

Przygotowanie projektu sieci ciepłowniczej preizolowanej w osłonie PE-HD układanej bezpośrednio w gruncie. Część III

Preparation of construction of preinsulated district heating networks in PE-HD casing laid directly in the ground. Part III

EWA KRĘCIELEWSKA, ARTUR STAROBRAT, IRENEUSZ IWKO

DOI 10.36119/15.2025.9.1

Wysoką jakość inwestycji związanej z budową i późniejszą eksploatacją rurociągów ciepłowniczych zapewnia wykonanie jej na podstawie właściwie opracowanej dokumentacji projektowej, która:

- powinna zawierać wszystkie informacje wymagane do prawidłowego wykonania robót,
- będzie wystarczająco szczegółowa, aby zapewnić możliwość realizacji zamierzenia budowlanego zgodnie z założoną i oczekiwaną jakością.

Po zakończeniu inwestycji powinna być wykonana szczegółowa dokumentacja powykonawcza. W artykule opisano konieczne do wykonania prace i ich zakres umożliwiające wykonanie poprawnej dokumentacji projektowej sieci ciepłowniczej preizolowanej.

Słowa kluczowe: sieci ciepłownicze preizolowane, dokumentacja projektowa

A high quality of the investment related to the construction and subsequent operation of district heating pipelines is ensured by performing it on the basis of properly developed project documentation, which:

- should contain all the information required for proper execution of the works,
- be sufficiently detailed to ensure that the construction project can be carried out in accordance with the assumed and expected quality.

After the investment is completed, detailed post-construction documentation should be prepared. The article describes the necessary work and its scope, enabling the preparation of correct design documentation for a pre-insulated heating network.

Keywords: preinsulated district heating networks, design documentation

Mieszkowe kompensatory osiowe

Dokumentacja sieci ciepłowniczej powinna zawierać:

- w przypadku stosowania mieszkowych kompensatorów osiowych, ich rozstaw z podaniem typu, zdolności kompensacyjnej oraz obliczonych wydłużeń dla przyjętych parametrów pracy,
- w przypadku stosowania kompensatorów jednorazowych ich rozstaw, wartość naciągu wstępnego oraz wyliczoną temperaturę zamknięcia/ zaspawania,
- w przypadku występowania rzeczywistych punktów stałych – siły działające na punkty stałe.

Mieszkowe kompensatory osiowe montowane są na długich, prostych odcinkach s.c. jako preizolowane oraz niepreizolowane – montowane w komorach ciepłowniczych.

W odległości poniżej 12 m od kompensatora nie dopuszcza się wykonywania zmian kierunku trasy sieci z ukosowaniem na połączeniach spawanych włącznie.

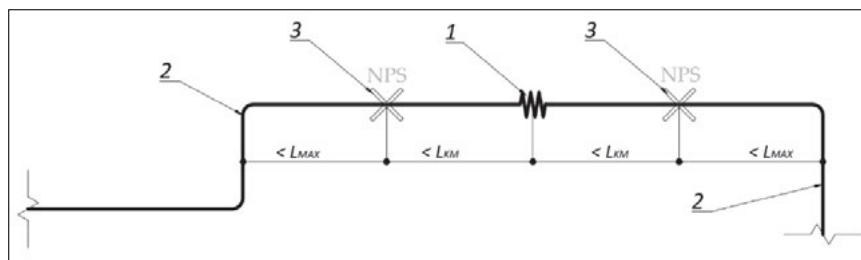
Kompensatory preizolowane

Z uwagi na wymaganą osiowość pracy kompensatory mieszkowe sprawdzają się na długich prostych odcinkach sieci

przesyłowych, niewymagających dodatkowych kompensacji naturalnych.

Odcinki z kompensatorami osiowymi preizolowanymi należy kończyć elementami kompensacji naturalnej (rys. 27).

Ramiona kompensacji naturalnych powinny być dobrane zgodnie z ogólnymi zasadami oraz obciążone poduszkami kompensacyjnymi.



Rysunek 27.

