o maksymalnym zapotrzebowaniu; określa się je przez pomnożenie maksymalnego dobowego zapotrzebowania na wodę $Q_{d\text{ max}}$ przez współczynnik nierównomierności godzinowej N_h , oraz podzielenie przez 24, co można zapisać wzorem:

$$Q_{h\text{ max}} = N_h \cdot \frac{Q_{d\text{ max}}}{24}, \left[\frac{m^3}{d} \right] \text{ lub } \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (3)$$

$Q_{h\text{ max}}$ – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę, $[m^3/d]$ lub $[m^3/h]$,

N_h – współczynnik nierównomierności godzinowej.

Podane charakterystyczne wielkości zapotrzebowania na wodę są umowne. Szczególnie dotyczy to wartości maksymalnego godzinowego zapotrzebowania $Q_{h\text{ max}}$, które nie odpowiada zapotrzebowaniu w maksymalnej godzinie w roku. Najczęściej w ciągu roku występuje godzina o zapotrzebowaniu większym i w niektórych krajach taka wartość jest przyjmowana za miarodajną.

Wielkość zapotrzebowania na wodę oblicza się w oparciu o jednostkowe wskaźniki zapotrzebowania na wodę określające ilość wody w odniesieniu do jednego korzystającego z wodociągu mieszkańca i jednostki czasu.

W zależności od celu opracowania, wymaganego stopnia dokładności i szczegółowości informacji, zapotrzebowanie na wodę można określać przy zastosowaniu jednego z trzech następujących rodzajów wskaźników zapotrzebowania na wodę:

1. Sumarycznych wskaźników zapotrzebowania na wodę na wszystkie cele bytowe i produkcyjne – w przeliczeniu na 1 mieszkańca.
2. Scalonych wskaźników zapotrzebowania na wodę dla różnych grup odbiorców na terenie jednostki osadniczej – w przeliczeniu na 1 mieszkańca lub na 1 ha powierzchni.
3. Szczegółowych wskaźników jednostkowego zapotrzebowania dla różnych celów występujących na terenie jednostki osadniczej – w przeliczeniu na 1 użytkownika.

Sumaryczne wskaźniki są stosowane do określania zapotrzebowania na wodę w opracowaniach studialnych i koncepcyjnych o charakterze ogólnym (np. bilans wodny, plan rozwoju gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej w kraju, regionie lub zlewni).

Scalone wskaźniki są stosowane w koncepcjach programowych i założeniach techniczno-ekonomicznych budowy lub rozbudowy wodociągów dla jednostek osadniczych o charakterze wielofunkcyjnym.

Zastosowanie wskaźników szczegółowych umożliwia dokładniejsze określanie zapotrzebowania na wodę w odniesieniu do przewidywań rozwojowych jednostki osadniczej, mogą one być stosowane w koncepcjach programowych, założeniach techniczno-ekonomicznych i projektach technicznych, szczególnie dla projektowania urządzeń wodociągu (np. sieci wodociągowej, lokalnych pompowni, zbiorników na sieci).

Całkowite zapotrzebowanie na wodę dla jednostki osadniczej jest sumą zapotrzebowań na wszystkie cele.

Wykorzystując sumaryczne wskaźniki, całkowite zapotrzebowanie na wodę dla jednostki osadniczej określa się według wzorów:

$$Q_{d \text{ śr.}} = (q_k + q_p) \cdot M + Q_T + Q_S \text{ [m}^3/\text{d]} \quad (4)$$

$$Q_{d \text{ max}} = (q_k + q_p) \cdot N_d \cdot M + Q_T + Q_S \text{ [m}^3/\text{d]} \quad (5)$$

$$Q_{h \text{ max}} = 1/24[(q_k + q_p) \cdot N_d \cdot N_h \cdot M + Q_T + Q_S] \text{ [m}^3/\text{d]} \quad (6)$$

q_k – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę na cele ogólnokomunalne, $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{M})$,

q_p – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę na cele przemysłowe, $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{M})$,

M – liczba mieszkańców na terenie objętym zasięgiem sieci wodociągowej,

N_d – współczynnik nierównomierności dobowej dla jednostki osadniczej,

N_h – współczynnik nierównomierności godzinowej dla jednostki osadniczej,

Q_T – zapotrzebowanie na wodę na cele technologiczne wodociągu, m^3/d ,

Q_S – straty w sieci wodociągowej, m^3/d .

Wykorzystując scalone wskaźniki, całkowite zapotrzebowanie na wodę dla jednostki osadniczej określa się według wzorów:

$$Q_{d \text{ śr.}} = \sum_{i=1}^n q_{Mi} \cdot M \cdot 10^{-3} + \sum_{i=1}^m q_{Fi} \cdot F_i \cdot 10^{-3} + Q_T + Q_S, \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad (7)$$

q_{Mi} – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę dla danej grupy odbiorców wody na cele ogólnokomunalne, $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{M})$,

q_{Fi} – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę dla danej grupy odbiorców wody na cele przemysłowe, $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{ha})$,

M – liczba mieszkańców na terenie objętym zasięgiem sieci wodociągowej,

F_i – powierzchnia terenu zajmowanego przez przemysł, m^2 ,

n – liczba grup odbiorców wody na cele ogólnokomunalne,

m – liczba grup odbiorców wody na cele przemysłowe,

N_{di} – współczynnik nierównomierności rozbiórów wody przez poszczególne grupy odbiorców,

Q_T – zapotrzebowanie na wodę na cele technologiczne wodociągu, m^3/d ,

$$Q_{d \text{ max}} = \sum_{i=1}^n q_{Mi} \cdot M \cdot 10^{-3} \cdot N_{di} + \sum_{i=1}^m q_{Fi} \cdot F_i \cdot 10^{-3} \cdot N_{di} + Q_T + Q_S, \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad (8)$$

Q_S – straty w sieci wodociągowej, m^3/d .

Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę dla poszczególnych grup odbiorców $Q_{h \text{ max } i}$ można określić według wzoru:

$$Q_{h \text{ max } i} = \frac{Q_{d \text{ max } i}}{24} \cdot N_{hi}, \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (9)$$

$Q_{h \text{ max } i}$ – max. godzinowe zapotrzebowanie na wodę dla danej grupy odbiorców, m^3/h ,

$Q_{d \text{ max } i}$ – max. dobowe zapotrzebowanie na wodę dla danej grupy odbiorców, m^3/d ,

N_{hi} – współczynnik nierównomierności dobowej dla danej grupy odbiorców.

Całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę dla jednostki osadniczej oblicza się, uwzględniając niejednoczesność wystąpienia maksymalnych potrzeb wszystkich odbiorców wody w ciągu tej samej godziny doby o maksymalnym zapotrzebowaniu. W tym celu należy określić godzinowe rozkłady zapotrzebowania na wodę przez poszczególne grupy odbiorców w ciągu doby o maksymalnym zapotrzebowaniu i w oparciu o nie ustalić wielkości zapotrzebowania na wodę w każdej godzinie tej doby według wzoru:

$Q_{h(j)}$ – zapotrzebowanie na wodę w j -tej godzinie doby o max. zapotrzebowaniu, m^3/h ,

$$Q_{h(j)} = \sum_{i=1}^n P_{i(j)} \cdot Q_{d \text{ max } i} \cdot \frac{1}{100} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (10)$$

$P_{i(j)}$ – zapotrzebowanie na wodę przez danego odbiorcę w j-tej godzinie doby o max. zapotrzebowaniu, % $Q_{d \max i}$,

$Q_{d \max i}$ – max. dobowe zapotrzebowanie na wodę przez danego odbiorcę, m^3/h ,

n – liczba grup odbiorców w j-tej godzinie.

Zapotrzebowanie na wodę na cele technologiczne wodociągu przyjmuje się w wysokości 5%, a straty w sieci wodociągowej 10% całkowitego średniego dobowego zapotrzebowania na wodę na cele ogólnokomunalne i przemysłowe.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co rozumiesz pod pojęciem zapotrzebowania na wodę?
2. Na jakie cele zużywana jest woda na terenach miast i osiedli wiejskich?
3. Od jakich czynników zależy bezwzględna wielkość zużywanej wody w mieście?
4. Objaśnij charakterystyczne wielkości zapotrzebowania na wodę?
5. W oparciu o co oblicza się wielkość zapotrzebowania na wodę?
6. Wyjaśnij rodzaje wskaźników zapotrzebowania na wodę>

podstawowe 20% ponadpodst. 80%	$l/(d \cdot M)$									
3. Komunikacja	$l/(d \cdot M)$							—	—	
4. Ulice i place	$l/(d \cdot M)$							—	—	
5. Zieleń	$l/(d \cdot M)$									
6. Przemysł	$m^3/d \cdot ha$									
7. Ogółem:	—	—		—		—	—			
8. Straty 10% Q_d śr.	—	—								
9. Razem:	—	—		—		—	—			
10. Cele technolog. 5% Q_d śr.	—	—					—	—	—	
11. SUMA:	—	—		—		—	—	—	—	

Tabela 2 do ćwiczenia 1

Godz.	Zapotrzebowanie na wodę w poszczególnych godzinach doby przez różne grupy odbiorców																		
	mieszkalnictwo wielorodzinne		mieszkalnictwo jednorodzinne		usługi		komunikacja zbiorowa		place i ulice		zieleń		przemysł		straty		razem dla miasta		
	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	$Q_{d \max}$	m^3/h	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0–1	1,0		,3		1,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,17		1,3		
1–2	1,0		,7		1,0		16,5		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,17		1,5		
2–3	1,0		,7		1,0		16,5		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,17		1,5		
3–4	1,4		,7		1,0		16,5		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,17		1,7		
4–5	2,5		,8		1,0		16,5		6,25		12,5		1,50		4,17		3,5		
5–6	4,0		,0		1,0		$\frac{3}{4}$		6,25		12,5		1,50		4,16		4,2		
6–7	5,0		,1		1,0		$\frac{3}{4}$		6,25		12,5		6,25		4,17		5,2		
7–8	6,3		,2		2,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		12,5		6,25		4,17		5,7		
8–9	5,7		,5		3,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		6,25		4,16		4,3		
9–10	5,7		,2		7,0		8,5		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		6,25		4,17		4,8		
10–11	5,5		,4		10,0		8,5		6,25		$\frac{3}{4}$		6,25		4,17		5,4		
11–12	5,4		,3		12,0		8,5		6,25		$\frac{3}{4}$		6,25		4,16		5,6		
12–13	5,2		,3		12,0		8,5		6,25		$\frac{3}{4}$		6,25		4,17		5,6		
13–14	5,2		,9		12,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		6,25		4,17		5,5		
14–15	5,2		,1		10,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		4,75		4,16		5,2		
15–16	5,8		,8		7,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		4,75		4,17		4,7		
16–17	6,5		,3		3,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		4,75		4,17		4,6		
17–18	5,5		,0		3,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		12,5		4,75		4,16		5,3		
18–19	5,2		,9		3,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		12,5		4,75		4,17		5,4		
19–20	4,7		1,2		3,0		$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$		12,5		4,75		4,17		5,5		
20–21	4,2		,0		2,0		$\frac{3}{4}$		6,25		12,5		4,75		4,16		5,2		
21–22	3,4		,9		2,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		4,75		4,17		3,4		
22–23	2,5		,0		1,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,17		2,7		
23–24	2,1		,7		1,0		$\frac{3}{4}$		6,25		$\frac{3}{4}$		1,50		4,16		2,2		
Razem	100		00		100		100		100		100		100		100		100		

4.3. Usytuowanie i rozmieszczenie przewodów sieci wodociągowej

4.3.1. Materiał nauczania

Celem tego etapu projektowania jest wyrysowanie przewodów i przygotowanie do obliczeń projektowych schematu wyjściowego układu sieci wodociągowej. Projektując układ sieci wodociągowej, sporządza się najpierw pełny schemat sieci obejmujący obszar całej jednostki osadniczej. Dopiero na dalszym etapie przygotowuje się główny szkielet sieci wodociągowej poprzez wybranie i ustalenie tras przewodów głównych oraz pominięcie przewodów rozdzielczych (uwzględniając w ich miejsce ilość wody, jaką powinny im dostarczyć przewody główne).

Rozwiązanie układu sieci wodociągowej zależy przede wszystkim od:

- charakteru rozplanowania miasta (osiedla), rozmieszczenia poszczególnych użytkowników wody i ich wielkości,
- występowania naturalnych i sztucznych przeszkód dla układania przewodów (rzek, torów kolejowych, dróg, kanałów itp.),
- ukształtowania terenu,
- rozmieszczenia, liczby i wielkości źródeł zasilania sieci w wodę.

Podstawowym materiałem wyjściowym do sporządzenia układu sieci jest plan sytuacyjno-wysokościowy zagospodarowania przestrzennego jednostki osadniczej (najczęściej w skali 1:2000 do 1:5000). Konieczna jest też znajomość ogólnej koncepcji systemu zaopatrzenia w wodę, rozmieszczenia punktów zasilania sieci w wodę, w tym lokalizacji zbiorników wyrównawczych.

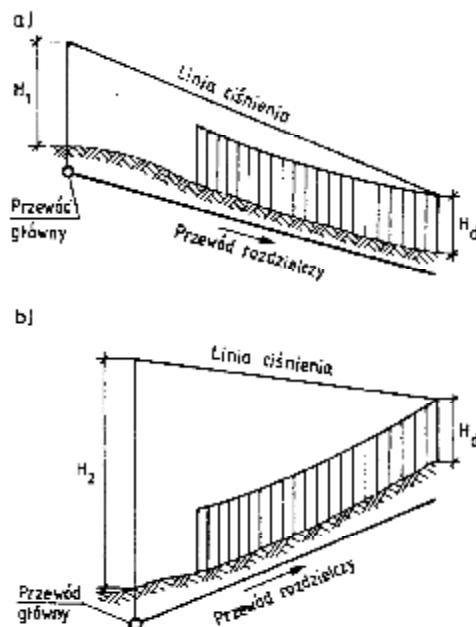
Zasady przy sporządzaniu układu sieci wodociągowej:

1. Łączyć najkrótszą drogą punkt (lub punkty) zasilania z głównymi dzielnicami jednostki osadniczej o największym zapotrzebowaniu w wodę.
2. Wrysować przewody prowadzące dużą ilość wody poprzez środki ciężkości obszarów o największym zapotrzebowaniu na wodę.
3. Prowadzić przewody magistralne wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych, głównie ze względu na brak szczegółów zagospodarowania terenów między ulicami na planie zagospodarowania przestrzennego miasta. Odstępstwa od tej zasady są dopuszczalne przy odpowiednim uzasadnieniu możliwości skrócenia przewodów i uzgodnieniu nowej trasy z władzami urbanistycznymi danego regionu.
4. W miarę możliwości wykorzystywać ukształtowanie terenu w celu uzyskania korzystnego rozkładu ciśnień w sieci rozdzielczej zlokalizowanej niżej. Przy wykorzystaniu tej zasady może być wskazane zrezygnowanie z prowadzenia przewodów wzdłuż najkrótszej drogi (p.1) i głównych ulic (p. 3).
5. Uwzględniać naturalne i sztuczne przeszkody w prowadzeniu przewodów, wybierając takie rozwiązania, które pozwalają na zapewnienie niezawodności dostawy wody do odbiorców za przeszkodą, np. zastosowanie dwóch równoległych odcinków przewodów przy przejściu przez rzekę, z których każdy stanowi 100% rezerwy przepustowości.

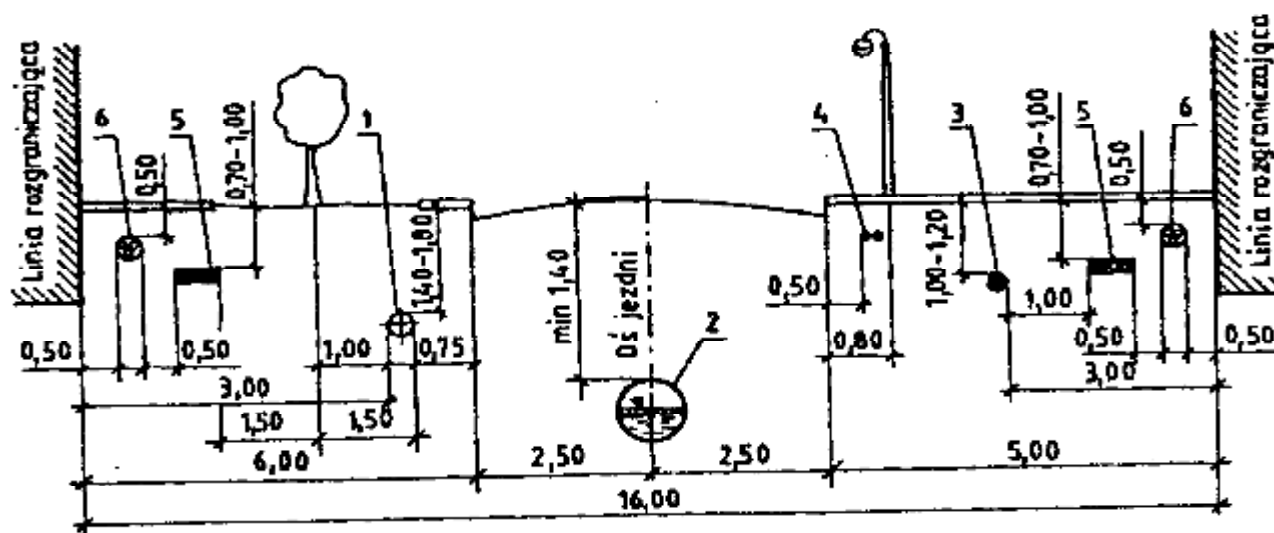
Na ogół budowa sieci wodociągowej podlega etapowaniu. Kolejne etapy powinny być zgodne z projektowanymi etapami rozbudowy jednostki osadniczej i wyprzedzać je w czasie. Projektowana sieć wodociągowa powinna zapewnić prawidłowe funkcjonowanie poszczególnych jej fragmentów etapowych oraz całości systemu wodociągowego po zakończeniu budowy. Projektując sieć należy w miarę możliwości uwzględnić założenie

o niezależności funkcjonowania układów sieci dla poszczególnych etapów. W przypadku niemożności wyodrębnienia takich układów należy w obliczeniach projektowych uwzględnić rezerwę przepustowości tej części sieci, która jest związana z obszarem przewidzianym do zagospodarowania.

Układ sieci wodociągowej powinien być naniesiony na plan jednostki osadniczej i opisany za pomocą węzłów obliczeniowych. Węzłami tymi są punkty rozgałęzień przewodów, a także punkty, w których przewiduje się zmianę średnicy przewodu, np. na granicach stref zagospodarowania przestrzennego.



Rys. 1. Sposób lokalizacji przewodu głównego [10, s. 95]: a) korzystny dla rozkładu ciśnienia w sieci, b) niekorzystny dla rozkładu ciśnienia w sieci;
 H_d – wysokość ciśnienia dostatecznego, H_1 , H_2 – wysokość minimalnego ciśnienia w przewodzie głównym



Rys. 2. Rozmieszczenie przewodu wodociągowego w stosunku do innych elementów uzbrojenia podziemnego w przekroju wąskiej ulicy [10, s. 120]

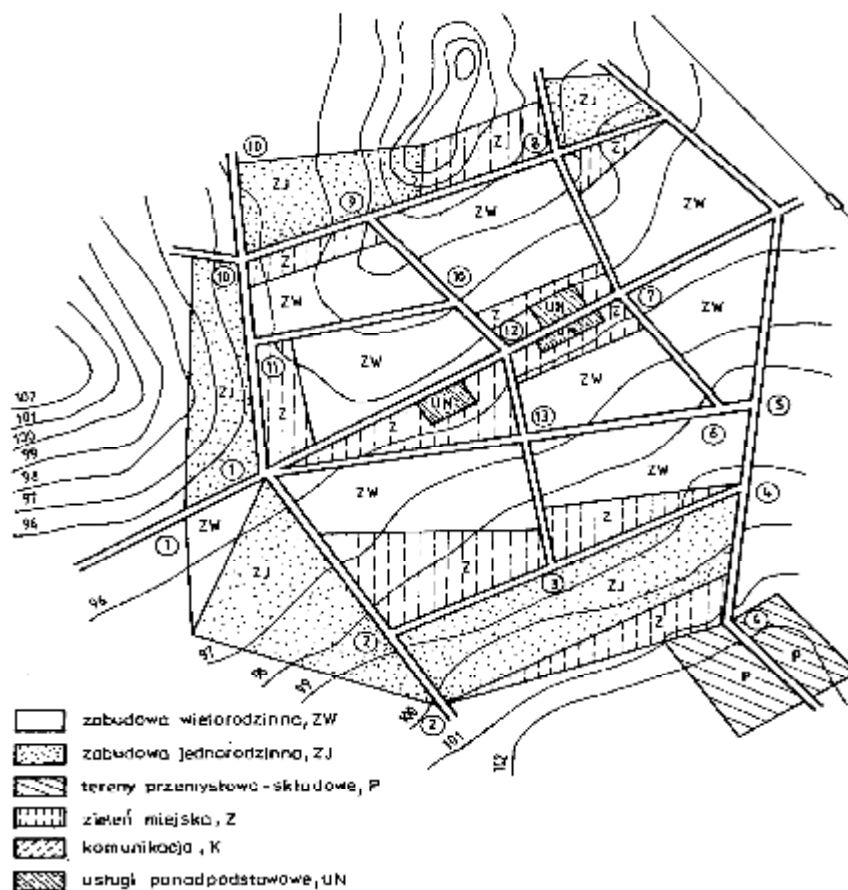
1 – przewód wodociągowy rozdzielczy, 2 – kanał ogólnospławny, 3 – przewód gazowy, 4 – kable oświetleniowe, 5 – kable energetyczne, 6 – kable telekomunikacyjne

Należy podkreślić, że podział powierzchni miasta na powierzchnie cząstkowe jest główną podstawą wyznaczania rozbiorów odcinkowych i węzłowych w sieci wodociągowej. Jednakże, można również wyznaczyć rozbiory odcinkowe w oparciu o liczbę mieszkańców obsługiwanych przez dany odcinek sieci lub też w oparciu o długość tego odcinka. Ten ostatni sposób jest na ogół stosowany w odniesieniu do sieci rozgałęzieniowej.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest cel wytyczania (trasowania) linii przewodów?
2. Od czego zależy rozwiązanie układu sieci wodociągowej?
3. Wymień zasady przy sporządzaniu układu sieci?
4. Uzasadnij kiedy możemy zrezygnować z zasady prowadzenia przewodów najkrótszą drogą?
5. Wyjaśnij korzystny dla rozkładu ciśnienia w sieci sposób lokalizacji przewodu głównego?
6. Wyjaśnij niekorzystny dla rozkładu ciśnienia w sieci sposób lokalizacji przewodu głównego?
7. Porównaj korzystny i niekorzystny dla rozkładu ciśnienia w sieci sposób lokalizacji przewodu głównego?
8. Gdzie nanosimy wytyczony układ sieci wodociągowej i jak go opisujemy?
9. Jak dokonujemy podziału jednostki osadniczej na powierzchnie cząstkowe?
10. Jakie są metody wyznaczania rozbiorów odcinkowych i węzłowych?



Rysunek do ćwiczenia 1

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) przeczytać wiadomości dotyczące usytuowania i rozmieszczenia przewodów wodociągowych,
- 2) znać sposoby lokalizacji przewodów wodociągowych,
- 3) przypomnieć sobie rodzaje sieci wodociągowej (rozgałęzieniową tj. promieniową, pierścieniową tj. obwodową, mieszaną tj. pierścieniowo-rozgałęzieniową) oraz ich wady i zalety,
- 4) przeanalizować plan zagospodarowania przestrzennego jednostki osadniczej,
- 5) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 6) zaznaczyć na planie zagospodarowania przestrzennego (ewentualnie przy pomocy kredek) tereny zabudowy wielorodzinnej, jednorodzinnej, przemysłowo-skałdowe, zieleni miejskiej, komunikacji oraz usług,
- 7) wykonać na podstawie planu zagospodarowania schemat rozpatrywanego terenu z naniesieniem głównych ulic i warstwicami (tzw. plan sytuacyjno-wysokościowy),
- 8) ustalić lokalizację wyrównawczego zbiornika sieciowego (ze względu na ukształtowanie terenu przewiduje się zbiornik początkowy usytuowany poza miastem, w najwyższym punkcie rozważanego terenu),
- 9) ustalić lokalizację pompowni II stopnia (pompownia drugiego stopnia zasilająca miasto w wodę będzie się znajdować na terenie stacji uzdatniania wody),

- 10) zaprojektować schemat sieci wodociągowej (układ pierścieniowy ze względu na istotne zalety takiego rozwiązania, uwzględnić wskazówki zamieszczone w materiale nauczania – rozdział 4.3.1),
- 11) założyć, że dla przemysłu dostarcza się całkowitą ilość wody punktowo w węźle 4,
- 12) w celu zapewnienia wyższej niezawodności dostawy wody z pompowni II stopnia do zbiornika i dalej do miasta zaprojektować na tych odcinkach po dwa równoległe przewody tranzytowe,
- 13) zaznaczyć na rysunku (wykonanym na podstawie planu zagospodarowania przestrzennego) układ przewodów głównych i przewodów rozdzielczych,
- 14) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 15) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plan zagospodarowania przestrzennego jednostki osadniczej,
- notatnik,
- długopis,
- przybory rysunkowe (ołówki, gumka, linijka, ew. kredki),
- kalkulator,
- literatura z rozdziału 6 dotycząca sieci wodociągowych.

Ćwiczenie 2

Dla jednostki osadniczej przedstawionej na i scharakteryzowanej w ćwiczeniu 1, dokonaj podziału powierzchni na powierzchnie częściowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) przeczytać wiadomości dotyczące podziału powierzchni miasta na powierzchnie częściowe,
- 2) dokonać, zgodnie z zasadą dwusiecznych kątów (na wykonanym w poprzednim ćwiczeniu planie sytuacyjno-wysokościowym z naniesionym i opisanym układem sieci usytuowania i rozmieszczenia przewodów wodociągowych) podziału miasta na powierzchnie częściowe przynależne poszczególnym odcinkom sieci,
- 3) obliczyć wielkości poszczególnych powierzchni częściowych i wpisać je na plan sieci,
- 4) przeanalizować i sprawdzić uzyskane wyniki,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 6) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plan sytuacyjno-wysokościowy rozpatrywanej jednostki osadniczej,
- plan zagospodarowania przestrzennego jednostki osadniczej,
- dane charakteryzujące jednostkę osadniczą,
- notatnik,
- długopis,
- przybory rysunkowe (ołówki, gumka, linijka),
- kalkulator,
- literatura z rozdziału 6 dotycząca sieci wodociągowych.

4.4. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej

4.4.1. Materiał nauczania

Celem obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej jest określenie średnic przewodów oraz strat ciśnienia przy zadanych natężeniach przepływu wody.

Podstawowymi natężeniami przepływu, przy których należy przeprowadzić obliczenia hydrauliczne sieci, są przepływy odpowiadające maksymalnemu godzinowemu zapotrzebowaniu na wodę przez miasto.

Należy również sprawdzić średnice przewodów i ciśnienia także przy natężeniach przepływu odpowiadających innym charakterystycznym zapotrzebowaniom na wodę. Warianty obliczeń sprawdzających zależą od:

- sposobu zasilania sieci w wodę (bezpośrednio z pompowni, za pomocą układu pompowni i zbiorników itp.),
- lokalizacji zbiorników wyrównawczych,
- liczby punktów zasilających sieć,
- harmonogramu pracy pomp i wielkości wodociągu.

Obliczenia sprawdzające można wykonywać:

1. przy minimalnych rozbiorach wody (przepływach w sieci) w celu sprawdzenia maksymalnych ciśnień w sieci;
2. przy założeniu awarii poszczególnych źródeł zasilania sieci w wodę w czasie maksymalnego godzinowego zapotrzebowania, w celu sprawdzenia minimalnych ciśnień w sieci. Charakter awarii i wielkość ograniczeń dostawy wody do sieci powinny być uzasadnione odpowiednią analizą niezawodności dostawy wody do odbiorców;
3. przy założeniu awarii na głównych odcinkach w czasie maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę przez miasto, w celu sprawdzenia warunków zasilania miasta w wodę, przy czym obliczenia hydrauliczne powinny być powiązane z analizą niezawodności dostawy wody do odbiorców;
4. dla sieci występujących w systemach wodociągowych, których wydajność $Q_{d \max}$ jest mniejsza niż 1,25 niezbędnej wydajności do zewnętrznego gaszenia pożaru, w celu sprawdzenia minimalnych ciśnień pożarowych w czasie maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę przez miasto. W tym wariancie obliczeń zakłada się wg normy PN-71/B-02863 możliwość korzystania jednocześnie z dwóch sąsiednich hydrantów zewnętrznych, przy czym wydajność jednego hydrantu o średnicy 80 mm ustala się na $10 \text{ dm}^3/\text{s}$, a hydrantu o średnicy 100 mm na $15 \text{ dm}^3/\text{s}$. Warunki te dotyczą sieci, dla których zapotrzebowanie na wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru przekracza $20 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Prowadzenie obliczeń ułatwiają odpowiednie schematy obliczeniowe sieci. Schematy takie przygotowuje się po ustaleniu rozkładu rozbiorów wody w sieci.

Na schematach obliczeniowych powinny być naniesione informacje:

- założone kierunki przepływów wody,
- punkty zasilania sieci w wodę oraz ilość dostarczanej wody,
- wartości rozbiorów odcinkowych i rozbiorów węzłowych,
- wartości przepływów początkowych i końcowych na każdym odcinku sieci.

Ponadto dla niektórych obliczeń sprawdzających należy podać:

- lokalizację i wydajności w założonych punktach wystąpienia pożaru,

- lokalizację miejsca wystąpienia awarii (gdy jest wyłączony z pracy jeden z głównych odcinków sieci lub wyłączone z pracy jedno ze źródeł wody).

Przy sporządzaniu schematu obliczeniowego dla wariantu obliczeń sprawdzających, np. przy minimalnych rozbiorach godzinowych wody przez miasto, można wykorzystać rozbiory maksymalne odcinkowe i węzłowe. Obliczenia poszczególnych rozbiorów można dokonać w sposób uproszczony:

$$X = \frac{Q_{h \min}}{Q_{h \max}} \cdot A = \beta \cdot A, \left[\frac{dm^3}{s} \right] \quad (12)$$

X – rozbiór odcinkowy na danym odcinku lub rozbiór węzłowy przy minimalnym godzinowym zapotrzebowaniu na wodę przez miasto, $[dm^3/s]$,

$Q_{h \min}$ – minimalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę przez miasto, $[m^3/h]$ lub $\%Q_{d \max}$,

$Q_{h \max}$ – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę przez miasto, $[m^3/h]$ lub $\%Q_{d \max}$,

A – rozbiór odcinkowy lub rozbiór węzłowy przy maksymalnym godzinowym zapotrzebowaniu na wodę przez miasto, $[dm^3/s]$,

β – współczynnik proporcjonalności, stały dla przyjętego rozkładu rozbiorów wody.

Sposób przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych sieci rozgałęzionej jest prosty. Obliczenia wykonuje się kolejno dla wszystkich odcinków sieci, przyjmując jako dane wyjściowe: przepływ obliczeniowy wyznaczony według wzoru (13) oraz założoną prędkość przepływu wody według tabeli 3.

$$Q = Q_k + \alpha \cdot Q_o, [dm^3/s], \quad (13)$$

Q – przepływ obliczeniowy na danym odcinku przewodu, $[dm^3/s]$,

Q_k – natężenie przepływu na końcu odcinka przewodu, $[dm^3/s]$,

α – współczynnik zawarty w granicach $0,5 \div 0,575$ (przyjmuje się średnio 0,55),

Q_o – rozbiór wody na długości odcinka (rozbiór odcinkowy), $[dm^3/s]$.

Tabela 3. Zalecane prędkości przepływu wody w przewodach wodociagowych wg PN-76/M-34034

Rodzaj przewodu	Zalecana prędkość, v [m/s]
Przewody tranzytowe	do 3,0
Przewody magistralne (sieć wodociągowa)	1,0 do 3,0
Przewody rozdzielcze (sieć wodociągowa)	0,5 do 1,0
Przewody tłoczne pomp wirowych	1,0 do 4,0
Przewody ssawne pomp wirowych	0,8 do 2,0
Przewody lewarowe	0,5 do 0,7
Przewody zasilające awaryjne	do 5,0

Wyniki przeprowadza się na ogół w tabeli, w której podaje się dla każdego odcinka: oznaczenie, długość, rozbiór odcinkowy, przepływ początkowy, przepływ końcowy, przepływ obliczeniowy, wyznaczoną średnicę i straty jednostkowe ciśnienia, prędkość przepływu wody, wysokość strat ciśnienia. Do obliczeń wykorzystuje się najczęściej nomogramy dla danego rodzaju materiału rur.

Obliczenia zamkniętych sieci pierścieniowych wykonuje się na ogół metodą Crossa i Łobaczewa, której podstawę stanowi spełnienie jednocześnie dwóch warunków:

- algebraiczna suma przepływów w węźle powinna być równa 0 ($\sum Q_i = 0$), tzn. suma dopływów w węźle powinna być równa sumie odpływów z węzła,
- algebraiczna suma strat ciśnienia w każdym pierścieniu (obwodzie zamkniętym) powinna być równa 0, tj. $\sum h_i = 0$.

Metoda Crossa i Łobaczewa polega na kolejnych przybliżeniach i na wstępnym założeniu przepływów w sieci oraz określeniu odpowiadających im średnic odcinków przewodów –

przy uwzględnieniu odpowiednich prędkości wody. Przepływy są później korygowane tak, aby algebraiczna suma strat ciśnienia w każdym pierścieniu była równa 0 (praktycznie nie większa od błędu dopuszczalnego).

Korygowanie przepływów obliczeniowych w kolejnych przybliżeniach polega na algebraicznym dodawaniu (z uwzględnieniem znaku) do przepływu poprzedniego poprawki obliczonej ze wzoru (14):

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_i}{2 \sum \frac{h_i}{Q_i}}, \left[\frac{dm^3}{s} \right] \quad (14)$$

ΔQ – wielkość poprawki na przepływ obliczeniowy, [dm³/s],

$\sum h_i$ – suma wysokości strat ciśnienia na wszystkich odcinkach pierścienia, [m],

Q_i – przepływ obliczeniowy w i-tym odcinku pierścienia, [dm³/s].

Podstawą do obliczeń są przygotowane wcześniej schematy obliczeniowe sieci, z których przyjmuje się jako dane:

- długości odcinków,
- rozbiory odcinkowe,
- przepływy początkowe,
- przepływy końcowe.

Ogólny tok obliczeń w podstawowym wariancie projektowym, tj. przy maksymalnych godzinowych rozbiórach wody, jest następujący:

1. Wyznaczenie na podstawie wzoru (13) pierwszego przybliżenia przepływów obliczeniowych dla poszczególnych odcinków w pierścieniu Q_{1i} .
2. Określenie na podstawie nomogramu średnic i strat ciśnienia dla poszczególnych odcinków w pierścieniu.
3. Sprawdzenie warunku:

$$|\sum h_i| \leq \delta, [m] \quad (15)$$

h_i – wysokość strat ciśnienia w i-tym odcinku pierścienia, m,

δ – bezwzględny błąd dopuszczalny, przyjmuje się $\delta = 0,5$ m przy obliczeniach bez użycia komputera lub $\delta = 0,1$ m przy użyciu komputera.

4. Jeżeli warunek (15) nie jest spełniony, należy wyznaczyć drugie przybliżenie przepływów obliczeniowych dla odcinków Q_{2i} wg wzoru:

$$Q_{2i} = Q_{1i} + \Delta Q_1 \quad (16)$$

ΔQ_1 poprawka w pierwszym przybliżeniu obliczona wg wzoru (14)

5. Ponowne określenie strat ciśnienia na poszczególnych odcinkach pierścienia i sprawdzenie warunku (15).
6. Korygowanie przepływów obliczeniowych poprzez uwzględnienie kolejnych poprawek ΔQ , które prowadzi się do momentu zgodności z warunkiem (15).

Należy pamiętać, że w przypadku istnienia poprawki w sąsiednim pierścieniu należy ją uwzględnić na wspólnym odcinku ze znakiem przeciwnym.

W trakcie prowadzenia obliczeń przyjmuje się umownie oznaczenie przepływów i wysokości strat ciśnienia na odcinkach znakiem plus, gdy są one zgodne z ruchem wskazówek zegara i znakiem minus w przeciwnym wypadku.

Po zakończeniu obliczeń należy wyrównać wartości przepływów początkowych i końcowych na poszczególnych odcinkach. W tym celu oblicza się najpierw przepływ końcowy Q_{ki} wg zależności:

$$Q_{ki} = Q_{ni} - 0,55 \cdot Q_{oi}, [dm^3/s] \quad (17)$$

Q_{ki} – przepływ końcowy w i-tym odcinku, [dm³/s],

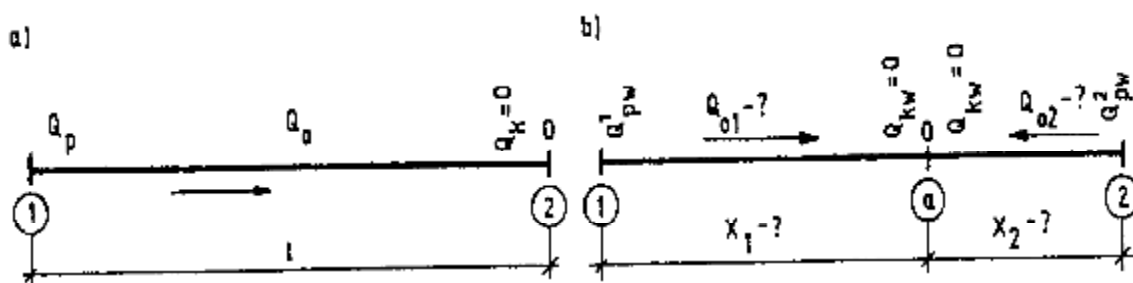
Q_{ni} – przepływ obliczeniowy w i-tym odcinku z ostatniego n-tego przybliżenia, [dm^3/s],

Q_{oi} – rozbiór na i-tym odcinku, [dm^3/s],

a następnie przepływ początkowy Q_{pi} wg wzoru (18):

$$Q_{pi} = Q_{ki} + Q_{oi}, [\text{dm}^3/\text{s}], \quad (18)$$

Należy również sprawdzić, czy nie zmieniły się w stosunku do założonych kierunki przepływu wody na niektórych odcinkach. Może na to wskazywać zmiana znaku przy przepływie wyrównanym. Może przy tym powstać nowy punkt zerowy lub też może się przesunąć punkt zerowy założony na początku obliczeń. W takiej sytuacji należy wyznaczyć dokładnie nowe miejsce punktu zerowego na odcinku. Aby wyjaśnić sposób wyznaczenia tego miejsca, należy rozważyć dwa schematy odcinka pokazane na rys. 5. Schemat (rys. 5 a) przedstawia sytuację przed wyrównaniem przepływów (przepływy założone), zaś schemat (rys. 5 b) sytuację po wyrównaniu przepływów. Położenie nowego punktu zerowego w odległości X_1 od węzła 1 lub w odległości X_2 od węzła 2 wyznacza się dwuetapowo. W pierwszym etapie należy określić nowy rozbiór wody na odcinku 1-a lub 2-a. Następnie zakładając równomierny rozbiór wody na długości przewodu, należy obliczyć odległość X_1 lub X_2 położenia punktu zerowego a od węzła 1 lub od węzła 2.



Rys. 5. Schematy odcinka sieci do wyznaczenia nowego miejsca położenia punktu zerowego [10, s. 108] a) przepływy założone, b) przepływy wyrównane; 0 – punkt zerowy, Q_p , Q_k – przepływy założone, Q_{pw}^1 , Q_{pw}^2 , Q_{kw} – przepływy wyrównane, Q_o – rozbiór na odcinku 1-2, Q_{o1} – rozbiór na odcinku 1-a, Q_{o2} – rozbiór na odcinku 2-a

Znany wyrównany przepływ obliczeniowy określa się następująco:

$$Q_{w1-2} = Q_{w1-a} - Q_{w2-a}, [\text{dm}^3/\text{s}], \quad (19)$$

Q_{w1-2} – przepływ obliczeniowy wyrównany na odcinku 1-2, [dm^3/s],

Q_{w1-a} – przepływ obliczeniowy wyrównany na odcinku 1-a, [dm^3/s],

Q_{w2-a} – przepływ obliczeniowy wyrównany na odcinku 2-a, [dm^3/s].

Wzór (19) po rozwinięciu przyjmuje postać:

$$Q_{w1-2} = Q_{kw} + 0,55 \cdot Q_{o1} - (Q_{kw} + 0,55 \cdot Q_{o2}) = 0,55 \cdot Q_{o1} - 0,55 \cdot Q_{o2}, [\text{dm}^3/\text{s}], \quad (20)$$

Jednakże wiadomo, że:

$$Q_o = Q_{o1} + Q_{o2}, [\text{dm}^3/\text{s}], \quad (21)$$

Q_o – rozbiór na całym odcinku 1-2, [dm^3/s],

Q_{o1} – rozbiór na odcinku 1-a, [dm^3/s],

Q_{o2} – rozbiór na odcinku 2-a, [dm^3/s],

skąd:

$$Q_{o1} = Q_o - Q_{o2}, [\text{dm}^3/\text{s}], \quad (22)$$

Po podstawieniu powyższego równania do wzoru (20) i dokonaniu niezbędnych przekształceń otrzymuje się wzór na określenie rozbioru wody na odcinku 2 – a w postaci:

$$Q_{o2} = \frac{Q_{w1-2} - 0,55 \cdot Q_o}{1,1} \left[\frac{dm^3}{s} \right] \quad (23)$$

Q_{o2} – rozbiór na odcinku 2 – a, [dm^3/s],

Wzór ten pozwala na obliczenie wielkości rozbioru na odcinku 2 – a przy znanym wyrównanym przepływie obliczeniowym i rozbiórze na odcinku 1–2. Wartość rozbioru na odcinku 1–a można już obliczyć łatwo ze wzoru (22).

Mając wyznaczone wartości jednego z rozbiorów wody na odcinku 1–a lub 2 – a, można obliczyć długości tych odcinków:

$$X_1 = \frac{Q_{o1}}{Q_o} \cdot l, [m] \quad (24)$$

lub

$$X_2 = \frac{Q_{o2}}{Q_o} \cdot l, [m] \quad (25)$$

X_1 – odległość położenia punktu zerowego od węzła 1, [m],

X_2 – odległość położenia punktu zerowego od węzła 2, [m],

l – oznacza długość całkowita odcinka ograniczonego węzłami 1 i 2, [m].

Średnice przewodów sieci wodociągowej powinny być korzystne pod względem technicznym i ekonomicznym. Dlatego przy obliczaniu hydraulicznym sieci należy mieć na uwadze oprócz stabilności hydraulicznej sieci również jej koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Przez sieć hydraulicznie stabilną należy rozumieć sieć o tak dobranych średnicach przewodów, aby w przypadkach awaryjnego wyłączania określonych odcinków sieci, ciśnienie w głównych węzłach nie spadło poniżej ustalonego minimum. Należy przy tym pamiętać, że projektowana sieć wodociągowa będzie pracować w bardzo zmiennych warunkach, tj. przy zmieniających się natężeniach przepływu i wynikających stąd prędkościach wody, a także często przy zmieniających się kierunkach przepływu wody w przewodach – np. w wyniku awarii.