Kompensatory preizolowane połączone z kompensacjami naturalnymi: (1) kompensator osiowy preizolowany, (2) kompensacje naturalne na początku i końcu odcinka, (3) naturalne punkty stałe

mgr inż. Ewa Kręcielewska – Veolia Energia Warszawa S.A. ewa.kręcielewska@veolia.com,

mgr inż. Artur Starobrat – LPEC Lublin arturstary@gmail.com, mgr inż. Ireneusz Iwko – Logstor Polska

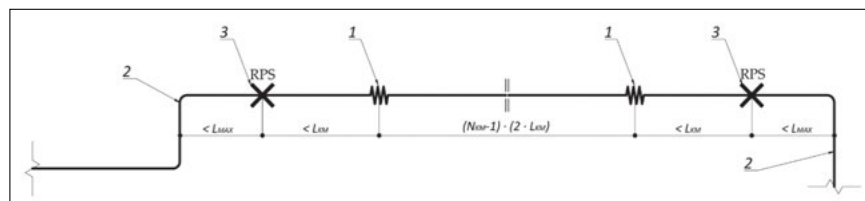
Najczęściej stosowane są kompensatory preizolowane o zdolności kompensacyjnej $\Delta L=125$ mm.

Należy pamiętać, że długość montażowa kompensatora preizolowanego L_{KM} nie jest równa długości montażowej L_{MAX} dla kompensacji naturalnej.

Ponadto wskazane jest, aby kompensatory o większej zdolności kompensacyjnej stosowane były w komorach.

W przypadku bardzo długich odcinków oraz długich odcinków układanych ze znacznym spadkiem mogą pojawić się zmienności pracy kompensatorów i przenoszenie obciążeń na kompensacje naturalne odcinków przylegających. Projektant powinien przeanalizować mogące pojawić się zagrożenia i zastosować rzeczywiste punkty stałe (rys. 28).

Zdecydowanie należy unikać rozwią-



Rysunek 28.

Kompensatory preizolowane połączone z kompensacjami naturalnymi z zastosowaniem rzeczywistych punktów stałych: (1) kompensatory osiowe preizolowane, (2) kompensacje naturalne na początku i końcu odcinka, (3) rzeczywiste punkty stałe

zań z zastosowaniem rzeczywistych punktów stałych zastępując je układami kompensacji naturalnej przeplatając je między ciągi kompensatorów preizolowanych.

Odgązlenia wykonywane od sieci ciepłej z kompensatorami preizolowanymi należy lokalizować w pobliżu naturalnych lub rzeczywistych punktów stałych.

Nie dopuszcza się lokalizowania odgażlenia w odległości mniejszej niż 12 m od spoiny łączącej element preizolowanego kompensatora z rurą prostą.

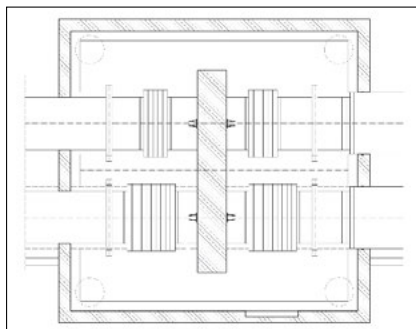
W projekcie należy opisać szczegóły wykonania odgażlenia.

Kompensatory w komorach

Lokalizacja kompensatorów mieszko- wych w komorze pozwala na zastosowanie kompensatorów o większych zdolnościach kompensacyjnych oraz lokalizowanie w obrębie jednego punktu stałego pary takich kompensatorów – przykład na rys. 29.

Kompensatory jednorazowe

W odróżnieniu od kompensatorów osiowych mieszko- wych – stosowanych jako preizolowane bądź w komorach i przejmujących wydłużenia rury przewodowej przez cały okres przydatności do użytkowania, kompensatory jednorazowe przejmują tylko część wydłużeń początko-



Rysunek 29.

Przykład komory kompensatorów osiowych

wych rurociągu, a następnie po osiągnięciu projektowanego ścisnienia zostają zaspawane i od tego momentu pracują jak sztywny odcinek rury przewodowej.

Projektując stosowanie kompensatorów jednorazowych, w projekcie należy zamieścić informacje dotyczące:

- temperatury zamknięcia,
- odległości kompensatora jednorazowego od naturalnego punktu stałego,
- rozstawu kompensatorów,
- odległości kompensatora jednorazowego od ramienia kompensacji naturalnej,
- naprężeń osiowych w rurociągu podczas zamknięcia – zaspawania kompensatorów,
- ustawienia kompensatorów.

W przypadku wykonywania odgażlenia przy zastosowaniu trójników prefabrykowanych wymagane jest stosowanie specjalistycznych rozwiązań, które powinny zostać szczegółowo opisane w Projekcie Budowlanym.

Przy czym:

- należy unikać rozcinania sieci ciepłej wykonanej z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych,

- wskazane jest ograniczenie sposobu wykonywania odgażnień do „wciniek na gorąco” i „wciniek na zimno”.

Rzeczywiste punkty stałe

Przy projektowaniu rurociągów preizolowanych, z uwagi na ich wielkość i trudność w ich lokalizacji w uzbrojonym terenie należy zdecydowanie unikać stosowania rzeczywistych punktów stałych.

W przypadku występowania rzeczywistych podpór stałych należy:

- określić kierunek i wielkość siły osiowej pochodzącej od rur preizolowanych (siła tarcia i siła od ciśnienia wewnętrznego dla rurociągu zasilającego i powrotnego) zarówno w stanie gorącym, jak i zimnym,
- określić kierunek i wielkość sił pochodzących od rurociągów tradycyjnych, jeśli występują,
- określić konstrukcję nowoprojektowanej podpory stałej,
- przeprowadzić ocenę możliwości przeniesienia obliczonych sił przez podporę istniejącą.

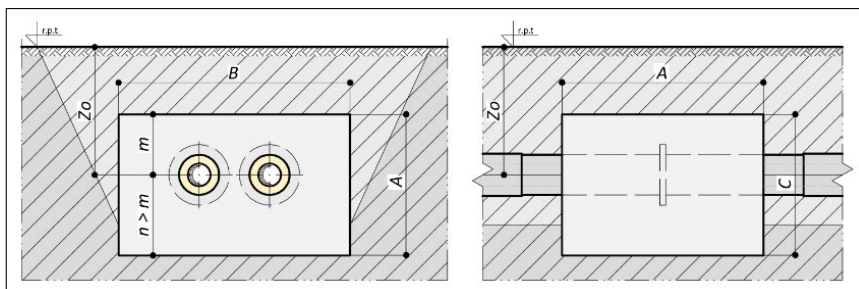
W przypadku stosowania bloków betonowych dla preizolowanych podpór stałych należy określić rozwiązania konstrukcyjne: klasę betonu, liczbę i grubość prętów zbrojeniowych, rozwiązania kolizji z innym sąsiadującym uzbrojeniem podziemnym, zabezpieczenie przeciwwilgociowe (według obowiązujących przepisów, w zależności od stopnia agresywności i rodzaju gruntu).

Przy czym należy pamiętać, że:

- beton powinien być właściwie związany, zanim blok betonowy zostanie poddany działaniu sił,
- armatura odcinająca, podczas jej zamknięcia, może istotnie wpłynąć na rozkład sił działających na punkt stały,
- wskazane jest aby większy fragment punktu stałego znajdował się poniżej osi rurociągu (rysunek 30).

System nadzoru

Dokumentacja projektowa powinna zawierać informacje na temat:



Rysunek 30.