Koszty inwestycyjne sieci będą tym większe, im większe będą średnice przewodów. Z kolei, większe przekroje przewodów są korzystne ze względu na mniejsze opory przepływu wody, a to z kolei sprawia, że koszty eksploatacji (głównie energii) sieci są niższe. Znaleźnienie optymalnego rozwiązania techniczno-ekonomicznego decyduje o kosztach sieci.

Oprócz kryteriów techniczno-ekonomicznych doboru średnic przewodów należy uwzględnić również możliwość zapewnienia wymaganej przepustowości sieci na wypadek pożaru. Zgodnie z zaleceniami normy PN-71/B-02863, najmniejsze średnice przewodów sieci miejskiej obwodowej przyjmuje się równe 100 mm, a na odgałęzieniach od pierścieni 125 mm (lub 150 mm).

W przypadku wodociągów wiejskich, których wydajność jest mniejsza niż $10 dm^3/s$, najmniejsza średnica przewodu może być równa 80 mm.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest cel obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej?
2. Jaki jest zakres obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej?
3. Jakie informacje są potrzebne do określenia rozkładu rozbiorów wody w sieci?
4. Na czym polega metoda Crossa i Łobaczewa?
5. Jakie są wymagania dotyczące średnic przewodów wodociagowych?

- potrzeby funkcjonowania usług podstawowych:

$$q'_{UP} = \frac{Q_{h \max UP}}{F_{ZW} + F_{ZJ}} \left[\frac{dm^3}{s \cdot ha} \right]$$

q_{UP} – współczynnik cząstkowy na potrzeby funkcjonowania usług podstawowych,
 $Q_{h \max UP}$ – całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę na potrzeby funkcjonowania usług podstawowych [m^3/s],
 F_{ZW} – powierzchnia usług podstawowych [ha].

- potrzeby funkcjonowania usług ponadpodstawowych na terenach wydzielonych:

$$q'_{UN} = \frac{Q_{h \max UN}}{F_{UN}} \left[\frac{dm^3}{s \cdot ha} \right]$$

q'_{UN} – współczynnik cząstkowy na potrzeby funkcjonowania usług ponadpodstawowych,
 $Q_{h \max UN}$ – całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę na potrzeby

$$q'_P = \frac{Q_{h \max P}}{F_P} \left[\frac{dm^3}{s \cdot ha} \right]$$

funkcjonowania usług ponadpodstawowych [m^3/s],
 F_{ZW} – powierzchnia usług ponadpodstawowych [ha].

- potrzeby przemysłu, utrzymania składów i zaplecza budownictwa:

q'_P – współczynnik cząstkowy na potrzeby przemysłu, utrzymania składów i zaplecza budownictwa,
 $Q_{h \max P}$ – całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę na potrzeby przemysłu, utrzymania składów i zaplecza budownictwa [m^3/s],
 F_P – powierzchnia terenów przemysłowych, utrzymania składów i zaplecza budownictwa [ha].

- polewanie zieleni miejskiej:

$$q'_Z = \frac{Q_{h \max Z}}{F_Z}$$

q'_Z – współczynnik cząstkowy na potrzeby zieleni miejskiej [$dm^3/(s \cdot ha)$],
 $Q_{h \max Z}$ – całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę na potrzeby zieleni miejskiej, [m^3/s],
 F_Z – powierzchnia zieleni miejskiej, [ha].

- pokrycie strat wody w sieci:

$$q'_S = \frac{Q_{h \max S}}{F_M}$$

q'_S – współczynnik cząstkowy na pokrycie strat wody w sieci [$dm^3/(s \cdot ha)$],
 $Q_{h \max S}$ – całkowite maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na pokrycie strat wody w sieci, [m^3/s],
 F_M – powierzchnia miasta, [ha].

ETAP II. Obliczanie sumarycznych wskaźników zapotrzebowania na wodę wyodrębnionych terenów zainwestowania:

- tereny zabudowy wielorodzinnej:

$$q_{ZW} = q_{ZW} + q_{UP} + q_S = \dots \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha}),$$
- tereny zabudowy jednorodzinnej:

$$q_{ZJ} = q_{ZJ} + q_{UP} + q_S = \dots \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha}),$$
- tereny przemysłu, składów i zaplecza budownictwa:

$$q_P = q_P + q_S = \dots \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha}),$$
- tereny usług ponadpodstawowych:

$$q_{UN} = q_{UN} + q_S = \dots \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha}),$$
- tereny zieleni miejskiej:

$$q_Z = q_Z + q_S = \dots \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha}).$$

- 1) wyznaczyć rozbiory odcinkowe i węzłowe oraz przygotować schemat obliczeniowy dla ustalonych wariantów obliczeń sieci,
 (Mając podział powierzchni miasta na powierzchnie cząstkowe przynależne każdemu odcinkowi sieci i sumaryczne współczynniki jednostkowego zapotrzebowania na wodę, można wyznaczyć rozbiory odcinkowe i węzłowe w godzinie maksymalnego zużycia wody przez miasto (wariant 1 obliczeń sieci). Wartości tych rozbiorów wyznacza się w oparciu o wzór, np. na odcinku 1–2 wyniesie:

$$Q_{01-2} = q_{ZJ} \cdot F_{ZJ} + q_Z \cdot F_Z = \dots \text{ dm}^3/\text{s},$$

a rozbiór węzłowy w węźle 14 (dla przemysłu) będzie miał wartość:

$$Q_W = q_P \cdot F_P = \dots \text{ dm}^3/\text{s}.$$

W celu przygotowania schematów obliczeniowych sieci przewodów głównych upraszcza się układ sieci, eliminując z niego niektóre odcinki przewodów rozdzielczych, np. odcinek 3–13, i zapisuje się je rozbiorami węzłowymi. Następnie zakłada się (zgodnie z zasadami podanymi w literaturze 6) przepływy początkowe i końcowe na poszczególnych odcinkach sieci. Wszystkie te dane wraz z ustalonymi wcześniej rozbiorami odcinkowymi i węzłowymi, a także długościami odcinków przewodów, nanosi się na układ geometryczny sieci wodociągowej. Otrzymany w ten sposób schemat obliczeniowy sieci wodociągowej przy maksymalnych godzinowych rozbiorach wody przez miasto stanowi rysunek trzeciej części rysunkowej projektu technicznego.

Schemat obliczeniowy sieci dla wariantu 2, tj. przy minimalnych godzinowych rozbiorach wody przez miasto, przygotowuje się podobnie, jak dla wariantu 1 obliczeń. Dla ułatwienia jednak rozbiory odcinkowe i węzłowe wyznacza się na podstawie obliczonych już wcześniej rozbiorów maksymalnych godzinowych, zmniejszając je proporcjonalnie wg zależności:

$$b = \frac{Q_{h \min}}{Q_{h \max}}$$

β – współczynnik poprawkowy.

Schemat obliczeniowy sieci przy minimalnych godzinowych rozbiorach wody przez miasto stanowi rysunek czwartej części rysunkowej projektu technicznego).

- 2) wykonać obliczenia hydrauliczne metodą Crossa i Łobaczewa dla ustalonych wariantów pracy sieci i wyrównać założone przepływy,
 (Podstawą obliczeń hydraulicznych sieci są schematy obliczeniowe przygotowane w poprzednim etapie. Obliczenia przeprowadza się w sposób tabelaryczny (przykład tabeli przedstawiony poniżej – jako tabela 3).
 Przebieg obliczeń przy maksymalnych godzinowych rozbiorach wody, zgodnie z ogólnym tokiem przedstawionym w materiale nauczania, jest następujący:

1. Do tabeli 3 wpisać następujące dane ze schematu obliczeniowego i planu sytuacyjnego sieci: oznaczenie pierścieni i węzłów (kol. 1, 2), długości odcinków l (kol. 4), założone przepływy początkowe Q_p (kol. 5) i końcowe Q_k (kol. 6) oraz rozbiory odcinkowe Q_o (kol. 7) na każdym odcinku.
2. Wyznaczyć przepływ obliczeniowy w pierwszym przybliżeniu Q_1 dla każdego odcinka i jego wartości wpisuje się do kol. 9, uwzględniając przy tym znak plus, gdy przepływ jest zgodny z ruchem wskazówek zegara lub minus, gdy przepływ jest przeciwny do ruchu wskazówek zegara.
3. Dla wyznaczonego przepływu obliczeniowego Q_1 i założonej prędkości wody $v_1 \approx 1,0$ m/s znaleźć na nomogramie (dla danego materiału) średnicę d (kol. 3) i jednostkowe straty ciśnienia i (kol. 11) na każdym odcinku danego pierścienia.
4. Obliczyć wysokości strat ciśnienia h_i dla każdego odcinka i wpisuje się w kol. 12, uwzględniając przy tym odpowiednie znaki tak, jak przy przepływach.
5. Zsumować algebraicznie wysokości strat ciśnienia w danym pierścieniu i sprawdza, czy wartość bezwzględna tej sumy jest równa lub mniejsza od 0,5 m.
6. Jeżeli, że w pierwszym przybliżeniu suma wysokości strat ciśnienia zarówno w pierwszym, jak i w drugim pierścieniu, jest większa od 0,50 m, to oblicza się poprawkę w pierwszym przybliżeniu do pierwszego ΔQ_{II} i drugiego pierścienia ΔQ_{III} . W tym celu należy wyznaczyć dla każdego pierścienia wartość sumy ilorazów h_i/Q_i (kol.13). Poprawki oblicza się ze wzoru (14).
7. Wpisać wartość poprawki dla każdego odcinka w kol. 14, uwzględniając jednocześnie na odcinku wspólnym między pierścieniami (odcinek 7–12) poprawkę z sąsiedniego pierścienia ze znakiem przeciwnym.
8. Wyznaczyć drugie przybliżenie przepływów obliczeniowych Q_2 dla odcinków i ponownie określić wysokości strat ciśnienia, a następnie sprawdzić warunek, jak w punkcie 5.
9. Ponieważ warunek bilansowania wysokości strat ciśnienia jest zachowany, należy wyrównać przepływy w sieci, jak to omówiono w materiale nauczania. Wartości wyrównanych przepływów wpisać w kol. 25 i 26.

Obliczenia sprawdzające dla sieci przy minimalnych rozbiorach godzinowych (wariant 2) i przy wyznaczonych już średnicach przewodów przeprowadza się podobnie. Wyniki tych obliczeń zamieszcza się w tabeli 3.

Jako przepływ obliczeniowy dla każdego przewodu przesyłowego łączącego zbiornik wyrównawczy z siecią wodociagową (odcinek Z–1) przyjęto wartość równą 70% maksymalnego godzinowego zapotrzebowania dla miasta. Z kolei, do wyznaczenia średnicy każdego przewodu przesyłowego łączącego pompownię drugiego stopnia i zbiornik wyrównawczy (odcinek P–Z) przyjęto wartość równą 0,7 maksymalnej godzinowej wydajności pompowni. Wyniki obliczeń przewodów przesyłowych zamieszcza się w tabeli 4.

Obliczenia sprawdzające każdego przewodu przesyłowego na odcinku Z–1 przy minimalnym przepływie przeprowadza się przyjmując za przepływ obliczeniowy wartość równą 0,7 minimalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę. Wyniki obliczeń należy wpisać w tabelę 3.

- 3) zapisać w notatniku kolejno wszystkie wykonane obliczenia i schematy,

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plan sytuacyjno-wysokościowy rozpatrywanej jednostki osadniczej,
- plan zagospodarowania przestrzennego jednostki osadniczej,
- dane charakteryzujące jednostkę osadniczą,
- notatnik,
- przybory do pisania,
- przybory rysunkowe (ołówki, gumka, linijka),
- kalkulator,
- literatura z rozdziału 6 dotycząca sieci wodociagowych.

Tabela 3. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej metodą Crossa przy maksymalnych godzinowych rozbiórach wody przez miasto – wariant 1

Pierścień	Węzeł	Średnica d [mm]	Długość l [m]	Q na początku odcinka Q _p [l/s]	Q na końcu odcinka Q _k [l/s]	Zużycie na odcinku Q _o [l/s]	0,55·Q _o [l/s]	Pierwsze przybliżenie						Drugie przybliżenie						Trzecie przybliżenie						Przepływy wyrównane	
								Przepl. obl. Q ₁ =Q _k +0,55Q _o [l/s]	Prędkość w przewodzie v ₁ [m/s]	Jedn. spadek ciśnienia i ₁ [‰]	Strata ciśn. na odcinku h ₁ =i ₁ ·l, [m]	h ₁ /Q ₁	ΔQ [l/s]	Q ₂ =Q ₁ +ΔQ ₁ [l/s]	v ₂ [m/s]	i ₂ [‰]	h ₂ =i ₂ ·l [m]	h ₂ /Q ₂	ΔQ ₂ [l/s]	Q ₃ =Q ₂ +ΔQ ₂ [l/s]	v ₃ [m/s]	i ₃ [‰]	h ₃ =i ₃ ·l [m]	Q _p [l/s]	Q _k [l/s]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
I	2																										
	11																										
	10																										
	9																										
	8																										
	7																										
	12																										
	2																										
								Σh ₁ =... ΔQ ₁ =...						Σh ₂ =... <0,50 m													
	2																										
II	12																										
	7																										
	6																										
	5																										
	4																										
	3																										
	2							Σh ₁ =... ΔQ ₂ =...																			
—	P																										
	Z																										
	1																										
	2																										
	5																										
	14																										

4.5. Ustalanie rozkładu ciśnień w sieci wodociągowej

4.5.1. Materiał nauczania

Wyznaczone w wyniku obliczeń hydraulicznych straty ciśnienia w projektowanej sieci wodociągowej są podstawą do określenia rzędnych linii ciśnienia w węzłach sieci. Celem tego etapu projektowania jest przede wszystkim sprawdzenie, czy w każdym punkcie sieci jest zachowana minimalna wymagana wysokość ciśnienia oraz czy ciśnienie nie przekracza maksymalnej dopuszczalnej wartości. Ponadto dane te pozwalają na ustalenie wymaganej wysokości podnoszenia pomp oraz wysokości położenia zwierciadła wody w zbiornikach wyrównawczych.

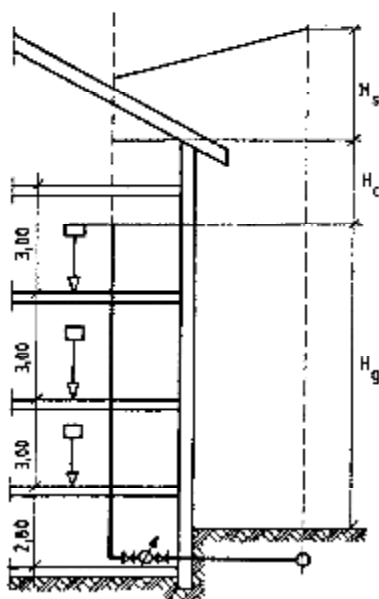
Prawidłowo ustalone wartości ciśnienia w sieci powinny spełniać warunki:

- w czasie maksymalnych godzinowych rozborów wody przez miasto ciśnienie w żadnym punkcie sieci nie powinno być niższe niż wymagane ciśnienie gospodarcze (dostateczne),
- w żadnym punkcie sieci ciśnienie nie powinno być niższe niż minimalne ciśnienie pożarowe, tj. od 0,2 MPa w czasie trwania pożaru (przy przepływie maksymalnym godzinowym),
- w żadnym punkcie sieci ciśnienie nie może przekraczać maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia roboczego w wysokości 0,6 MPa (0,8 MPa na przewodach magistralnych i przesyłowych).

Wysokość ciśnienia mierzy się od powierzchni terenu w danym punkcie.

Jeżeli któryś z powyższych wariantów nie jest spełniony, należy skorygować przyjęte rozwiązanie sieci, np. poprzez zwiększenie średnic przewodów lub wysokości ciśnienia w pompowni lub zbiorniku wyrównawczym.

Wymagane ciśnienie robocze jest to ciśnienie niezbędne do zapewnienia dostawy wody do najniekorzystniejszych punktów poboru. Jego wielkość zależy od wysokości geometrycznej położenia miarodajnego punktu czerpalnego, tj. punktu najdalej i najwyżej położonego w stosunku do przewodu ulicznego (rys. 6).



Rys. 6. Wymagane (minimalne) ciśnienie gospodarcze w przewodzie ulicznym [10, s.111]

Wysokość tego ciśnienia obejmuje:

$$H_d = H_g + H_s + H_c, [m] \quad (26)$$

H_d – wysokość ciśnienia dostatecznego, [m],

H_g – wysokość geometryczna położenia miarodajnego punktu czerpального przyjmowana jako wielokrotność średniej wysokości kondygnacji równej 3 m, stąd $H_g = 3n$ (n – liczba kondygnacji danej zabudowy mieszkaniowej),

H_s – wysokość strat ciśnienia (liniowych i miejscowych) na odcinku od miejsca połączenia z przewodem ulicznym do miarodajnego punktu czerpального (straty na połączeniu wodociągowym, na wodomierzu, w instalacji wewnętrznej); dla przeciętnych warunków zasilania budynku w wodę przyjmuje się wg zaleceń normy PN-92/B-01706 minimum $H_c = 5$ m. $H_s = 4 + 0,25n$

H_c – wysokość ciśnienia wypływu wody z miarodajnego punktu czerpального; przyjmuje się wg zaleceń normy PN-92/B-01706 minimum $H_c = 5$ m.

Uwzględniając powyższe założenia, otrzymuje się:

$$H_d = 9 + 3,25n, [m] \quad (27)$$

Należy zauważyć, że minimalne ciśnienie gospodarcze jest na ogół dużo wyższe od wymaganego ciśnienia pożarowego, szczególnie w większych sieciach, których wydajność jest wielokrotnie większa od zapotrzebowania na wodę na cele pożarowe. W takich sytuacjach sprawdzanie sieci na przepływy pożarowe jest zbędne.

Maksymalne ciśnienie robocze w sieci występuje na ogół w czasie minimalnych godzinowych rozbiorów wody przez miasto. Dopuszczalna wartość tego ciśnienia wynika z wytrzymałości połączeń i uzbrojenia przewodów oraz instalacji wewnętrznych.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki są cele ustalenia rozkładu ciśnienia w sieci wodociągowej?
2. Jakie warunki powinny spełniać prawidłowo ustalone wartości ciśnienia w sieci?
3. Od jakiego punktu mierzy się wysokość ciśnienia w danym miejscu?
4. Co to jest ciśnienie gospodarcze?
5. Jakie są zalecenia dotyczące maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia roboczego w sieci wodociągowej?

4.6. Zasady i zakres projektowania sieci kanalizacyjnej

4.6.1. Materiał nauczania

Projektowanie kanałów (przewodów sieci kanalizacyjnej) sprowadza się do obliczeń hydraulicznych, które obejmują wyznaczenie ich przekrojów (tj. wymiarowanie), określenie napęnień oraz prędkości przepływu ścieków. Obliczenia przeprowadza się, uwzględniając odcinki obliczeniowe kanałów ograniczone węzłami, na podstawie uprzednio wyznaczonych maksymalnych przepływów i przyjętych spadków.

W rozwiązaniach klasycznych grawitacyjnych przyjmuje się – ze względu na konieczność zapewnienia wentylacji kanałów i właściwą pracę instalacji wewnętrznych – częściowe wypełnienie przewodów kanalizacyjnych, co oznacza, że przepływ ścieków jest bezciśnieniowy, ze swobodnym zwierciadłem i odbywa się pod działaniem siły ciężkości.

Dla uproszczenia obliczeń przyjmuje się wiele założeń. Zakłada się, że natężenie przepływu ścieków na odcinkach obliczeniowych nie zmienia się w czasie, w związku z czym występuje przepływ ustalony. Ponadto zakłada się, że natężenie przepływu, spadek dna kanału oraz chropowatość jego ścian na odcinku obliczeniowym nie zmieniają się. Powyższe założenie jest równoznaczne z przyjęciem, że na odcinku będzie występować przepływ jednostajny. Założenie niezmienności natężenia przepływu w czasie może być spełnione tylko w bardzo krótkich okresach, gdyż w rzeczywistości przepływ ścieków podlega ciągłym zmianom na skutek nierównomiernego zużycia wody, bądź też na skutek zmian natężenia deszczu w czasie oraz jego zasięgu. Natężenie przepływu ścieków ulega też zmianom na długości kanałów. Przyczyną tego są dopływy boczne ścieków komunalnych przez przykanaliki oraz dopływy ścieków deszczowych przez wpusty podwórzowe i uliczne. Zatem w rzeczywistości przepływ ścieków w kanałach odbywa się ze zmianami natężeń w czasie i na długości odcinka obliczeniowego.

Do obliczeń odcinka kanału przyjmuje się maksymalną wartość natężenia przepływu w dolnym końcu tego odcinka. Postępowanie takie prowadzi do przewymiarowania górnej części odcinka, a także do zawyżenia napęnienia i prędkości przepływów na tym odcinku.

Założenie niezmienności spadku dna obliczeniowego odcinka kanału, podobnie jak niezmienności przekroju oraz chropowatości, jest bliskie rzeczywistości. Spełnienie tego założenia zależy od jakości przewodów kanalizacyjnych oraz dokładności wykonania kanałów.

Sieć ściekową kanalizacji rozdzielczej projektuje się z uwzględnieniem następujących wskazań:

- sieć powinna obejmować cały obszar miasta, zarówno dla stanu istniejącego, jak i okresu perspektywicznego,
- kanały powinny być prowadzone w dostosowaniu do planu ulic w mieście, jednocześnie należy dążyć do zachowania spadków kanałów zgodnych ze spadkami ulic lub terenu miejskiego,
- należy dążyć do zachowania grawitacyjnego odpływu ścieków przy jednoczesnym utrzymaniu minimalnych zagłębień kanałów,
- ze względów eksploatacyjnych zaleca się stosowanie zamkniętych układów sieci.

Na obszarze kanalizowanego terenu miasta można zastosować jeden, dwa lub nawet kilka układów sieciowych.

Najlepszym rozwiązaniem jest jeden układ sieciowy dla całego miasta. Projektowanie układu sieci należy rozpoczynać od wytrasowania głównego kolektora z wylotem do oczyszczalni ścieków, a dalej do odbiornika oraz wytrasowania głównych odgałęzień bocznych.

Główny kolektor oraz inne zbieracze zaleca się prowadzić po najniższych rzędnych terenowych, z możliwie najmniejszymi spadkami.

Najdogodniejszym rozwiązaniem prowadzenia kanałów jest ich równoległe usytuowanie w stosunku do powierzchni terenu. Przy takim rozwiązaniu udaje się zazwyczaj utrzymać zagłębienie kanału nie przekraczające zagłębienia minimalnego. Rozwiązanie takie jest możliwe, gdy spadek terenu jest większy niż przyjęty minimalny spadek kanału, ale nie przekracza dopuszczalnego spadku kanału.

Jeżeli spadek terenu jest mniejszy niż minimalny przyjęty spadek kanału, to zagłębienie kanału jest zmienne i zawiera się w granicach od zagłębienia minimalnego do maksymalnie dopuszczalnego. Prowadzenie kanału na dalszych odcinkach, po osiągnięciu zagłębienia maksymalnego, wymaga stosowania pompowni ścieków, których zadaniem jest podniesienie ścieków z poziomu odpowiadającego maksymalnemu zagłębieniu na poziom odpowiadający zagłębieniu minimalnemu.

Jeżeli spadek jest większy od przyjętego maksymalnego spadku kanału, to po osiągnięciu minimalnego zagłębienia kanału należy stosować studzienki przepadowe, zapewniające obniżenie zagłębienia kanału do maksymalnej wartości dopuszczalnej.

Kanały boczne powinny mieć większe spadki niż spadki kolektorów.

Układ sieci w planie zależy od spadków terenu.

Jednym z podstawowych zagadnień występujących przy projektowaniu sieci jest określenie minimalnego zagłębienia kanałów, gdyż rzutuje ono na zagłębienia całej sieci i na koszty związane z jej budową.

Drugim, oprócz zagłębienia, istotnym czynnikiem wpływającym na rozwiązanie wysokościowe sieci oraz związane z tym koszty budowy jest właściwe dobranie spadków. Do określenia minimalnych spadków kanałów z jednoczesnym zachowaniem warunku, aby przy określonym napełnieniu kanału ściekami prędkość nie spadła poniżej prędkości samooczyszczania, przy której na dnie kanału nie mogą się tworzyć osady. Prędkość ta nie powinna być mniejsza od 0,8 m/s.

W warunkach małych przepływów ścieków nie można osiągnąć prędkości samooczyszczania, nawet stosując minimalne wymiary kanałów (minimalna średnica kanału 0,20 m), co powoduje zamulanie dna kanału. W celu usuwania pozostającego zamulenia należy przewidzieć należyte płukanie sieci lub mechaniczne usuwanie osadów ściekowych. Zastosowanie urządzeń do płukania sieci może doprowadzić do spłycenia kanałów oraz do zmniejszenia spadków.

Maksymalne dopuszczalne spadki wynikają z ograniczenia prędkości przepływu.

Przepływ ścieków przez odcinek kanału należy określać jako iloczyn wskaźnika ilości ścieków w $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{h})$ oraz powierzchni zlewni w ha oraz powiększając ten przepływ o ilość wód infiltracyjnych. Jako przepływ obliczeniowy danego kanału przyjmuje się przepływ tuż przed połączeniem kanałów. Przepływ na całym odcinku między węzłami jest zatem jednakowy i równy przepływowi w dolnym przekroju tuż przed węzłem.

Tok projektowania sieci ściekowej:

1. Na planie sytuacyjno-wysokościowym miasta opracowuje się układ sieci, na który składają się: plan sieci kanałów z wyznaczoną trasą głównego kolektora i trasami innych kolektorów oraz kierunki przepływów określone przez spadki kanałów wynikające z układu wysokościowego miasta oraz przyjętych rzędnych dna projektowanych kanałów.
2. Po przyjęciu za podstawę sieci i podziale terenu kanalizowanego na zlewnie wylicza się maksymalne obliczeniowe przepływy na poszczególnych odcinkach sieci między węzłami, ustala się wymiary kanałów oraz oblicza ostatecznie ich rzędne i spadki, a ponadto napełnienia i średnie prędkości w przewodach. Wyniki zestawia się w tabelach.

3. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wykreśla się plan sieci z uzbrojeniem oraz przekroje poprzeczne kanałów. Należy przy tym stosować oznaczenia zgodne z normami. Jednocześnie prędkość przepływu ścieków w kanałach o wysokości do 1,75 m nie powinna przekraczać 1,5 m/s, a w kanałach wyższych – 1,0 m/s.

Przepływ miarodajny w kanałach deszczowych odpowiada przepływowi obliczeniowemu dla określonej częstotliwości występowania deszczu. Przy wymiarowaniu kanałów deszczowych dopuszcza się całkowite ich wypełnienie.

Przepływ miarodajny w kanałach ogólnospławnych jest sumą maksymalnego godzinowego przepływu ścieków komunalnych i przepływu ścieków deszczowych określonego dla deszczu o określonym prawdopodobieństwie występowania. Kanały te mogą być wymiarowane na całkowite wypełnienie.

Projektując zagłębienie sieci kanalizacyjnej należy dążyć do zapewnienia grawitacyjnego odpływu ścieków z budynków oraz ścieków opadowych z terenu, zapewnienia odpowiedniego przykrycia kanału, jak również do uzyskania rozwiązania najwłaściwszego z punktu widzenia ekonomii budowy sieci, jak i eksploatacji sieci.

Zagłębienie kanałów powinno zapewnić grubość warstwy przykrywającej większą od głębokości przemarzania gruntu i nie przekraczać 4–6 m. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się odstępstwa od tego warunku, przestrzegając ułożenia kanału na takiej głębokości, aby nie kolidował on z innymi podziemnymi sieciami miejskimi. Mniejsze zagłębienia kanałów dopuszcza się pod warunkiem odpowiedniego ich zabezpieczenia przed zamarzaniem oraz uszkodzeniami mechanicznymi.

Zagłębienie projektuje się uwzględniając następujące czynniki:

- zapewnienie grawitacyjnego odpływu do sieci kanalizacyjnej,
- zapewnienie dostatecznego przykrycia kanału ze względu na obciążenia dynamiczne i ze względu na przemarzanie,
- uniknięcie kolizji z innymi sieciami i urządzeniami podziemnymi,
- ekonomikę budowy i eksploatacji sieci.

Zagłębienie kanału ściekowego w sieci rozdzielczej zależy przede wszystkim od:

- odległości kanalizowanego obiektu od kanału,
- zagłębienia pomieszczeń kanalizowanych,
- długości i spadku przykanalika,
- różnicy rzędnych terenu przy budynkach i nad kanałem.

Zagłębienie kanałów deszczowych w sieci kanalizacji rozdzielczej zależy od tego, czy do kanału podłączone są tylko wpusty ściekowe uliczne, czy także rury deszczowe odprowadzające wodę z dachów lub wpusty podwórzowe.

Minimalny spadek kanału powinien gwarantować utrzymanie prędkości przepływu ścieków w takiej wielkości, aby nie spadła ona poniżej prędkości zapewniającej samooczyszczanie się kanałów. Prędkość ta nie powinna być mniejsza od 0,8 m/s przy napełnieniu mniejszym od 50% średnicy kanału 0,25 i napełnieniu równym 50% dla kanału 0,20.

Maksymalna prędkość przepływu ścieków w kanałach ściekowych z rur betonowych i ceramicznych nie powinna przekraczać 3,0 m/s, a w rurach żelbetowych i żeliwnych – 5,0 m/s. W kanałach deszczowych systemu rozdzielczego całkowicie napełnionych prędkość przepływu nie powinna być mniejsza niż 0,8 m/s. W kanałach sieci ogólnospławnej o całkowitym napełnieniu prędkość przepływu nie może być mniejsza od 1,0 m/s.

W kanałach deszczowych i ogólnospławnych można dopuścić prędkość do 7,0 m/s.

Spadek kanałów zależy od prędkości przepływu ścieków. Minimalne spadki (i) kanałów nie mogą być mniejsze od następujących:

- 5‰ – w kanalizacji ściekowej o średnicy 0,20 m,

- 4‰ – w kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej o średnicy 0,25 m,
- 3,3‰ – w kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej o średnicy 0,30 m,
- 1‰ (wyjątkowo 0,5‰) – w kolektorach i kanałach większych wymiarów.

Minimalne spadki innych kanałów można przyjmować, korzystając z orientacyjnej zależności: $i = 100/D$ [‰], w której D jest średnicą przewodu wyrażoną w cm

Spadki maksymalne wynikają z ograniczenia maksymalnych prędkości przepływu ścieków.

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polegają sprowadzają się obliczenia hydrauliczne kanałów?
2. Jakie założenia przyjmuje się do obliczeń kanałów?
3. Do czego prowadzi założenie maksymalnej wartości natężenia przepływu?
4. Od czego zależy spełnienie założenia niezmienności spadku dna obliczeniowego odcinka kanału oraz niezmienności przekroju i chropowatości?
5. Z uwzględnieniem jakich wskazań projektuje się sieć kanalizacyjną?
6. Jakie są zalecenia dotyczące prowadzenia kolektorów ściekowych?
7. Wymień podstawowe zagadnienia przy projektowaniu sieci kanalizacyjnej?
8. Co to jest prędkość samooczyszczania się kanałów?
9. Jak przyjmujemy przepływ obliczeniowy?
10. Jakie są etapy projektowania sieci kanalizacyjnej dla małej jednostki osadniczej?

4.7. Obliczenia hydrauliczne sieci kanalizacyjnej

4.7.1. Materiał nauczania

Stosowane powszechnie systemy kanalizacji grawitacyjnych, w których ruch ścieków występuje przy częściowym wypełnieniu kanałów, podlegają innym regułom obliczeń hydraulicznych. Wyniki takich obliczeń wpływają znacząco na wymiary kanałów oraz ich napełnienia ściekami i odpowiadające im prędkości przepływu.

Obliczenia hydrauliczne przeprowadza się na podstawie wcześniej ustalonych, w odniesieniu do danych odcinków kanałów, miarodajnych natężeń przepływu i ustalonych spadków kanałów.

W obliczeniach hydraulicznych zakłada się jednostajny charakter przepływu ścieków w kanale oraz stałość niektórych parametrów charakteryzujących kanał (np. chropowatość). Przy takich założeniach najdogodniejsze jest stosowanie wzoru Chezy'ego:

$$v = C \cdot \sqrt{R_h \cdot i} \quad [m / s] \quad (28)$$

v – średnia prędkość przepływu w czynnym przekroju poprzecznym, [m/s],

R_h – promień hydrauliczny, równy stosunkowi powierzchni czynnej przekroju do obwodu zwilżonego [m],

i – spadek zwierciadła ścieków, równy spadkowi dna kanału przy przepływie cieczy o swobodnym zwierciadle lub spadek linii ciśnienia, gdy praca kanału odbywa się pod ciśnieniem,

C – współczynnik obliczany zgodnie ze wzorem Manninga:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R_h^{1/6} \quad (29)$$

w którym n – współczynnik szorstkości (w odniesieniu do kanałów ściekowych przyjmuje się $n=0,013$).

Ostatecznie prędkość przepływu w kanałach:

$$v = \frac{1}{0,013} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}, \quad [m / s] \quad (30)$$

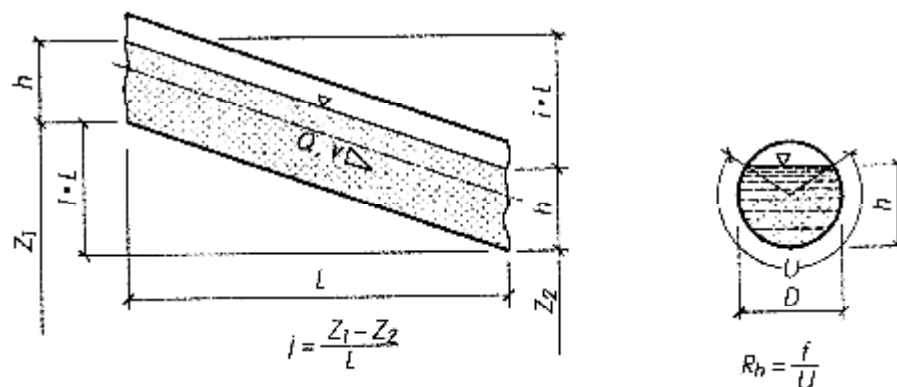
Obliczenia wykonuje się na podstawie wzorów, nomogramów lub krzywych sprawności.

Przepustowość kanału Q całkowicie lub częściowo wypełnionego zależy od:

- spadku dna kanału i ,
- powierzchni przekroju, którym płyną ścieki, tzw. przekroju czynnego f , charakteryzowanego napełnieniem h i średnicą przewodu D ,
- promienia hydraulicznego R_h , tj. stosunku przekroju czynnego f do długości styku ścieków ze ścianą kanału, zwanej obwodem zwilżonym U .

W obliczeniach bazujących na wzorach stosuje się wzór Chezy'ego–Manninga, którego postać po uwzględnieniu prawa ciągłości strugi oraz wzoru (30) ma postać:

$$Q = f \cdot v = f \cdot \frac{1}{0,013} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}, \quad [m^3 / s] \quad (31)$$



Rys. 6. Parametry hydrauliczne kanałów [4, s.150]

Wymiarowanie kanałów zależy od warunków, w jakich odbywa się w nich przepływ ścieków. Jeżeli przepływ ten występuje w warunkach ciśnienia lub podciśnienia, podstawę do obliczeń hydraulicznych stanowić mogą metody takie jak dla sieci wodociągowych. Stosowane powszechnie systemy kanalizacji grawitacyjnych, w których ruch ścieków występuje przy częściowym wypełnieniu kanałów, podlegają innym regułom obliczeń hydraulicznych. Wyniki takich obliczeń wpływają na wymiary kanałów oraz ich napełnienia ściekami i odpowiadające im prędkości przepływu.

W kanałach przełazowych, tzn. o wysokości $H \geq 1,0$ m muszą być dodatkowo spełnione warunki dostępności dla służb eksploatacyjnych. Dopuszczalne napełnienie kanałów podano w tabeli 6.

Tabela 6. Dopuszczalne napełnienie kanałów przełazowych

Wysokość kanału [m]	1 ÷ 1,2	1,2 ÷ 1,4	1,4 ÷ 1,6	> 1,6
Dopuszczalne napełnienie [m]	0,35	0,40	0,45	0,50

Natężenia przepływu ścieków i prędkości ich przepływu obliczone wg wzoru (31) zestawiono w tabelach 7 i 8.

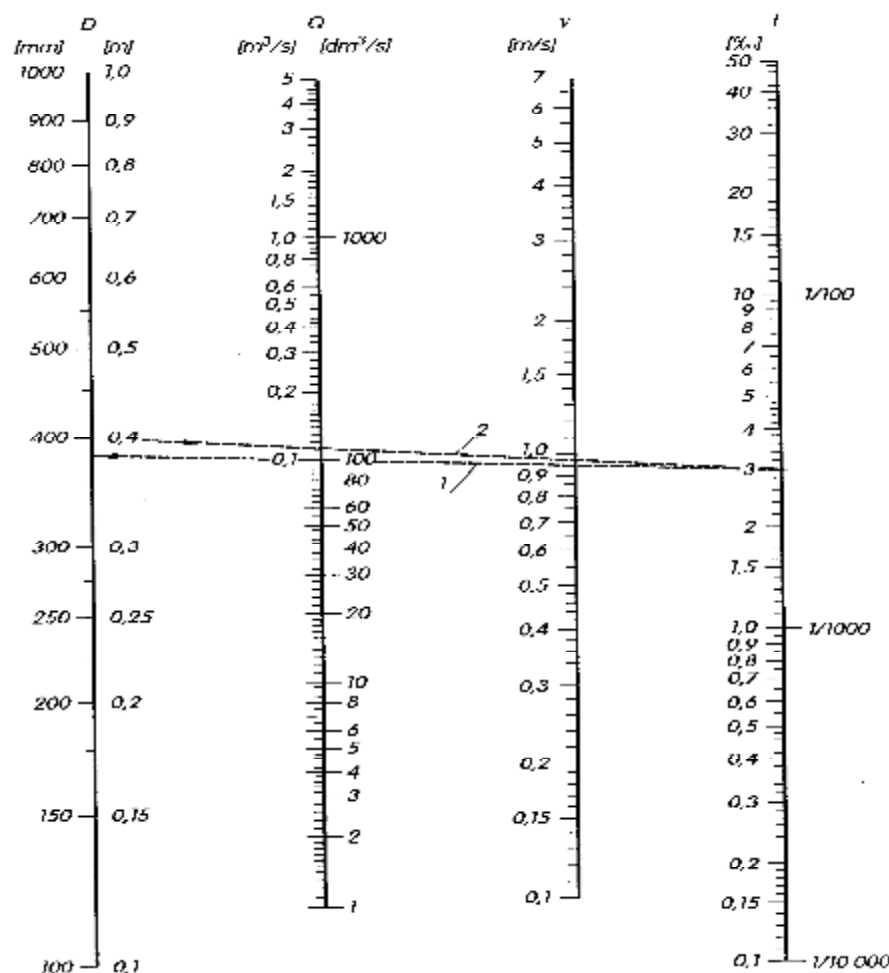
Tabela 7. Natężenie przepływu q [dm^3/s] ścieków w kanałach o optymalnym napełnieniu spadku 0,8–100 ‰, obliczone wg wzoru (31)

D [m]	0,8‰	1‰	2‰	4‰	6‰	8‰	10‰	20‰	40‰	60‰	80‰	100‰
0,15	—	—	—	—	8,23	9,50	10,62	15,20	21,40	26,20	30,40	33,70
0,20	—	—	—	14,60	18,00	20,60	23,00	32,70	46,00	56,20	65,00	—
0,25	—	—	18,82	25,60	32,00	37,20	41,50	59,00	82,50	102,00	—	—
0,30	—	—	29,80	42,25	52,00	59,50	67,00	95,00	133,00	—	—	—
0,35	—	39,80	56,20	79,80	97,70	112,20	126,20	178,50	251,00	—	—	—
0,40	—	57,00	80,20	113,50	139,00	162,00	181,00	255,00	—	—	—	—
0,45	—	77,20	110,00	160,00	191,00	220,00	245,00	349,00	—	—	—	—
0,50	—	112,20	159,00	226,00	277,00	319,00	356,00	502,00	—	—	—	—
0,60	164,20	184,00	258,00	368,00	450,00	516,00	580,00	—	—	—	—	—

Tabela 8. Natężenie przepływu v [m/s] ścieków w kanałach o optymalnym napełnieniu spadku 0,8–100‰, obliczone wg wzoru (31)

D [m]	0,8‰	1‰	2‰	4‰	6‰	8‰	10‰	20‰	40‰	60‰	80‰	100‰
0,15	—	—	—	—	0,75	0,87	0,96	1,37	1,94	2,36	2,74	3,05
0,20	—	—	—	0,74	0,91	1,04	1,17	1,65	2,34	2,88	3,32	—
0,25	—	—	0,61	0,84	1,05	1,21	1,36	1,92	2,70	3,34	—	—
0,30	—	—	0,60	0,95	1,18	1,36	1,52	2,15	3,02	—	—	—
0,35	—	0,55	0,78	1,10	1,36	1,56	1,76	2,47	3,50	—	—	—
0,40	—	0,60	0,85	1,21	1,48	1,71	1,92	2,71	—	—	—	—
0,45	—	0,65	0,93	1,33	1,62	1,86	2,05	2,93	—	—	—	—
0,50	—	0,71	1,01	1,43	1,74	2,20	2,20	3,19	—	—	—	—
0,60	0,72	0,81	1,14	1,62	1,98	2,28	2,55	—	—	—	—	—

Przepływ miarodajny w kanałach ściekowych kanalizacji rozdzielczej należy przyjmować o 50% większy od maksymalnego godzinowego przepływu ścieków komunalnych, tzn. $Q_m = 1,5 \cdot Q_{hmax}$. Odpowiada to 60% napełnieniu kanałów o przekroju kołowym przy przepływie Q_{hmax} lub 65% napełnieniu kanałów o przekroju jajowym.