Przykładowy rzeczywisty punkt stały na sieci preizolowanej

- typu zastosowanego systemu wykrywania i lokalizacji awarii (*rezystancyjny lub impulsowy*),
- rodzaju systemu (*kontrolowany ręcznie okresowo, kontrolowany ciągle*),
- sposobu kontroli instalacji i przewodów podczas odbioru rur i montażu,
- dopuszczalnych wartości oporności izolacji podczas kontroli dostaw oraz podczas łączenia przewodów w trakcie montażu,
- schematu systemu nadzoru zawierającego:
 - przebieg i położenie przewodów alarmowych,
 - lokalizację punktów pomiarowych dla systemu kontrolowanego ręcznie,
 - lokalizację urządzeń stacjonarnych dla systemów kontrolowanych i monitorowanych,
 - w systemie rezystancyjnym – schemat pętli z określeniem odległości poszczególnych punktów charakterystycznych od punktu pomiarowego i udziału % tych odległości w stosunku do długości całkowitej pętli pomiarowej,
 - w systemie impulsowym – schemat pętli z odległościami punktów charakterystycznych od punktu pomiarowego,
 - lokalizację wraz z opisem puszek, kabli, łączników oraz innych elementów typowych dla danego rodzaju systemu nadzoru,
- zestawienie materiałów niezbędnych do wykonania systemu alarmowego. Dodatkowo dokumentacja projektowa powinna zawierać informacje dotyczące:
 - organizacji nadzoru nad pętlami pomiarowymi,
 - stosowanego rodzaju urządzeń służących do wykrywania uszkodzenia,
 - rodzaju urządzeń służących do lokalizacji uszkodzeń,
 - sposobu i częstotliwości przeprowadzania pomiarów kontrolnych,
 - zgodności z wymaganiami zamawiającego.

Zastosowanie aparatury pomiarowej

Podczas projektowania aparatury pomiarowej należy stosować wymagania ogólne wg PN-B-10405.

W dokumentacji projektowej należy wskazać, w sposób opisowy i graficzny, miejsca lokalizacji termometrów i manometrów zgodnie z wymaganiami gestora sieci ciepłowniczej.

Miejsca pomiaru temperatury i ciśnienia należy uzgodnić z gestorem.

Termometry

Zaleca się, aby pomiary temperatury prowadzić:

- na głównych przewodach zasilających i powrotnych,
- na odgałęzieniach DN ≥ 200 ,
- na przyłączach do zakładów przemysłowych, w przypadku wykonywania odgałęzień w komorach,
- na przyłączach do budynków prywatnych DN > 100 , w przypadku wykonywania odgałęzień w komorach.

Tuleje termometryczne należy montować w wydzielonych studzienkach lub w komorach wspólnych z armaturą.

Nie należy wykonywać przzerwania ciągłości rurociągów preizolowanych wyłącznie pod potrzeby montażu termometrów.

Wskazane jest, aby tuleje termometrów na rurociągach DN > 150 wykonywać wg typowej dokumentacji CEWOK, Katalogu elementów sieci ciepłych (KESC) lub Katalogu elementów rurociągów (KER).

Ponadto nie zaleca się lokalizowania termometrów w studzienkach.

Manometry

Zaleca się, aby pomiaru ciśnienia dokonywać:

- na przewodach zasilających i powrotnych sieci ciepłowniczych o większych średnicach (DN ≥ 400) w odstępach, co ≈ 1 km,
- z każdej strony armatury odcinającej,
- na odgałęzieniach zasilających i powrotnych DN ≥ 150 za armaturą odcinającą po stronie odbiorów.

Rurki manometryczne i manometry należy montować w komorach wspólnie z armaturą (*miejsce montażu powinno zapewniać szczelność układu sieci preizolowanej*).

Zaleca się stosowanie pod manometrem kurka manometrycznego trójdrogowego.

Nie należy wykonywać przzerwania ciągłości rurociągów preizolowanych wyłącznie pod potrzeby montażu manometrów.

Wskazane jest, aby rurki manometryczne na rurociągach wykonywać wg typowej dokumentacji CEWOK, Katalogu elementów sieci ciepłych (KESC) lub Katalogu elementów rurociągów (KER).

Nie zaleca się lokalizowania manometrów w studzienkach.

Przejścia rurociągu preizolowanego przez przegrody budowlane

Dokumentacja projektowa w zakresie przejścia rurociągów preizolowanych przez przegrody budowlane powinna określać:

- wielkość przemieszczeń osiowych rurociągu preizolowanego w przegrodzie budowlanej,

- wielkość przemieszczeń poprzecznych rurociągu preizolowanego w przegrodzie budowlanej,
- orientacyjny poziom wody gruntowej w miejscu przekraczania przegrody budowlanej,
- sposób wykonania uszczelnienia otworów montażowych.

Podejście rurociągów preizolowanych do przejścia przez przegrodę budowlaną powinno być zaprojektowane tak, aby w miejscu przejścia nie występowały przemieszczenia boczne. W przeciwnym wypadku należy zastosować rozwiązania specjalne (*np. adaptery, nisze kompensacyjne*).

W zależności od poziomu wody gruntowej należy przyjąć jedno z powyższych rozwiązań:

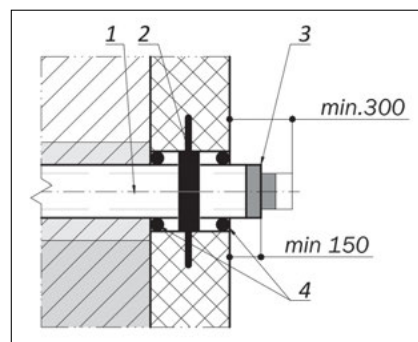
- w przypadku poziomu wody gruntowej poniżej rur – typowe przejście z zastosowaniem jednego lub dwóch pierścieni gumowych zgodnie z zaleceniami producenta/ dostawcy rur preizolowanych,
- w przypadku poziomu wody gruntowej powyżej rur – przejście szczelne typu dławicowego, przejście z zastosowaniem bezciśnieniowych pierścieni czy manszet.

W przypadku budynków należy zapewnić gazoszczelność przejść przez zastosowanie uszczelnień zewnętrznych (*np. WGC*) lub montowanych w ścianie (*np. KG*).

Przykładowe rozwiązania przedstawiają rysunki: 31, 32, 33 i 34.

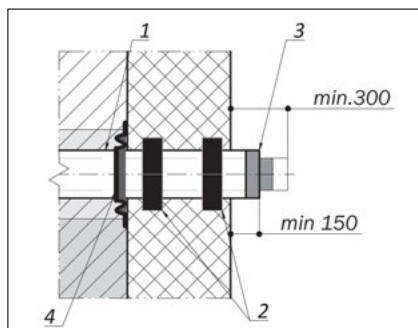
Wskazane jest, aby w przypadku występowania wody gruntowej użyć dodatkowego uszczelnienia zewnętrznego w postaci elementów doszczelniających zewnętrznych – rysunek 35 (*np. typ WGC*).

Przy uszczelnianiu studni betonowych wskazane jest użycie uszczelnień zewnętrznych zawalcowanych – rysunek 36 (*np. WGC zawalcowane*).

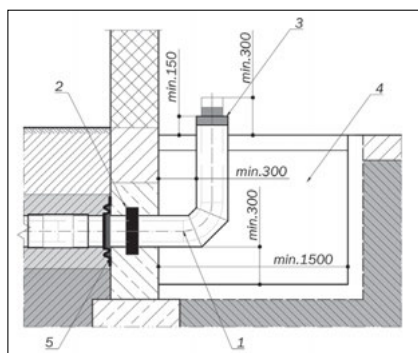


Rysunek 31.

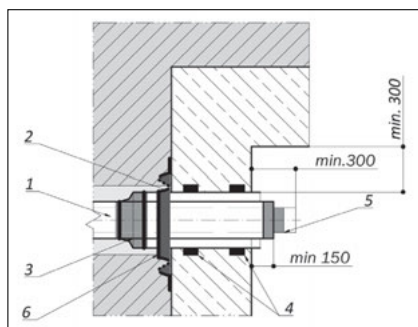
Przejście przez ścianę z pierścieniem gumowym – gazoszczelnym i taśmą pęczniącą: (1) element preizolowany, (2) pierścień gumowy – gazoszczelny, (3) końcowa uszczelka termokurczliwa, (4) taśma pęczniąca



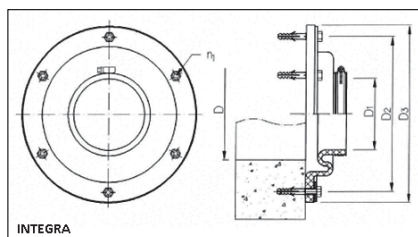
Rysunek 32.
Proste przejście przez ścianę o grubości > 24 cm: (1) element preizolowany, (2) pierścienie gumowe, (3) końcowa uszczelka termokurczliwa, (4) uszczelnienie zewnętrzne – gazoszczelne