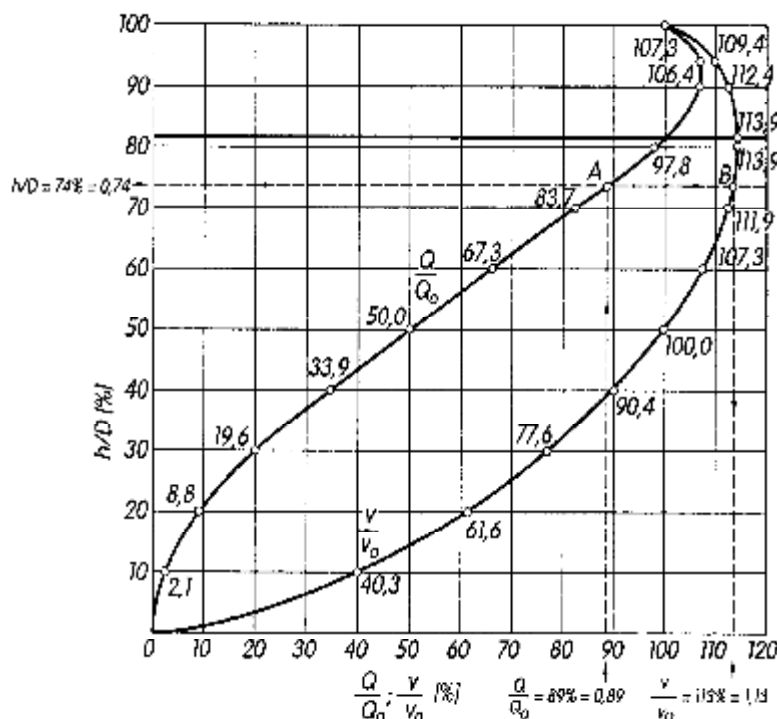


Rys. 7. Nomogram do określania średnicy rur kanalizacyjnych o przekroju kołowym przy całkowitym napełnieniu (z przykładowym odczytem) [4, s.152]: 1 – prosta łącząca punkty $i=3‰$ i $Q = 100 \text{ dm}^3/\text{s}$ (dane przyjęte przykładowo) służąca do wstępnego określenia średnicy D przewodu o całkowitym napełnieniu, 2 – prosta łącząca punkt $D = 0,4 \text{ m}$ (tj. średnicę produkowaną, większą od odczytanej z linii 1) z punktem $i = 3‰$, za pomocą której odczytuje się wartości $Q_0 = 112 \text{ dm}^3/\text{s}$ oraz $v_0 = 0,98112 \text{ m/s}$ (przy całkowitym napełnieniu)

Wzory są niewygodne do bezpośrednich obliczeń, toteż jako pomoc do szybkiego doboru średnic kanałów i wykonywania obliczeń sprawdzających (określenie prędkości przepływu i napełnienia kanału) sporządzono krzywe sprawności i nomogramy.

Nomogram do wyznaczania średnicy kanału i prędkości przepływu ścieków, przy znanym natężeniu przepływu ścieków i spadku kanału, sporządzony z wykorzystaniem wzoru (30) przedstawiono na rys. 7.

Obliczenia hydrauliczne kanałów można przedstawić za pomocą krzywych sprawności (rys. 8), wyrażających zależności przepływów i prędkości od napełnienia kanału.



Rys. 8. Krzywe sprawności kanałów o przekroju kołowym (z przykładowym odczytem) [4, s. 153] D – średnica kanału, h/D – napełnienie kanału, Q i v – natężenie przepływu i prędkość przepływu dla danego napełnienia, Q_0 i v_0 – natężenia i prędkość przepływu przy całkowitym napełnieniu kanału

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na podstawie czego wykonuje się obliczenia hydrauliczne sieci kanalizacyjnych?
2. Jaki zakłada się charakter przepływu ścieków w kanale?
3. Od jakich parametrów zależy średnia prędkość przepływu ścieków w kanale?
4. Przy jakich założeniach najdogodniejsze jest stosowanie wzoru Chezy'ego?
5. Podaj wzór na obliczanie prędkości przepływu w kanałach?
6. W jakim celu sporządzone są krzywe sprawności?
7. Jakie wielkości można odczytać z nomogramów?
8. Od czego zależy przepustowość kanału?

4.8. Bilans odbiorcy ciepła. Prędkość przepływu w sieci ciepłowniczej

4.8.1. Materiał nauczania

Bilans mocy cieplnej dla danego odbiorcy tworzy się sumując zapotrzebowanie mocy cieplnej na cele:

- centralnego ogrzewania $\dot{Q}_{co}$
- ciepłej wody użytkowej $\dot{Q}_{cwu}$
- wentylacji $\dot{Q}_w$
- technologiczne $\dot{Q}_T$

zgodnie z zależnością:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{co} + \dot{Q}_{cwu} + \dot{Q}_w + \dot{Q}_w + \dot{Q}_T, [W] \quad (35)$$

Jeżeli nie ma projektów z bilansami szczegółowymi, bilans taki w sposób uproszczony można wykonać korzystając z jednostkowych wskaźników zapotrzebowania mocy cieplnej, wyrażonych w W/m^3 lub W/m^2 .

- Zapotrzebowanie mocy cieplnej do centralnego ogrzewania oblicza się korzystając ze wzoru (36):

$$\dot{Q}_{co} = q_{co} \cdot V, [W] \quad (36)$$

q_{co} – przybliżona wartość wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania mocy cieplnej dla celów c.o., $[W/m^3]$,

V – kubatura zewnętrzna ogrzewanego budynku $[m^3]$.

- Zapotrzebowanie mocy cieplnej do ciepłej wody użytkowej można obliczyć ze wzoru (37):

$$\dot{Q}_{cwu} = q_{cwu} \cdot V, [W] \quad (37)$$

q_{cwu} – wskaźnikowe jednostkowe zapotrzebowania mocy cieplnej dla celów cwu, $[W/m^3]$,

V – kubatura zewnętrzna budynku $[m^3]$.

- Zapotrzebowanie mocy cieplnej do wentylacji można obliczyć ze wzoru (38):

$$\dot{Q}_w = q_w \cdot V_w, [W] \quad (38)$$

q_w – wskaźnik zapotrzebowania mocy cieplnej dla celów wentylacji, $[W/m^3]$,

V_w – kubatura wewnętrzna wentylowanych pomieszczeń $[m^3]$.

- Zapotrzebowanie mocy cieplnej do technologii można obliczyć ze wzoru (39):

$$\dot{Q}_T = q_T \cdot V, [W] \quad (39)$$

q_T – wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania mocy cieplnej na cele technologiczne, $[W/m^3]$,

V – kubatura budynków przemysłowych [m³].

Istnieje również możliwość określania zapotrzebowania na ciepło dla pomieszczeń i budynków za pomocą programów komputerowych.

Prędkość przepływu w nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej można obliczyć ze wzoru (40):

$$w = \frac{\dot{G}}{r \cdot A} = \frac{4 \cdot \dot{G}}{r \cdot p \cdot d^2} = 1,273 \frac{\dot{G}}{r \cdot d^2}, [m / s] \quad (40)$$

w – prędkość przepływu nośnika ciepła, [m/s],

A – powierzchnia przekroju rury [m²],

d – średnica wewnętrzna przewodu, [m],

ρ – gęstość nośnika ciepła [kg/m³],

G – strumień masy nośnika ciepła [kg/s].

Określając lub dobierając średnicę przewodów zaleca się przyjmować następujące prędkości:

- przewody magistralne – 2,0–3,0 m/s,
- odgałęzienia – 1,0–2,0 m/s,
- przyłącza – do 1,0 m/s.

4.8.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jaki sposób wykonujemy bilans ciepła?
2. Jak obliczamy zapotrzebowanie mocy cieplnej na cele technologiczne?
3. W jakich jednostkach mogą być wyrażone wskaźniki zapotrzebowania mocy cieplnej?
4. Jakie są zalecane prędkość przepływu nośnika ciepła?
5. Jakie czynniki mają wpływ na prędkość przepływu nośnika ciepła?

4.9. Obliczenia hydrauliczne sieci ciepłowniczej

4.9.1. Materiał nauczania

Sieci ciepłownicze projektuje się z reguły jako sieci wysokoparametrowe. Obliczenia takich sieci prowadzone są w celu określenia dwóch podstawowych wielkości:

- średnicy wewnętrznej rurociągu,
- różnicy (straty) ciśnienia w rurociągach.

Strata ciśnienia w rurociągu ΔP jest sumą liniowego spadku ciśnienia ΔP_l spowodowanego tarciem poruszającego się nośnika ciepła w rurociągu i spadku ciśnienia spowodowanego przez opory miejscowe Z , co można zapisać wzorem (41):

$$\Delta P = \Delta P_l + Z, \text{ [Pa]} \quad (41)$$

$$\Delta P_l = R \cdot l \text{ [Pa]} \quad (42)$$

R – jednostkowa strata ciśnienia w rurociągu [Pa/m],

l – długość rurociągu [m].

Spadek ciśnienia spowodowany przez opory miejscowe można obliczyć ze wzoru (43):

$$Z = \sum v \cdot \frac{w^2}{2} \cdot r, \text{ [Pa]} \quad (43)$$

ζ – współczynnik oporu miejscowego,

w – prędkość przepływającego nośnika ciepła [m/s],

ρ – gęstość nośnika ciepła [kg/m³].

W obliczeniach hydraulicznych sieci ciepłowniczych stosuje się długość zastępczą l_z zamiast współczynnika oporu miejscowego ζ . Długość zastępczą l_z można określić z następującej zależności (44):

$$l_z = \sum v \cdot \frac{d}{l}, \text{ [m]} \quad (44)$$

l_z – długość zastępcza [m],

ζ – współczynnika oporu miejscowego,

Długość zastępczą l_z odczytuje się z tabel dla danej armatury.

Tabela 9 Wybrane wartości długości zastępczych l_z oporów miejscowych dla wodnej sieci ciepłowniczej
[źródło własne]

[Zobacz właściwości]		57 x 2,9	76 x 3,0	89 x 3,5	108x4,0	133x4,0	159x4,5	219x6,0	
Lp.	Średnica rury dz x g								
Opór miejscowy									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	Zasuwa	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	
2.	Zawór grzybkowy	7,8	9,5	11,5	16,9	22,1	28,0	46,9	
3.	Zawór kątowy	5,7	7,9	10,6	16,1	19,5	21,0	26,9	
4.	Zawór zwrotny	10,4	14,9	21,2	31,3	36,9	38,2	44,9	
5.	Odmulnik min	12,1	15,8	20,1	28,8	35,9	44,6	69,9	
6.	Odmulnik max	17,3	22,5	28,7	41,2	51,3	63,7	99,8	
7.	Wydłużka mieszkowa	–	–	–	0,4	0,5	0,6	1,0	
8.	Wydłużka kształtowa U–	Przyjmować jak 4 łuki 90° o odpowiednim R/D							
9.	Łuk gładki 90°	R/D =4	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3	2,1
10	Zwężka o kącie α=30°	d1/d2 =1,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5
11.	Odgałęzienie–	c/b=0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2

	rozpływ		2,2	2,9	3,7	5,4	6,7	8,3	13,0
12.	Odgałęzienie– odpływ	c/b=0, 5	0,9 1,9	1,2 1,8	1,5 2,3	2,2 3,3	2,7 4,1	3,3 5,1	5,2 8,0

Aby dobrać średnice przewodów, można obliczyć strumień masy nośnika ciepła płynącego przez poszczególne działki w sposób uproszczony ze wzoru (45) (wzór jest słuszny dla połączeń równoległych):

$$\dot{G} = \frac{\dot{Q}_{co}}{\Delta t^I \cdot c_p^I} + \frac{\dot{Q}_{cwu}}{\Delta t^{II} \cdot c_p^{II}} + \frac{\dot{Q}_w}{\Delta t^{III} \cdot c_p^{III}} + \frac{\dot{Q}_T}{\Delta t^{IV} \cdot c_p^{IV}}, \text{ [kg / s]} \quad (45)$$

$\dot{Q}_{co}, \dot{Q}_{cwu}, \dot{Q}_w, \dot{Q}_T$ – zapotrzebowanie na moc cieplną [W],

Δt^I – różnica temperatury, obliczeniowej temperatury zasilania i powrotu wody sieciowej w sezonie ogrzewczym [K],

Δt^{II} – różnica temperatury zasilania i powrotu wody sieciowej poza sezonem ogrzewczym [K],

Δt^{III} – różnica temperatury zasilania i powrotu wody sieciowej na potrzeby wentylacji [K],

Δt^{IV} – różnica temperatury zasilania i powrotu wody sieciowej na potrzeby technologiczne [K],

$c_p^I, c_p^{II}, c_p^{III}, c_p^{IV}$ – ciepło właściwe odpowiadające powyższym wartościom Δt [J/(kg·K)].

Dla danej wartości strumienia masy nośnika ciepła z tablic doboru można dobrać średnice przewodów oraz odczytać prędkość wody [m/s] i jednostkowy spadek ciśnienia R [kPa/m]. Wartości oporów miejscowych podaje się w tablicach w postaci długości zastępczej. Dysponując tymi danymi można obliczyć stratę ciśnienia w poszczególnych odcinkach sieci ciepłowniczej.

Tabela 10. Wybrane dane do doboru średnic przewodów

Średnic przewodów dz x g [mm]	57 x 2,9	76 x 3,0	89 x 3,5	108x4,0	133x4,0	159x4,5	219x6,0
Jednostkowy spadek ciśnienia R [kPa/m]	Strumień masy nośnika ciepła G [kg/s] Prędkość przepływu nośnika ciepła w [m/s]						
0,030	0,583 0,300	1,333 0,360	2,056 0,410	3,44 0,46	6,33 0,53	10,00 0,59	22,22 0,71
0,033	0,604 0,310	1,417 0,390	2,111 0,420	3,61 0,48	6,39 0,55	10,42 0,62	23,33 0,75
0,036	0,632 0,320	1,486 0,410	2,222 0,440	3,72 0,50	6,81 0,58	10,83 0,64	24,44 0,78
0,040	0,667 0,340	1,556 0,430	2,333 0,460	4,00 0,53	7,11 0,61	11,39 0,67	25,56 0,81
0,045	0,722 0,370	1,592 0,450	2,500 0,490	4,19 0,56	7,58 0,64	12,22 0,72	27,22 0,87
0,050	0,750 0,380	1,628 0,470	2,611 0,520	4,44 0,59	8,06 0,69	12,78 0,76	28,89 0,93
0,055	0,778 0,400	1,667 0,490	2,778 0,550	4,67 0,62	8,33 0,71	13,53 0,80	30,28 0,97
0,060	0,806 0,420	1,903 0,520	2,889 0,570	4,86 0,65	8,69 0,74	14,08 0,83	31,67 1,00
0,065	0,861 0,440	1,972 0,540	3,000 0,590	5,03 0,67	9,17 0,78	14,72 0,87	32,92 1,04
0,070	0,889	2,056	3,083	5,25	9,44	15,28	34,17

	0,460	0,560	0,610	0,69	0,81	0,90	1,08
0,075	0,917	2,111	3,222	5,44	9,72	15,83	35,42
	0,470	0,570	0,640	0,72	0,83	0,94	1,12
0,080	0,944	2,167	3,333	5,69	10,00	16,39	36,67
	0,480	0,590	0,660	0,76	0,86	0,97	1,16
0,090	1,000	2,222	3,500	5,97	10,69	17,22	38,89
	0,510	0,630	0,700	0,80	0,91	1,02	1,24
0,100	1,056	2,333	3,722	6,25	11,25	18,19	40,56
	0,540	0,660	0,730	0,83	0,97	1,07	1,30
0,110	1,111	2,556	3,889	6,58	11,86	19,25	42,50
	0,570	0,690	0,770	0,87	1,01	1,13	1,36
0,120	1,167	2,667	4,083	6,92	12,36	20,00	44,44
	0,600	0,720	0,800	0,91	1,04	1,18	1,42
0,130	1,208	2,778	4,250	7,21	12,78	20,83	46,36
	0,620	0,750	0,850	0,95	1,09	1,23	1,48
0,140	1,250	2,889	4,417	7,50	13,30	21,67	48,33
	0,640	0,790	0,870	0,99	1,14	1,28	1,55

Praktyczny przykład realizacji obliczeń dla sieci ciepłowniczej

Dane wyjściowe do obliczeń:

a) ilość indywidualnych węzłów ciepłowniczych na osiedlu mieszkalnym w Krośnie:

- 10 budynków mieszkalnych,
- 3 budynki usługowe,

b) zapotrzebowanie mocy cieplnej budynku mieszkalnego:

- centralnego ogrzewania 400 kW (każdy),
- ciepłej wody użytkowej 200 kW (każdy),

c) zapotrzebowanie mocy cieplnej budynku usługowego:

- centralnego ogrzewania 300 kW (każdy),
- ciepłej wody użytkowej 100 kW (każdy),
- wentylacja 200 kW (każdy),

Zestawienie zapotrzebowania ilości mocy cieplnej dla poszczególnych budynków zestawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Zestawienie obliczenia zapotrzebowania mocy cieplnej w poszczególnych budynkach [źródło własne]

Lp.	Numer budynku	Q _{c.o.}		Q _{c.w.u.}		Q _w		Q	
		[kW]	[kcal/h]	[kW]	[kcal/h]	[kW]	[kcal/h]	[kW]	[kcal/h]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
2	B	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
3	C	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
4	D	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
5	E	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
6	F	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
7	G	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
8	H	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
9	I	300	258000	100	86000	200	172000	600	516000
10	J	300	258000	100	86000	200	172000	600	516000
11	K	300	258000	100	86000	200	172000	600	516000
12	L	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
13	M	400	344000	200	172000	–	–	600	516000
	Suma:	4 900	4 214 000	2 300	1 978 000	600	516 000	7 800	6 708 000

Łączne całkowite zapotrzebowanie mocy cieplnej: $Q = 6\,708\,000 \text{ kcal/h} = 7\,800 \text{ kW}$

Obliczanie zapotrzebowania strumienia masy nośnika ciepła dla poszczególnych budynków

W celu przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych należy określić ilości wody płynącej przez poszczególne działki dla poszczególnych budynków według wzoru (45).

Założenia:

obliczeniowe parametry nośnika ciepła dla c. o. wynoszą $150/80^\circ\text{C}$,
zatem $\Delta\tau^I = 70^\circ\text{C}$,
obliczeniowe parametry nośnika ciepła dla c. w. u. $70/35^\circ\text{C}$,
zatem $\Delta\tau^{II} = 35^\circ\text{C}$.

Dla sieci cieplnej zasilanej z elektrociepłowni przyjmuję warunki obliczeniowe jak dla c. o.:

obliczeniowe parametry nośnika ciepła dla wentyl. $150/80^\circ\text{C}$,
zatem $\Delta\tau^{III} = 70^\circ\text{C}$

Ponadto: $c_{p_{c.o.}} \cong c_{p_{c.w.u.}} \cong c_{p_w} = 4\,200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

Tabela 12 Zestawienie obliczenia strumienia masy nośnika ciepła dopływającego do poszczególnych odbiorców mocy cieplnej [źródło własne]

Lp.	Numer budynku	$G_{c.o.}$		$G_{c.w.u.}$		G_w		G_c	
		[kg/h]	[kg/s]	[kg/h]	[kg/s]	[kg/h]	[kg/s]	[kg/h]	[kg/s]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
2	B	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
3	C	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
4	D	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
5	E	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
6	F	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
7	G	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
8	H	4897,959	1,360544	4897,959	1,360544	—	—	9795,918	2,721088
9	I	3673,469	1,020408	2448,98	0,680272	2448,98	0,680272	8571,429	2,380952
10	J	3673,469	1,020408	2448,98	0,680272	2448,98	0,680272	8571,429	2,380952
11	K	3673,469	1,020408	2448,98	0,680272	2448,98	0,680272	8571,429	2,380952
12	L	3673,469	1,020408	4897,959	1,360544	—	—	8571,429	2,380952
13	M	3673,469	1,020408	4897,959	1,360544	—	—	8571,429	2,380952
	Suma:	57 551	16	56 327	16	7 347	2	121 224	34

Łączne zapotrzebowanie strumienia masy wynosi: $G_c = 121\,224 \text{ kg/h} = 34 \text{ kg/s}$

Obliczanie średnic przewodów i strat ciśnienia w sieci magistralnej

Obliczenia sprowadzają się do określenia średnicy wewnętrznej rurociągu oraz straty ciśnienia w rurociągach. Strata ciśnienia w rurociągu Δp jest sumą liniowego spadku ciśnienia Δp_l spowodowanego tarciem poruszającego się nośnika ciepła w rurociągu i spadku ciśnienia spowodowanego przez opory miejscowe Z , co można zapisać wzorem:

$$\Delta p = \Delta p_l + Z \quad [\text{Pa}]$$

natomiast

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad [\text{Pa}]$$

w którym:

Δp – strata ciśnienia w rurociągu [Pa],

Δp_l – liniowy spadek ciśnienia [Pa],

R – jednostkowa strata ciśnienia w rurociągu [Pa/m],

l – długość rurociągu [m].