Rysunek 33.
Przejście przez przegrody w budynku niepodpiwniczonym: (1) element preizolowany, (2) pierścien gumowy, (3) końcowa uszczelka termokurczliwa, (4) studnia wejściowa, (5) uszczelnienie zewnętrzne – gazoszczelne



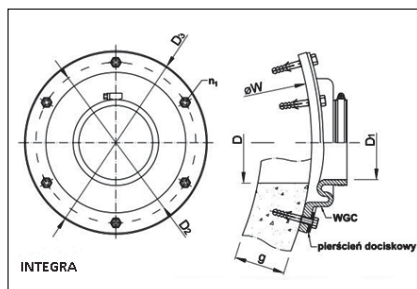
Rysunek 34.
Przejście przez ścianę w rurze ochronnej: (1) element preizolowany (2) rura ochronna, (3) manszeta, (4) pierścienie gumowe, (5) końcowa uszczelka termokurczliwa, (6) uszczelnienie zewnętrzne – gazoszczelne



Rysunek 35.
Uszczelnienie WGC montowane na ścianie

Pierścienie uszczelniające

Pierścien uszczelniający jako podstawowe uszczelnienie przejścia przez przegrody budowlane powinien być wykonany



Rysunek 36.
Uszczelnienie „WGC zawalcowane” montowane na studni

ny z materiałów o zwiększonej odporności na warunki zewnętrzne związane z miejscem jego montażu oraz zachowywać elastyczność przez minimalny wymagany okres żywotności sieci cieplnej preizolowanej.

Przy przejściach przez ściany budynków z zastosowaniem typowych pierścieni gumowych wymagane jest stosowanie dodatkowo uszczelnień zapewniających gazoszczelność, montowanych na ścianach (np. WGC).

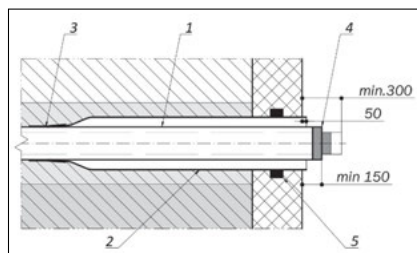
Uszczelki końcowe termokurczliwe

W miejscach, gdzie następuje zmiana technologii rurociągów sieci cieplnej (np. preizolowana sieć podziemna – sieć kanałowa, preizolowana sieć podziemna – sieć napowietrzna, preizolowana sieć podziemna – rurociągi w budynkach czy komorach) dla zapewnienia szczelnego zamknięcia izolacji poliuretanowej wymagane jest stosowanie uszczelki końcowych termokurczliwych.

Adaptory

W przypadku przekraczania przegrody budowlanej, ściany betonowej, obudowy kanałowej, w miejscu, w którym rurociąg preizolowany będzie podlegał ruchom poprzecznym, należy stosować adaptory (rys. 37).

Średnica adaptera powinna być dobrana do przewidywanej wielkości przemieszczeń bocznych rurociągu ułożonego w gruncie.



Rysunek 37.
Adapter przejścia przez ścianę: (1) element preizolowany, (2) adapter przejściowy, (3) taśma termokurczliwa, (4) końcowa uszczelka termokurczliwa

Uszczelnienie między adapterem a przegrodą budowlaną należy wykonać analogicznie do wykonania uszczelnienia rury preizolowanej w ścianie.

Przejście z wykorzystaniem adaptera można zastąpić przejściem z wykorzystaniem rury ochronnej jak na rysunku 34.

Wielkość strat ciepła na projektowanym odcinku s.c.