Tabela 13. Obliczenie średnic przewodów i strat ciśnienia w przewodach wodnej sieci ciepłej [źródło własne]

Nr dz.	G [kg/h]	G [kg/s]	D _z x g [mm]	w [m./s]	L _{rz} [m]	L _z [m]	L _c [m]	R [kPa/m]	R [mmH ₂ O/m]	D _p =R' L _c [kPa]	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4897,96	1,36054	76x3,0	0,36	92,0	0,5	92,5	0,033	3,3	3,0525	łg90–R/D=4
2	9795,92	2,72109	89x3,5	0,55	26,5	4,4	30,9	0,055	5,5	1,6995	or–c/b=0,5; z–d1/d2=1,2; łg90–R/D=4
3	13469,39	3,74150	89x3,5	0,77	50,0	9,2	59,2	0,110	11,0	6,5120	or–c/b=0,5; z–d1/d2=1,2; U–4xR/D=4
4	20816,33	5,78231	108x4,0	0,80	30,0	11,4	41,4	0,090	9,0	3,7260	or–c/b=0,5; z–d1/d2=1,2; U–4xR/D=4
5	31836,73	8,84354	133x4,0	0,78	36,0	11,1	47,1	0,065	6,5	3,0615	or–c/b=0,5; U–4xR/D=4
6	36734,69	10,2041	133x4,0	0,91	25,0	13,5	38,5	0,090	9,0	3,4650	or–c/b=0,1; z–d1/d2=1,2; U–4xR/D=4
7	41632,65	11,5646	133x4,0	1,01	38,0	8,6	46,6	0,110	11,0	5,1260	or–c/b=0,1; M
8	60000,00	16,6667	159x4,5	1,02	15,0	9,6	24,6	0,090	9,0	2,2140	or–c/b=0,5; łg90–R/D=4
312,5 68,3 380,8 0,643 64,3 28,8565											

Oznaczenia zastosowane w uwagach (kolumna 12 tabeli 12):

łg90–R/D=4 – łuk gładki 90° o stosunku R/D=4

z–d1/d2=1,2 – zwężka o kącie $\alpha=30^\circ$ i stosunku d1/d2=1,2

or–c/b=0,5 – odgałęzienie, rozpyływ o stosunku c/b=0,5

U – wydłużka U–kształtowa

M – wydłużka mieszkowa

Objaśnienie zastosowanych oznaczeń w tabeli 13:

G – strumień masy nośnika ciepła w tabeli przedstawiony w jednostkach [kg/h] przeliczony również na [kg/s], a odczytany i przyjęty z tablica 10,

D_z x g – średnica x grubość przewodów odczytana i przyjęta z tablicy 9, dla założonej prędkości przepływu nośnika w [m/s],

L_{rz} – rzeczywista długość przewodu przyjęta z planu sytuacyjnego,

L_z – długość zastępcza oporów miejscowych dla wodnej sieci ciepłowniczej, odczytana i przyjęta z tablicy 9 długości zastępczych,

L_c – całkowita długość obliczona poprzez sumę długości rzeczywistej i zastępczej,

R_l – jednostkowy spadek ciśnienia w przewodach odczytany i przyjęty z tablicy 10, przedstawiony w jednostkach [kPa/m] oraz [mmH₂O/m],

ΔP_l – liniowy spadek ciśnienia, obliczony jako iloczyn jednostkowej straty ciśnienia w rurociągu i jego długości, w [kPa],

Całkowita strata ciśnienia w rurociągu magistralnym wynosi Δp=28,8565 kPa

Reasumując dla rurociągu magistralnego:

całkowite zapotrzebowanie mocy cieplnej:

Q = 6 708 000 kcal/h = 7 800 kW,

zapotrzebowanie strumienia masy wynosi:

G_c = 121 224 kg/h = 34 kg/s,

jednostkowa strata ciśnienia wynosi:

R_l = 64,30 mm H₂O/m = 0,643 kPa/m,

całkowita strata ciśnienia wynosi:

Δp = 2 8,8565 kPa = 2885,65 mm H₂O.

4.9.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie wielkości są wynikiem obliczeń hydraulicznych?
2. Do jakich podstawowych wielkości sprowadzają się obliczenia sieci cieplnych?
3. Podaj definicję straty ciśnienia w rurociągu?
4. Jak określamy opory miejscowe?
5. Co to jest długość zastępcza?
6. Jak oblicza się długość zastępczą odcinka sieci ciepłowniczej?
7. Jak dobieramy średnice przewodów oraz prędkość wody w sieci cieplnej?

4.10. Wykresy ciśnień w sieci ciepłowniczej

4.10.1. Materiał nauczania

W celu zapewnienia prawidłowej pracy sieci ciepłowniczej niezbędne jest sporządzenie wykresów rozkładu ciśnienia, z wykorzystaniem wcześniej obliczonych strat ciśnienia na poszczególnych odcinkach sieci.

Przed przystąpieniem do sporządzania wykresów rozkładu ciśnienia należy ustalić dane:

- wielkość strat ciśnienia w źródle ciepła oraz wymagane ciśnienie do pracy kotła,
- sposób podłączenia poszczególnych odbiorców ciepła (rodzaj węzła ciepłowniczego),
- straty ciśnienia w poszczególnych odcinkach sieci,
- rodzaj stosowanych przewodów, armatury, grzejników itp. (dopuszczalne ciśnienia),
- ukształtowanie terenu.

Wykres ciśnienia wykonuje się w układzie współrzędnych: na osi odciętych oznacza się długość rurociągu zaczynając od pomp obiegowych w źródle ciepła, na osi rzędnych – rzędne terenu oraz wielkości ciśnienia. Na tak przygotowany wykres należy nanieść:

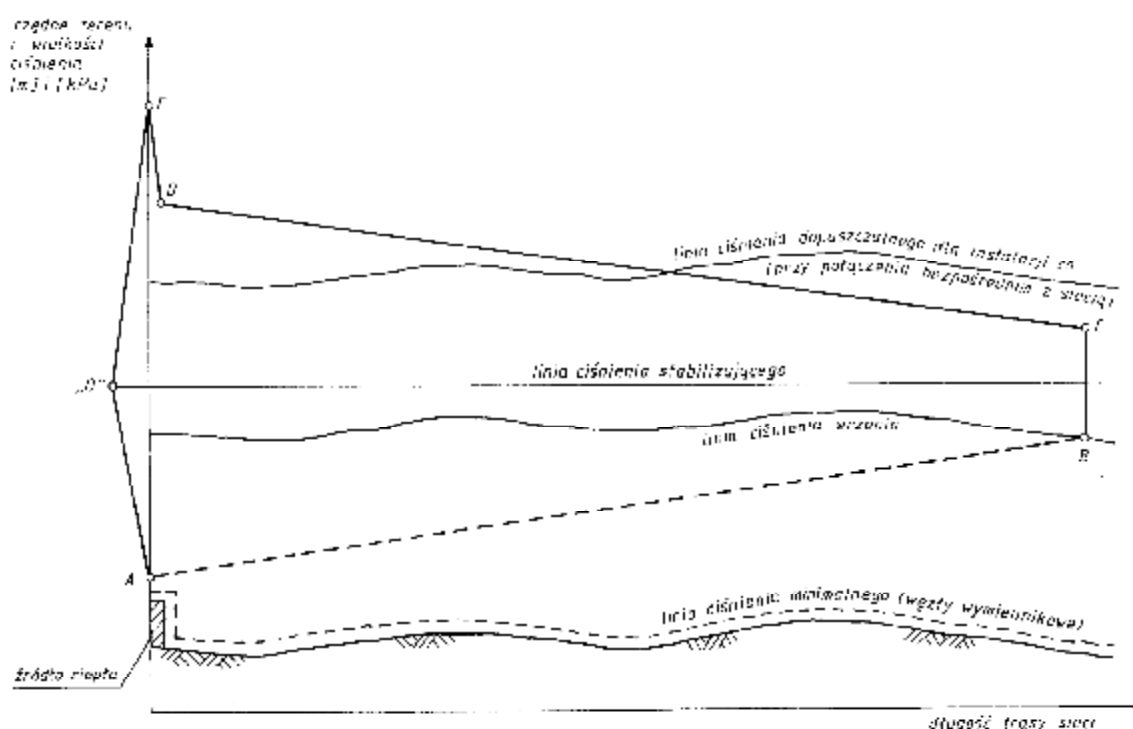
- wysokość budynków,
- charakterystyczne linie ciśnienia,
- linie ciśnienia w przewodzie zasilającym i powrotnym w sieci ciepłowniczej w czasie pracy pomp obiegowych,
- linię ciśnienia stabilizacji.

Wykres ciśnienia wykonuje się w następującej kolejności:

- 1) należy narysować w odpowiedniej skali profil terenu, przez który przebiega trasa sieci ciepłowniczej,
- 2) na profilu terenu oznacza się wysokość budynków charakterystycznych dla konstrukcji wykresu,
- 3) nanosi się linie charakterystyczne:
 - a) linię ciśnienia wrzenia odpowiadającą danej temperaturze,
 - b) linię ciśnienia dopuszczalnego dla instalacji c.o. w budynku,
 - c) linię ciśnienia minimalnego.
- 4) ustala się wielkość ciśnienia stabilizacji i nanosi linię ciśnienia stabilizacji pamiętając, że dla instalacji c.o. podłączonych do sieci ciepłowniczych systemem bezpośrednim obowiązują następujące zasady:
 - a) ciśnienie w najwyższych punktach sieci i instalacji c.o. nie może być niższe niż ciśnienie wrzenia dla danej temperatury,
 - b) ciśnienie w instalacji c.o. nie może przekraczać ciśnienia dopuszczalnego dla tej instalacji,
 - c) ciśnienie w instalacji c.o. w budynkach (w najwyższych jej punktach) musi być wyższe niż ciśnienie atmosferyczne.
- 5) nanosi się linię ciśnienia w przewodzie zasilającym i powrotnym oraz spadki ciśnienia w źródle i u odbiorców, pamiętając o następujących zasadach:
 - a) ciśnienie w przewodzie zasilającym nie może być niższe niż ciśnienie wrzenia wody zasilającej,
 - b) w budynkach podłączonych bezpośrednio do sieci ciśnienie nie może być wyższe niż ciśnienie dopuszczalne dla instalacji c.o.,
 - c) w miejscu przyłączenia budynków do sieci powinno być zachowane odpowiednie ciśnienie dyspozycyjne zapewniające prawidłową pracę instalacji c.o.

Ustalając wartość ciśnienia stabilizacji w systemach, w których instalacje c.o. przyłączone są przez wymienniki ciepła, wystarczy spełnić tylko warunek 4a).

Wykres rozkładu ciśnienia rozpoczynamy od narysowania linii ciśnienia w przewodzie powrotnym, zaczynając od źródła ciepła (rys. 9 – punkt A). Linia ta powinna być umieszczona jak najniżej, jednak tak, aby zapewnić odpowiednie ciśnienie przed pompami obiegowymi. Ciśnienie to powinno zapewniać „zalanie” wodą wszystkich instalacji. Jest to szczególnie ważne, gdy w pobliżu źródła ciepła znajdują się budynki wysokie. Po naniesieniu linii ciśnienia w przewodzie powrotnym nanosi się ciśnienie dyspozycyjne u najdalszego odbiorcy (odcinek BC) i następnie linię ciśnienia obrazującą spadki ciśnienia w poszczególnych odcinkach przewodu zasilającego (linia CD). Następnie z punktu D, określającego ciśnienie na wyjściu ze źródła ciepła odmierza się wielkość strat ciśnienia w źródle ciepła (odcinek DE). Na wielkość tej straty ciśnienia rzutują opory przepływu w kotłach, wymiennikach ciepła oraz rurociągach w źródle ciepła. W przypadku zainstalowania pomp uzupełniająco-stabilizujących wykres zamyka obieg E–„f”)–A, obrazujący straty ciśnienia w obiegu pomp uzupełniających.



Rys. 9. Rozkład ciśnienia w sieci ciepłowniczej [9, s.31]

Przykładowe obliczenia do wykresu rozkładu ciśnienia

Określenie wielkości ciśnienia dyspozycyjnego w źródle ciepła

Ciśnienie dyspozycyjne z źródła ciepła musi być większe lub równe stratom ciśnienia w całym obiegu, a zatem:

$$\Delta p_{\text{żr}} \geq \Delta p_k + \Delta p_z + \Delta p_w + \Delta p_p \quad [\text{kPa}]$$

Δp_k – strata ciśnienia na kotle,

przyjęto

$$\Delta p_k = 80 \text{ kPa}$$

Δp_z – strata ciśnienia w przewodzie zasilającym,

przyjęto

$$\Delta p_z = 14,5 \text{ kPa}$$

Δp_w – strata ciśnienia w węźle,

przyjęto

$$\Delta p_w = 150 \text{ kPa}$$

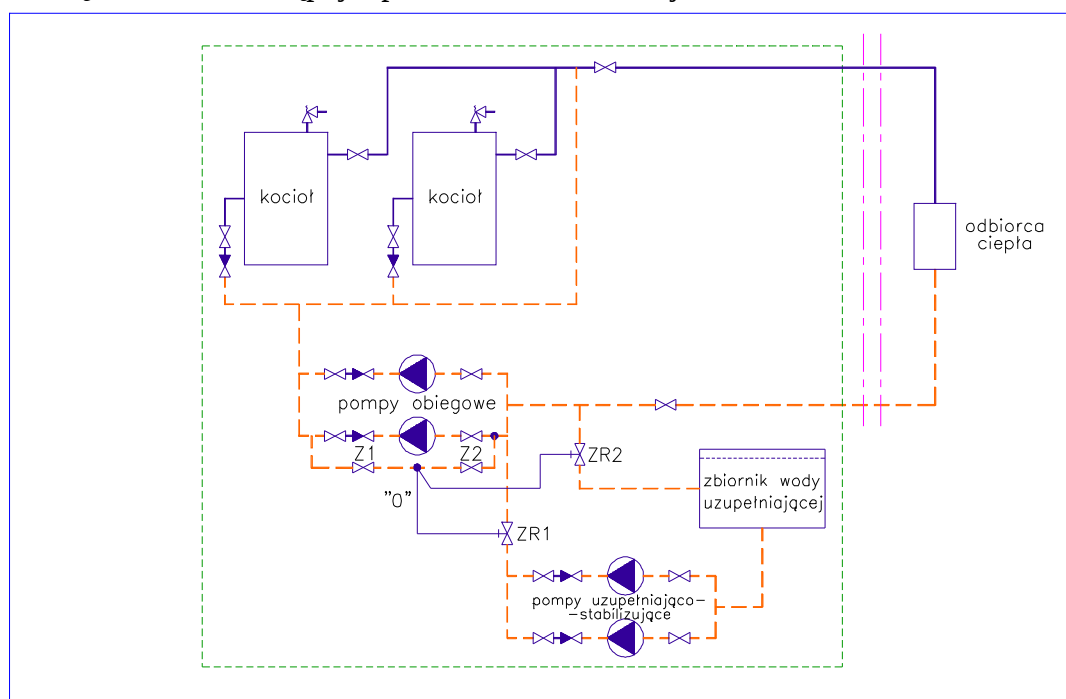
Δp_p – strata ciśnienia w przewodzie powrotnym sieci ciepłowniczej

$$Dp_p \gg Dp_p = 14,5 \text{ kPa}$$

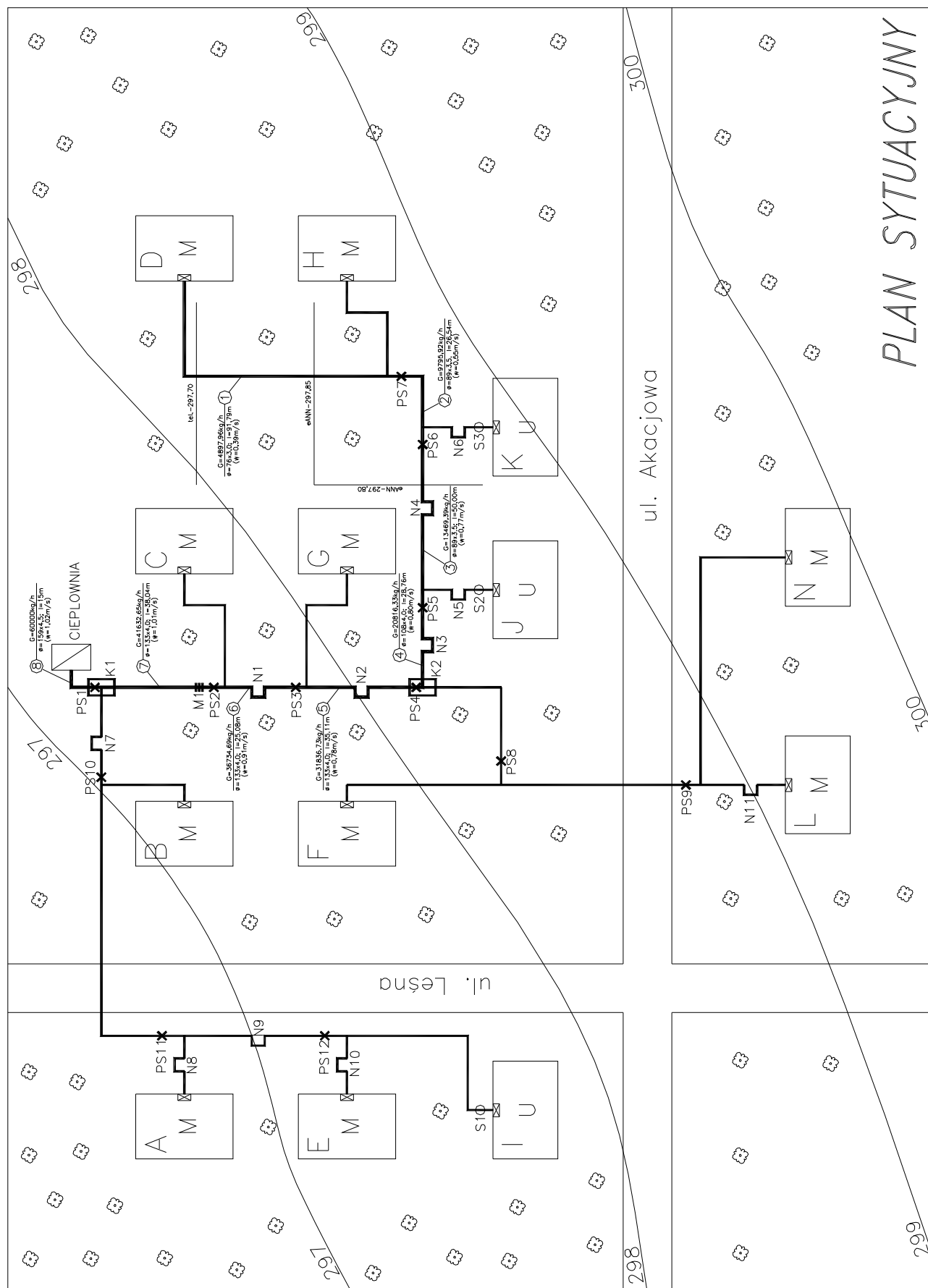
Rozkład ciśnienia w sieci ciepłowniczej zobrażowano na wykresie (rys. 11).

Zastosowano układ stabilizacji z pompami uzupełniająco-stabilizującymi, zgodnie ze schematem na rys. 10.

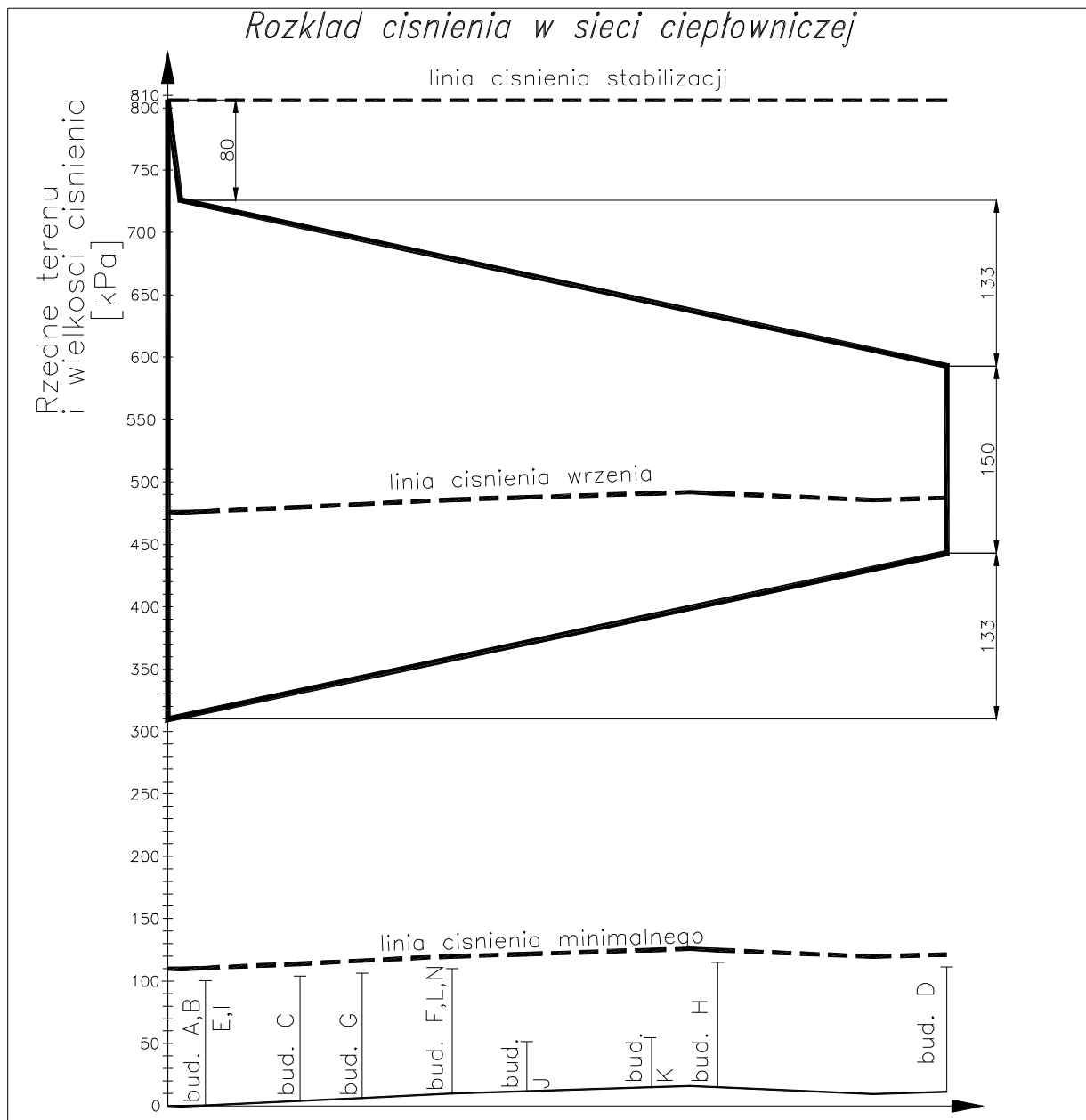
Pompa uzupełniająca musi mieć wysokość podnoszenia równą ciśnieniu stabilizacji zmniejszonemu o wartość ciśnienia panującego w zbiorniku wody uzupełniającej. Całkowita wysokość podnoszenia pomp uzupełniających jest wykorzystywana, gdy pompy obiegowe nie pracują, a w całym układzie musi być utrzymane ciśnienie stabilizacji. Podczas pracy pomp obiegowych ciśnienie wytwarzane przez pompy uzupełniająco-stabilizujące jest dławione przez zawór ZR1 do wielkości p_{uz} . (ciśnienie uzupełniające), co odpowiada ciśnieniu na ssaniu pomp obiegowych. Rozkład ciśnienia w sieci ciepłowniczej podczas pracy pomp obiegowych można zmienić przez zmianę położenia zaworów Z1 i Z2. Przy zwiększaniu oporów przepływu przez zawór Z1 opór rośnie, co spowoduje podwyższenie ciśnienia w całej sieci. Dławiąc zawór Z2 następuje spadek ciśnienia w całej sieci.