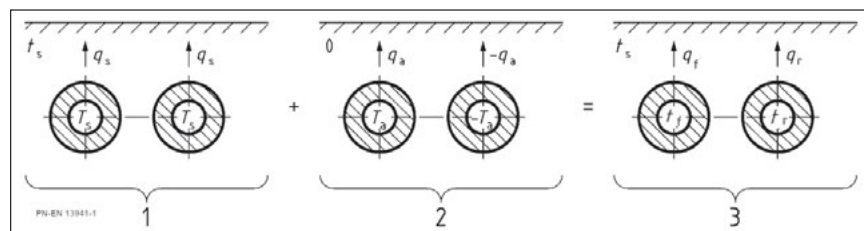
Modele obliczeniowe jednostkowych strat ciepła w rurociągach preizolowanych pojedynczych i podwójnych przedstawione zostały w PN-EN 13941-1+A1:2022-05. Zgodnie z nimi straty można wyznaczyć multipolową metodą przybliżoną zerowego rzędu. W metodzie tej, straty ciepła definiuje się jako superpozycję modeli symetrycznego i antysymetrycznego (rys. 48, rys. 49).

Opracowanie dotyczące elementów budowlanych

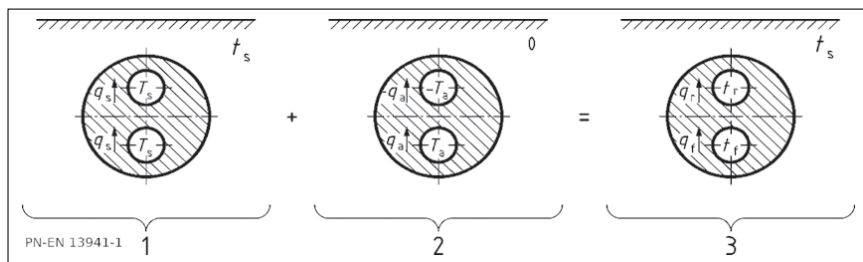
Przy projektowaniu należy stosować się do ogólnych wymagań wg PN-B-10405:1999.

Komory

- w miarę możliwości komory należy lokalizować w miejscach ogólnie dostępnych, poza terenem ulic i parkingów, a ich wykonanie powinno zabezpieczać je przed napływem oraz przenikaniem wód powierzchniowych i gruntowych,
- minimalna średnica włączów nie powinna być mniejsza niż 600 mm,



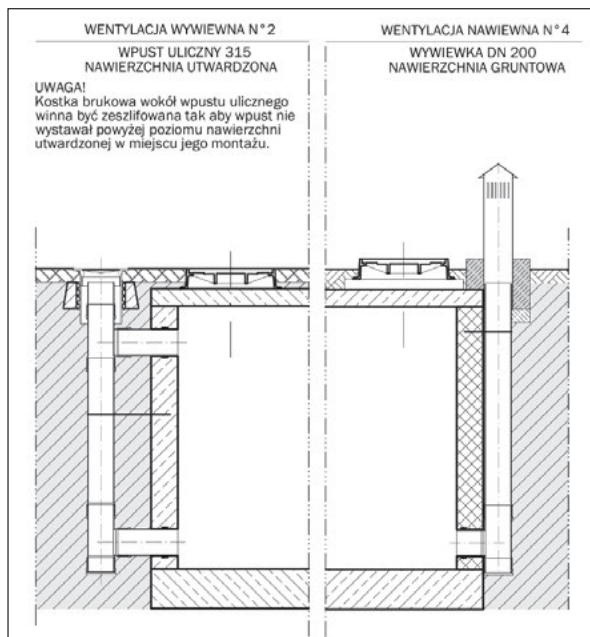
Rysunek 38.
Model symetryczny (1) i antysymetryczny (2) jako superpozycja rozwiązania problemu (3) dla rurociągów pojedynczych t_s – temperatura gruntu, q_s – jednostkowe straty ciepła w modelu symetrycznym, q_a – jednostkowe straty ciepła w modelu antysymetrycznym, T_s – średnia temperatura nośnika ciepła, T_a – połowa różnicy temperatury zasilania i powrotu, t_f – temperatura nośnika ciepła zasilanie, t_r – temperatura nośnika ciepła powrót, q_f – jednostkowe straty ciepła rurociągu zasilającego, q_r – jednostkowe straty ciepła rurociągu powrotnego



Rysunek 39.