Rys. 10. Schemat stabilizacji układu z pompami uzupełniająco-stabilizującymi [źródło własne]



Rys. 11. Plan sytuacyjny osiedlowej sieci ciepłowniczej [źródło własne]



Rys. 12. Rozkład ciśnienia dla osiedlowej sieci ciepłowniczej [źródło własne]

4.10.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie dane są niezbędne do wykonania wykresu rozkładu ciśnień w sieci ciepłowniczej?
2. W jakim celu sporządza się wykres ciśnień w sieci ciepłowniczej?
3. Co zaznacza się na osi rzędnych, a co na osi odciętych na wykresie ciśnień w sieci ciepłowniczej?
4. Jakie informacje nanosi się na wykres ciśnień w sieci ciepłowniczej?
5. Jaka jest kolejność sporządzania wykresu ciśnień w sieci ciepłowniczej?
6. Jaki warunek należy spełnić ustalając wartość ciśnienia stabilizacji w systemach, w których instalacje c.o. przyłączone są przez wymienniki ciepła?

4.10.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj wykres rozkładu ciśnienia dla osiedlowej sieci ciepłej przedstawionej na rys.1 zgodnie z założeniami:

ΔP_k – strata ciśnienia na kotle

$\Delta p_k = 70 \text{ kPa}$,

ΔP_z – strata ciśnienia w przewodzie zasilającym

$\Delta p_z = 13,5 \text{ kPa}$,

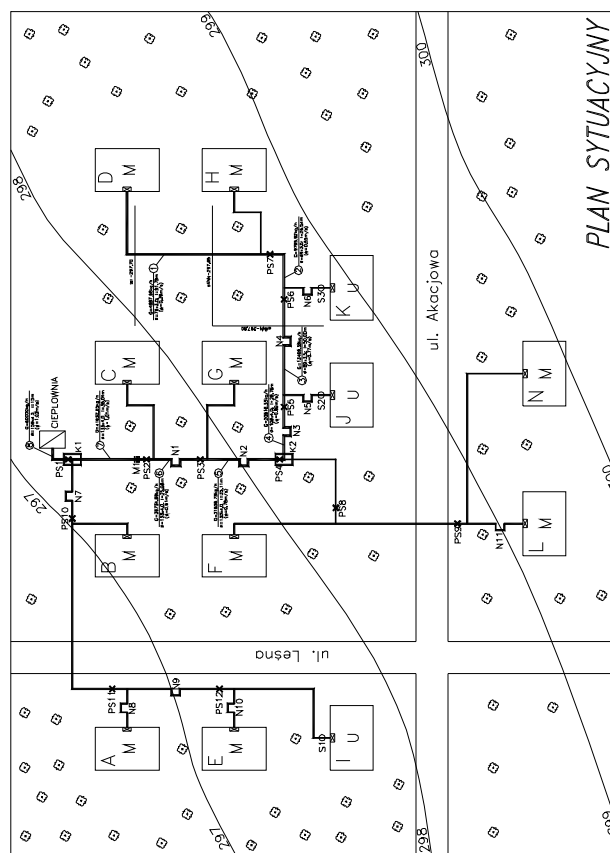
ΔP_w – strata ciśnienia w węźle

$\Delta p_w = 120 \text{ kPa}$,

ΔP_p – strata ciśnienia w przewodzie powrotnym sieci ciepłowniczej

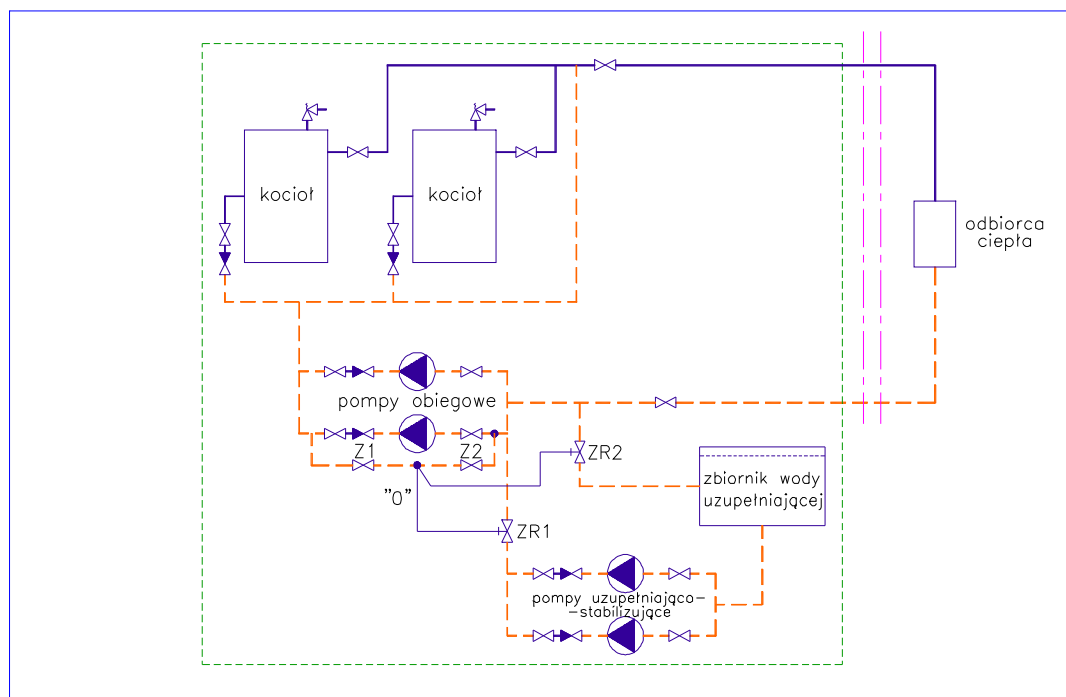
$\Delta p_p \approx \Delta P_z = 12,5 \text{ kPa}$.

$\Delta p_{\text{zr}} \geq 259 \text{ kPa}$



Rysunek 1 do ćwiczenia 1

Przyjąć układ stabilizacji z pompami uzupełniająco-stabilizującymi, zgodnie ze schematem na rys. 2/



Rysunek 2 do ćwiczenia 1

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) dokonać analizy materiału nauczania,
- 2) wypisać założenia do notatnika,
- 3) wykonać obliczenia,
- 4) wykonać wykres rozkładu ciśnienia dla osiedlowej sieci ciepłowniczej,
- 5) zaprezentować efekty swojej pracy.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- plan sytuacyjny osiedlowej sieci ciepłowniczej,
- notatnik,
- kalkulator,
- przybory rysunkowe,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6 dotycząca sieci ciepłych.

Ćwiczenie 2

Spośród dokumentów znajdujących się w sali dydaktycznej na stole wybierz i ułóż w odpowiedniej kolejności, te które stanowią projekt techniczny sieci ciepłej dla małej jednostki osadniczej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) dokonać analizy dokumentów znajdujących się na stole w sali dydaktycznej,

4.11. Projektowanie sieci gazowej

4.11.1. Materiał nauczania

Rozwiązania techniczne budowanych gazociągów transportujących gazy palne zależą od: rodzaju gazu, rodzaju i liczby źródeł zasilania, celu użytkowania gazu, odległości źródeł gazu od punktów jego poboru, wielkości maksymalnych chwilowych natężeń przepływu gazu określanych w m^3/h , charakterystyki poboru gazu przez odbiorców, liczby i rodzajów punktów poboru gazu oraz ich lokalizacji, warunków terenowych, w jakich lokalizowane są gazociągi, konfiguracji i wielkości sieci gazowych, parametrów technicznych sieci gazowych, rodzaju materiału, z jakiego wykonane są gazociągi i wyposażenia w odpowiednie elementy składowe.

Każda sieć gazowa winna mieć określone podstawowe parametry eksploatacyjne, do których zalicza się:

- ciśnienie w źródłach zasilania,
- minimalne dopuszczalne ciśnienie w sieci,
- dopuszczalne maksymalne prędkości przepływu gazu,
- natężenia przepływu gazu w źródłach,
- natężenia przepływu gazu w poszczególnych odcinkach.

W zależności od rozmieszczenia punktów poboru gazu sieć gazowa wykonywana jest w układzie szeregowym, rozgałęzionym lub pierścieniowym.

W przypadku odcinków sieci rozdzielczych gazu istotny jest dobór minimalnych i maksymalnych średnic gazociągów:

- a) gazociągi niskiego ciśnienia:
 - średnica minimalna 80 mm,
 - średnica maksymalna 500 mm,
- b) gazociągi średniego ciśnienia:
 - średnica minimalna 32 mm,
 - średnica maksymalna 300 mm.

W przypadku sieci rozprowadzających gazy palne średnica nominalna gazociągu nie powinna być większa niż 500 mm.

Zasady określania zużycia gazu

Podstawową wielkością charakteryzującą zużycie gazu jest współczynnik jednoczesności zużycia gazu, który opisuje zależność:

$$p = Q_{\text{maks}} / (\sum n_i \cdot Q_{ni}) \quad (46)$$

p – współczynnik jednoczesności zużycia gazu, wielkość bezwymiarowa,

Q_{maks} – rzeczywiste maksymalne zużycie gazu przez zainstalowaną liczbę urządzeń gazowych jednego lub wielu typów [m^3/h],

n_i – liczba urządzeń gazowych jednego typu,

Q_{ni} – nominalne zużycie gazu przez urządzenie jednego typu, [m^3/h].

Wskaźnik zużycia gazu określane w [m^3/h], na jednego odbiorcę (dużej grupy odbiorców) lub obliczeniowe natężenie przepływu gazu:

$$Q_{\text{maks}} = n_1 \cdot p_1 \cdot Q_1 \cdot \beta_1 + n_2 \cdot p_2 \cdot Q_2 \cdot \beta_2 \quad (47)$$

Q_{maks} – maksymalne obliczeniowe natężenie przepływu dla dużej grupy odbiorców [m^3/h],

n_1 – liczba odbiorców komunalnych i małych odbiorców pozakomunalnych,

n_2 – liczba odbiorców wykorzystujących gaz do indywidualnego ogrzewania budynków,

p_1 – współczynnik jednoczesności zużycia gazu dla celów komunalnych,

p_2 – współczynnik jednoczesności zużycia gazu dla ogrzewania poszczególnych budynków,

Q_1 – średnie zużycie gazu przez jednego odbiorcę danej grupy, [m³/h],

Q_2 – średnie zużycie gazu przez jednego odbiorcę danej grupy zużywającego gaz do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń, [m³/h],

β_1, β_2 – współczynniki korygujące zużycie gazu.

$$Q_1 = \sum Q_i \cdot n_i / n_1 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (48)$$

$$Q_2 = \sum Q_{i0} \cdot n_{i0} / n_2 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (49)$$

n_i, n_{i0} – liczba urządzeń i-tego rodzaju,

Q_i, Q_{i0} – nominalne zużycie gazu przez urządzenie i tego rodzaju, [m³/h].

Tabela 14. Średnie i maksymalne zużycia gazu przez jednego odbiorcę w zależności od typu zabudowy i celu użytkowania gazu dla gazu wysokometanowego GZ-50 [21 s. 27]

Typ zabudowy		Cele komunalne [m ³ /h]		Indywidualne ogrzewanie pomieszczeń [m ³ /h]
		Q_{maks}	Q_{sr}	
Budownictwo wieloblokowe	z centralnym rozprowadzeniem ciepłej wody	1,1	0,94 – 0,96	–
	z wykorzystaniem gazowych przepływowych ogrzewaczy wody	5,0	3,5 – 4,5	–
Zabudowa średniomiejaska (stare budownictwo)		4,3	2,7 – 4,1	0,5 – 1,9
Zabudowa zagrodowa		4,3	2,7 – 4,1	1,2 – 2,8
Podmiejskie osiedla domów jednorodzinnych		4,7 – 4,9	4,0 – 5,0	2,0 – 2,8

Po ustaleniu trasy gazociągów i rozmieszczeniu przewidywanego uzbrojenia należy określić przepływy, średnice rur i spadki ciśnienia gazu, które, jak wiadomo z hydromechaniki są ze sobą związane i powinny być rozpatrywane łącznie.

Najtrudniejszym z tych zadań jest określenie przepływu obliczeniowego, gdyż wymaga oceny wielkości zapotrzebowania gazu dla przyszłych odbiorców, a ponadto – przy sieciach obwodowych – obliczenia rozdziału tego przepływu na poszczególne pierścienie. Jest rzeczą oczywistą, że zużycie gazu przez odbiorców zależy od wielu lokalnych warunków, jak gęstość zabudowy, wyposażenie budynków (mieszkań), zwyczaje mieszkańców, wysokość kosztów paliwa itp.

Studia przeprowadzone dla Warszawy wykazały, że należy liczyć się z maksymalnym godzinowym zapotrzebowaniem gazu ziemnego o wartości opałowej 35 MJ/m³ w wysokości 25 m³/h na 1000 mieszkańców mieszkających w blokach zaopatrywanych w ciepłą wodę użytkową przez sieć ciepłowniczą i w wysokości 40 m³/h na 1000 mieszkańców nie korzystających z centralnej dostawy ciepłej wody.

Do obliczonej wartości zapotrzebowania gazu przez mieszkańców należy dodać zużycie gazu przez szpitale, restauracje, pralnie, łaźnie itp. Zapotrzebowanie na te cele (ogólnokomunalne) przyjmuje się w wysokości 15–25% podstawowego zapotrzebowania gazu. Należy również uwzględnić zapotrzebowanie przemysłu, sumując zgłoszone i akceptowane zapotrzebowanie zakładów.

4.11.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

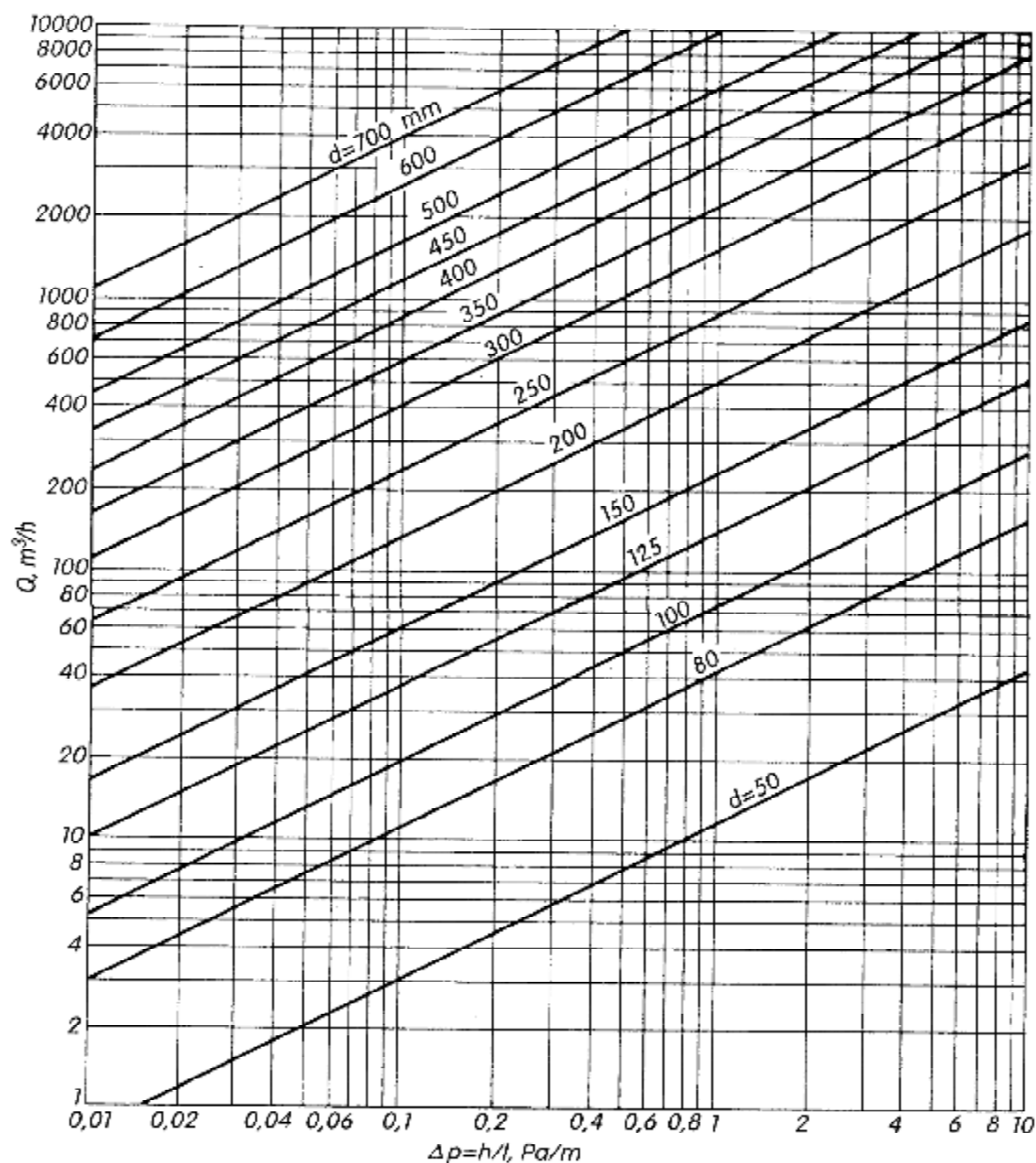
1. Jakie czynniki mają wpływ na rozwiązania techniczne budowanych gazociągów?
2. Jakie są podstawowe parametry eksploatacyjne sieci gazowych?

4.12. Średnice przewodów i spadki ciśnienia w sieciach gazowych

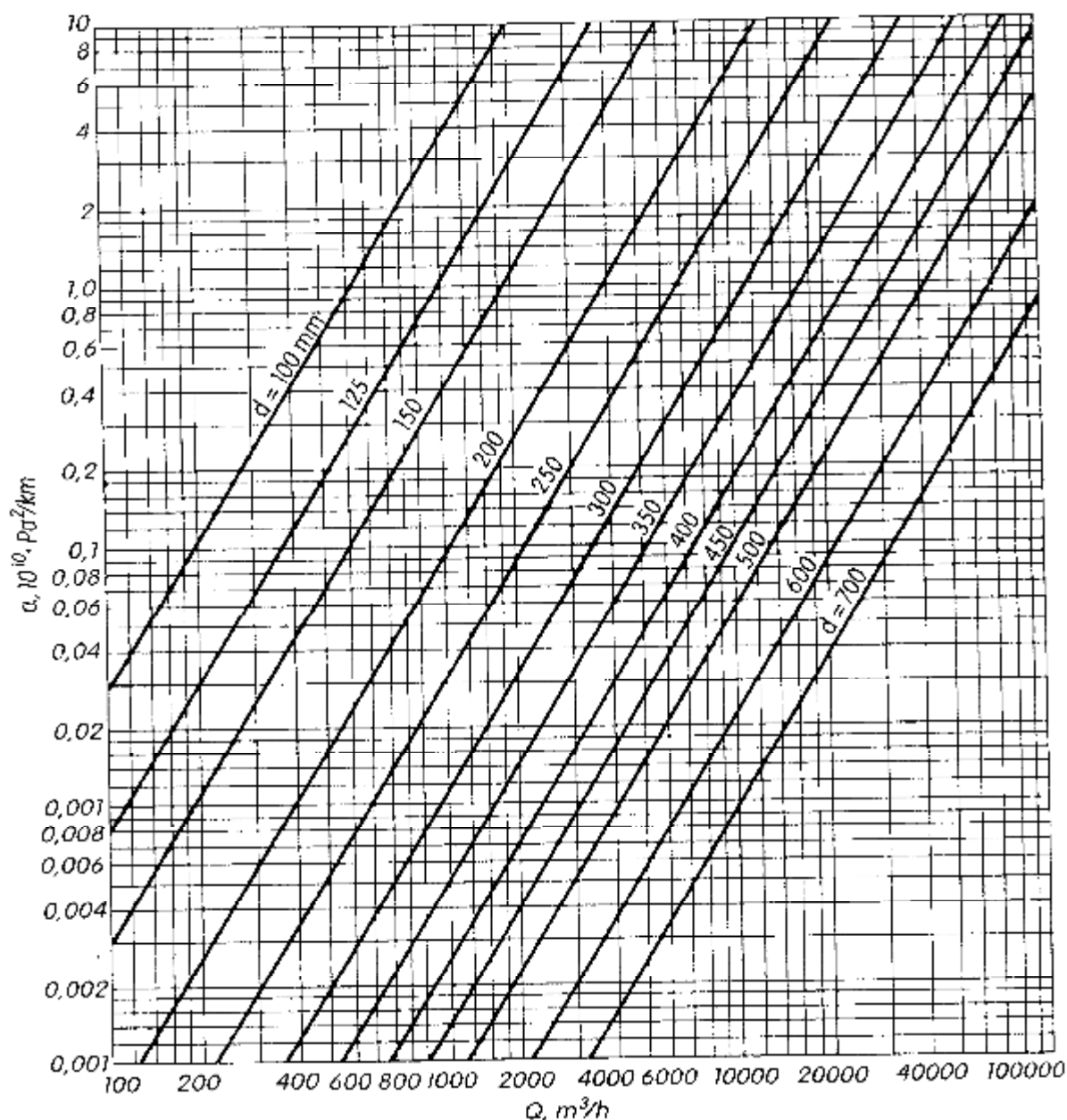
4.12.1. Materiał nauczania

Po określeniu maksymalnego przepływu w gazociągu można przystąpić do obliczania średnicy i spadku ciśnienia, korzystając z nomogramów. Nomogram dla gazociągu niskiego ciśnienia gazu ziemnego o gęstości $0,80 \text{ kg/m}^3$ przedstawiono na rys. 13.

Dla gazociągów średniego i wysokiego ciśnienia trzeba uwzględnić zmiany objętości gazu, a więc i jego faktycznej gęstości w miarę spadku ciśnienia. Prowadzi to do bardziej skomplikowanych wzorów, których odbiciem w nomogramie (rys. 14) jest wprowadzenie współczynnika α , wyrażającego się mianem $(0,1 \text{ MPa})^2/\text{km}$, czyli $0,01(\text{MPa})^2/\text{km}$ lub 10^{10} Pa/km trasy.



Rys. 13. Nomogram do obliczeń przewodów gazowych niskiego ciśnienia dla gazu o gęstości w warunkach normalnych $0,80 \text{ kg/m}^3$. Odczyt Δp podano w Pa/m [6, s.65]



Rys. 14. Nomogram do obliczeń przewodów gazowych średniego i wysokiego ciśnienia dla gazu o gęstości w warunkach normalnych $0,80 \text{ kg/m}^3$ [6, s.66]

Wzór na obliczanie spadku ciśnienia w tym wypadku ma postać:

$$\frac{p_p^2 - p_k^2}{L} = a \cdot 0,01 [(\text{MPa})^2 / \text{km}] \quad (46)$$

p_p – ciśnienie bezwzględne na początku odcinka, w MPa,

p_k – ciśnienie bezwzględne na końcu odcinka, w MPa,

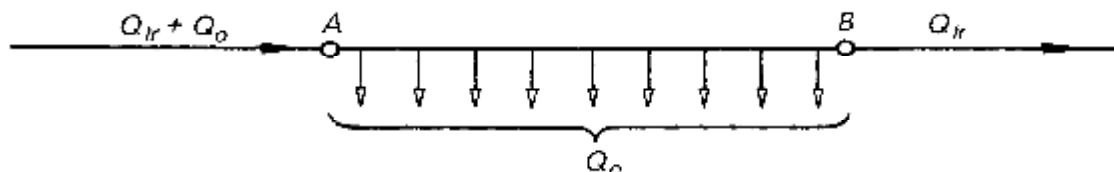
l – długość odcinka, w km.

Gaz ziemny jest lżejszy od powietrza, dlatego nadciśnienia gazu w wyżej położonych punktach będą większe, a w niżej położonych – mniejsze. W gazociągach średniego i wysokiego ciśnienia wpływu różnic terenu na ogół nie uwzględnia się, natomiast należy go uwzględnić przy obliczaniu gazociągów.

Jednocześnie trzeba zauważyć, że wobec małej ilości uzbrojenia w gazociągach tranzytowych pomija się wpływ oporów miejscowych. W sieciach rozdzielczych uwzględnia się go jako 5–10 procentowy dodatek do oporów na długości.

Obliczenie gazociągu komplikuje się, jeżeli wzdłuż jego trasy następuje rozbiór gazu, co jest zjawiskiem powszechnym w miejskiej sieci rozdzielczej. Zakładając równomierny wypływ cieczy wzdłuż drogi rurociągu (rys. 15) można przyjąć (zgodnie z zasadami hydromechaniki), że strata ciśnienia w takim przewodzie jest identyczna ze stratą ciśnienia powstałą podczas przepływu zastępczego, równego przepływowi tranzytowemu Q_{tr} zwiększonemu o 0,55 wartości sumarycznego wydatku po drodze Q_o , czyli:

$$Q_{zast} = Q_{tr} + 0,55 \cdot Q_o \quad (47)$$



Rys. 15. Schemat równomiernego wydatku gazu wzdłuż odcinka gazociągu [6, s.69]

Dla przewodów sieci gazowej, w której wydatek po drodze nie jest równomierny, lecz zależy od liczby odgałęzień, niektórzy autorzy proponują dokładniejsze wzory, inni jednak uważają, że odchylenia od podanego wyżej wzoru teoretycznego nie mają w praktyce większego znaczenia.

Istotnym problemem wymagającym standaryzacji jest dobór średnic przyłączy, w zależności od ich długości i liczby odbiorców komunalnych z nich zasilanych, a więc maksymalnego chwilowego zużycia gazu. W przypadku sieci rozdzielczych średniego ciśnienia, gdy długości przyłączy nie przekraczają 20 m, można przyjąć średnicę 20 mm, jeżeli zasilać one będą:

- do 3 odbiorców w budynkach jednorodzinnych i zagrodowych (zużycie gazu na cele komunalne i indywidualne ogrzewanie pomieszczeń),
- 3 małe grupy odbiorców w budynkach wielorodzinnych do 10 odbiorców w grupie, zużywających gaz tylko do celów komunalnych,
- do 3 przyłączy w budynku wielorodzinnym, przy liczbie odbiorców nie przekraczającej 30, lub sumarycznej zasilanej z jednego przyłącza, zużywających gaz tylko do celów komunalnych bez przygotowania ciepłej wody użytkowej.

W przypadku przyłączy gazowych wykonywanych do indywidualnych odbiorców gazu w obiektach budowlanych, bez względu na długość tych przyłączy, natężenie przepływu gazu wymagane przez odbiorców z nich zasilanych, średnice nominalne nie powinny być mniejsze niż:

- dla sieci rozdzielczych średniego ciśnienia – 15 mm,
- dla sieci rozdzielczych niskiego ciśnienia – 32 mm.

W przypadku odcinków sieci rozdzielczych gazu istotny ze względów eksploatacyjnych, projektowych i technologicznych jest dobór minimalnych i maksymalnych średnic gazociągów. Kryteria eksploatacyjne i technologiczne budowy sieci rozdzielczych pozwalają przyjąć średnice nominalne gazociągów, minimalne i maksymalne równe odpowiednio:

- gazociągi niskiego ciśnienia:

średnica minimalna	–	$d \geq 80 \text{ mm}$,
średnica maksymalna	–	$d \leq 500 \text{ mm}$,
- gazociągi średniego ciśnienia:

średnica minimalna	–	$d \geq 32 \text{ mm}$,
średnica maksymalna	–	$d \leq 300 \text{ mm}$.

- gazociągi podwyższonego średniego ciśnienia.

W przypadku sieci rozprawdzających gazy palne ze względów technologicznych i bezpieczeństwa odbiorców średnica nominalna gazociągu nie powinna być większa niż 500 mm. Budowa gazociągów rozdzielczych oraz rozprawdzających wymaga uwzględnienia szeregu bardzo złożonych kryteriów, decydujących o wyborze wariantu przewidzianego do budowy. Problem maksymalnych średnic gazociągów sieci rozdzielczych występuje bardzo często w dużych aglomeracjach miejskich, przy adaptacji istniejących sieci gazowych do nowych, najczęściej większych poborów gazu niż te, na które sieć gazowa była projektowana. Zbyt duże średnice gazociągów sieci rozprawdzających znacznie pogarszają niezawodność jej funkcjonowania, przez dostarczanie gazu do zbyt dużej liczby odbiorców i najczęściej przy braku możliwości dwustronnego zasilania. Problemy tego rodzaju występują w przypadku sieci gazowych projektowanych przed wielu laty.

4.12.2. Pytania sprawdzające

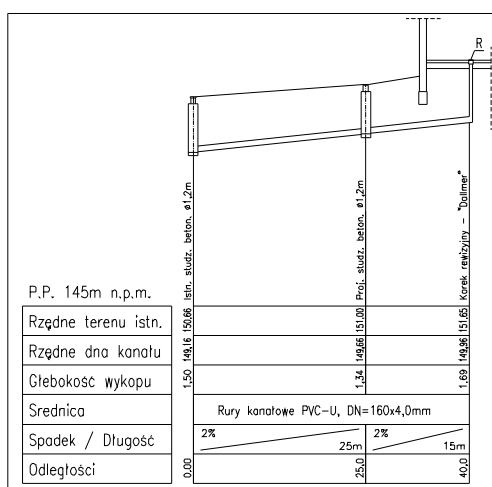
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do czego służą nomogramy podczas projektowania sieci gazowych?
2. Jakie czynniki mają wpływ na spadek ciśnienia w gazowych sieciach średniego i wysokiego ciśnienia?
3. Jakie parametry uwzględnia się przy projektowaniu sieci gazowych?
4. Jakie powinny być nominalne średnice przyłączy gazowych w przypadku indywidualnych odbiorców gazu?
5. Jakie są kryteria eksploatacyjne i technologiczne dotyczące określania średnic nominalnych gazowych sieci rozdzielczych niskiego ciśnienia?

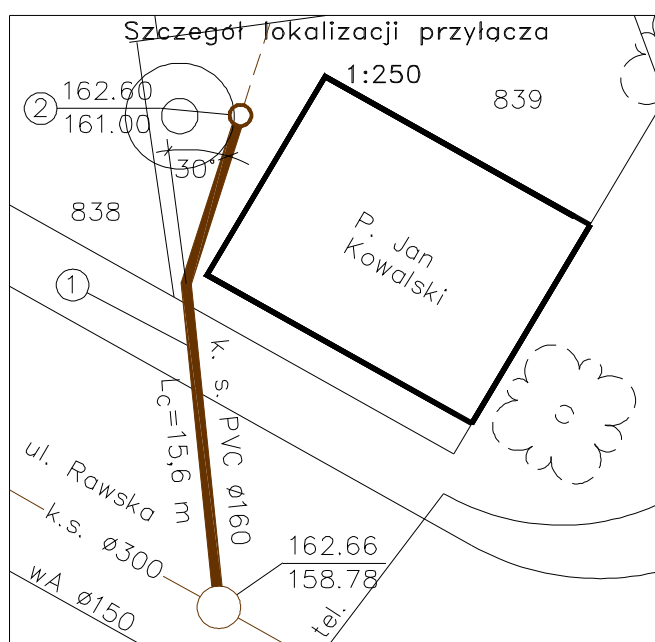
ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Uczestnikami procesu budowlanego, w myśl ustawy Prawo Budowlane jest
 - a) inwestor.
 - b) jednostka projektowania.
 - c) wykonawca.
 - d) Wydział Architektury.
2. Skrót KNR oznacza
 - a) Katalog Norm Rzeczowych.
 - b) Katalog Naliczania Rzeczowego.
 - c) Katalog Nakładów Rzeczowych.
 - d) Katalog Normowych Rozliczeń.
3. Przedmiar robót wykonuje się
 - a) po zakończeniu robót, z natury.
 - b) w czasie trwania robót, z natury.
 - c) przed przystąpieniem do robót, z natury.
 - d) przed przystąpieniem do robót, na podstawie dokumentacji projektowej.
4. W obmiarze robót należy
 - a) wyszczególnić materiały, podać zakres robót oraz ilość robót.
 - b) opisać zakres prac, obliczyć ilość robót i wyszczególnić sprzęt.
 - c) wyszczególnić ilość robót, obliczyć ilość robót, podać jednostki miary.
 - d) wyszczególnić czynności technologiczne robót, podać ilość robót i jednostki miary.
5. Średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę, przy założeniu że zapotrzebowanie roczne wynosi $10\,950\,000\text{ m}^3/\text{r}$ jest równe
 - a) $30\,000\text{ m}^3/\text{d}$.
 - b) $300\,000\text{ m}^3/\text{d}$.
 - c) $29\,918\text{ m}^3/\text{d}$.
 - d) $299\,180\text{ m}^3/\text{d}$.
6. Do obowiązków projektanta należy m.in.
 - a) uzyskanie wymaganych opinii, uzgodnień i sprawdzeń rozwiązań projektowych.
 - b) zapewnienie wykonania robót budowlanych przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.
 - c) przygotowanie dokumentacji budowy i dokumentacji powykonawczej.
 - d) zakup niezbędnych materiałów do realizacji inwestycji.
7. Roboty budowlane można rozpocząć na podstawie
 - a) decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.
 - b) zatwierdzonego projektu budowlanego.
 - c) ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę.
 - d) uzyskania środków finansowych.
8. Projekt budowlany powinien zawierać
 - a) warunki i założenia techniczno-ekonomiczne.
 - b) kosztorys.

- c) umowy właściwych jednostek o dostawie energii, wody, ciepła i gazu, odbioru ścieków.
- d) projekt zagospodarowania działki lub terenu, projekt architektoniczno-budowlany, oświadczenia właściwych jednostek o zapewnieniu dostaw energii, wody, ciepła i gazu, odbioru ścieków i techniczne warunki ich przyłączenia.
9. Obliczenia hydrauliczne sieci wodociągowej polegają na
- określaniu średnic przewodów i strat ciśnienia przy zadanych natężeniach przepływu.
 - ustaleniu punktów zasilania sieci w wodę oraz ilości dostarczanej wody.
 - ustaleniu rozbiorów odcinkowych i węzłowych.
 - ustaleniu kierunków przepływu wody.
10. Minimalny spadek sieci ciepłowniczej powinien wynosić
- 3 ‰.
 - 3 ‰.
 - 4 ‰.
 - 4 ‰.
11. Maksymalna temperatura nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej wysokotemperaturowej wynosi
- 100 °C.
 - 110 °C.
 - 120 °C.
 - 130 °C.
12. Dokumentacja techniczna sieci ciepłowniczej powinna zawierać:
- opis techniczny sieci ciepłowniczej.
 - rysunki sieci ciepłowniczej.
 - opis, rysunki, kosztorys, uzgodnioną dokumentację.
 - kosztorys.
13. Całkowita długość kanału pokazanego na profilu poniżej wynosi
- 25 m.
 - 15 m.
 - 40 m.
 - 10 m.

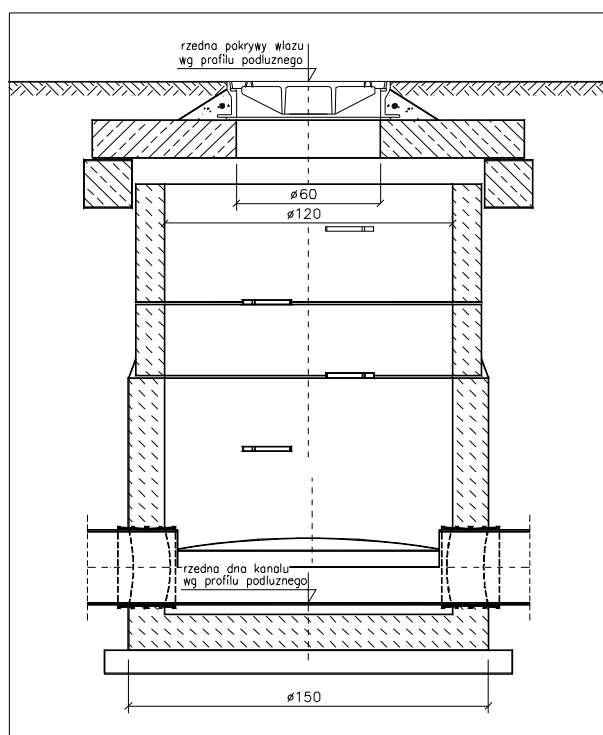


14. Maksymalna prędkość przepływu ścieków w kanałach ściekowych z rur betonowych i ceramicznych nie powinna przekraczać
- 1,0 m/s.
 - 3,0 m/s.
 - 4,0 m/s.
 - 5,0 m/s.
15. Jeżeli czas pracy wynosi 5 godz. 30 min, a koszt roboczogodziny 10 zł. To całkowity koszt robocizny wynosi
- 50 zł.
 - 53 zł.
 - 55 zł.
 - 58 zł.
16. Rzędna dna studzienki kanalizacyjnej w ul. Rawskiej na podstawie rysunku wynosi
- 162,66 m n.p.m.
 - 162,60 m n.p.m.
 - 158,78 m n.p.m.
 - 161,00 m n.p.m.



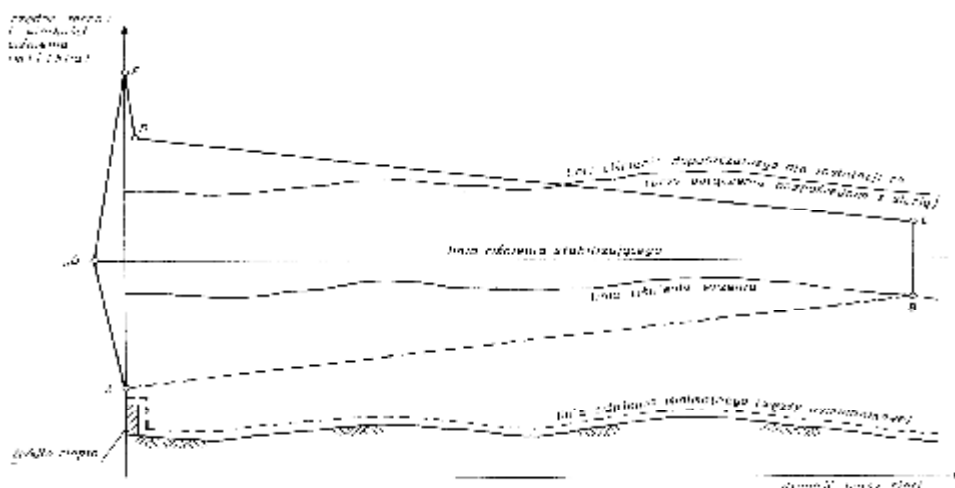
17. Na rysunku z zadania 16 przedstawiono
- fragment sieci kanalizacyjnej.
 - przyłącze kanalizacyjne.
 - fragment sieci deszczowej.
 - przyłącze kanalizacji deszczowej.

18. Na rysunku przedstawiono



- a) studnię.
- b) studzienkę wodomierzową.
- c) studzienkę kanalizacyjną.
- d) studnię z filtrami poziomymi.

19. Poniższy rysunek przedstawia wykres



- a) ciśnienia dyspozycyjnego w sieci wodociągowej.
- b) rozkładu ciśnień w sieci gazowej.
- c) rozkładu ciśnień w sieci ciepłowniczej.
- d) rozkładu ciśnień w sieci kanalizacji ciśnieniowej.

20. Zakładając, że wykonanie 1 mb przyłącza kanalizacji sanitarnej wynosi 400 zł, natomiast studzienki 2000 zł, całkowity koszt przyłącza pokazanego na planie sytuacyjnym wyniesie
- a) 8 000 zł.
 - b) 8 240 zł.
 - c) 10 240 zł.
 - d) 6 240 zł.
21. Zgodnie z obmiarem robót do wykonania szalunku wykopu o wysokości 0,7 m i długości 3 m w deskowaniu należy przygotować deski grubości 25mm. Do wykonania szalunku należy przygotować m³ desek.
- a) 0,0525.
 - b) 0,525.
 - c) 5,25.
 - d) 52,5.

6. LITERATURA

1. Bąkowski K.: Sieci i instalacje gazowe. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007
2. Gabryszewski T.: Wodociągi. PWN, Warszawa-Wrocław 1973
3. Heidrich Z.: Wodociągi i kanalizacja. Część I. Wodociągi. WSiP, Warszawa 1999
4. Heidrich Z.: Wodociągi i kanalizacja. Część II. Kanalizacja. WSiP, Warszawa 1999
5. Zajda R. (red.): Instalacje i urządzenia gazowe Centrum Szkolenia Gazownictwa PGNiG S.A., Warszawa 1999
6. Karpiński M.: Instalacje gazu. WSiP, Warszawa 2000
7. Koczyk H. (red.): Ogrzewanie praktyczne: projektowanie, montaż i eksploatacja. Systherm Serwis, Poznań 2005
8. Krygier K.: Ogrzewnictwo Wentylacja Klimatyzacja. Podręcznik dla technikum. Wydanie V. WSiP, Warszawa 2000
9. Krygier K.: Sieci ciepłownicze. Materiały pomocnicze do ćwiczeń i projektowania. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
10. Kwietniewski M., Olszewski W., Osuch – Pajdzińska E.: Projektowanie elementów systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002
11. Popek M., Wapińska B.: Rysunek zawodowy. Instalacje sanitarne. WSiP, Warszawa 2003
12. Praca zbiorowa: Wodociągi i kanalizacja. Poradnik. Arkady, Warszawa 1991
13. Praca zbiorowa: Wodociągi i kanalizacja. VERLAG DASHÖFER, Warszawa 2002–2005
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe (Dz. U. nr 97/2001, poz. 1055)
15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 75 poz. 690 z dnia 15 czerwca 2002 r. z późniejszymi zmianami)
16. Szpindor A.: Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady. Warszawa 1998
17. Tauszyński K.: Wstęp do projektowania architektonicznego. Seria Dokumentacja, cz. 3. WSiP, Warszawa 2003
18. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo Energetyczne (Dz. U. nr 54/97 poz. 348) z późniejszymi zmianami
19. Wydawnictwa Normalizacyjne
20. Zajda R.: Projektowanie sieci gazowych. Schematy obliczeniowe gazociągów. Centrum Szkolenia Gazownictwa, Warszawa 20013
21. Wytyczne programowanie zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych
22. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 14 stycznia 2002 r. w sprawie przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. nr 8 z 2002 r)