Model symetryczny (1) i antysymetryczny (2) jako superpozycja rozwiązania problemu (3) dla rurociągów podwójnych t_s – temperatura gruntu, q_s – jednostkowe straty ciepła w modelu symetrycznym, q_a – jednostkowe straty ciepła w modelu antysymetrycznym, T_s – średnia temperatura nośnika ciepła, T_a – połowa różnicy temperatury zasilania i powrotu, t_r – temperatura nośnika ciepła zasilanie, t_r – temperatura nośnika ciepła powrót, q_r – jednostkowe straty ciepła zasilanie

- w świetle wjazdu nie mogą wystawać żadne elementy rurociągów czy komory (w tym stopnie i drabinki włazowe),
- ze względów bezpieczeństwa minimalna średnica szyjek włazowych nie powinna być mniejsza niż 800 mm i nie większa niż 1000 mm,
- zaleca się, aby komory posiadały wentylację grawitacyjną nawiewno – wylotową (rysunek 40),
- zaleca się, aby komory posiadały, pod jednym z włazów, zagłębienie
- projektowanie i realizacja komór monolitycznych należy uznać za błędne,
- w komorach / studzienkach posadowionych pod jezdniami o dużym natężeniu ruchu nie jest wskazane stosowanie włazów kompozytowych,
- sposób odwodnienia studni czy komory powinien być określony w dokumentacji i uzgodniony z gestorem s.c.,
- wskazane jest, aby komory, w których zostaną zainstalowane odwodnienia rurociągów, posiadały odprowadze-



Rysunek 40. Przykładowa wentylacja komory na sieci ciepłej

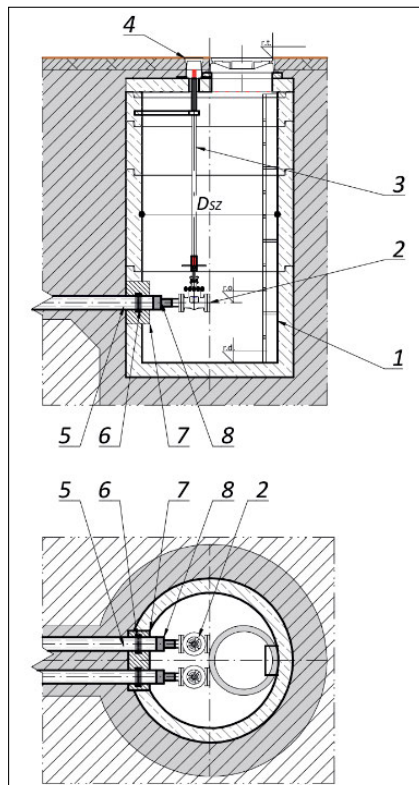
– armatury odcinającej. Średnica studni obsługowej nie może być mniejsza niż 1,2 m.

Wysokość studni obsługowej nie może być mniejsza niż 1,8 m.

W świetle wjazdu nie mogą wystawać żadne elementy studzienne w tym stopnie czy drabinki włazowe.

Średnice wjazdu i szyjki włazowej analogicznie jak w przypadku komór (rys. 41).

W przypadku armatury o średnicy DN ≥ 125 projekt techniczny studzienki powinien przewidywać możliwość zakładania na armaturę przekładni przenośnych.



Rysunek 41.

Studnia obsługowa (np. odwodnienia): (1) studnia, (2) armatura odcinająca, (3) przedłużacz trzpienia armatury, (4) skrzynka uliczna, (5) element preizolowany, (6) pierścienie gumowe, (7) doszczelnienie betonowe, (8) końcowa uszczelka termokurczliwa, D_{Sz} – średnica studni

Obudowy studzienne

Armaturę odcinającą, odwodnienia pionowe i odpowietrzenia pionowe można umieszczać w obudowach studziennych lekkich (na bazie rur karbowanych) lub kręgów i rur betonowych (żelbetowych).

Przykładowe rozwiązania pokazano na rysunkach 21, 22 i 23 we wcześniejszych rozdziałach.

W obudowie należy uwzględnić możliwość wystąpienia ruchu króćca (odpowietrzenia, odwodnienia czy trzpienia zaworu) wewnątrz obudowy studziennej wywołanego przemieszczaniem się rurociągu głównego i zabezpieczyć odgałęzienie odpowietrzenia:

odwadniająca zbierająca wody pojawiające się w komorze – zagłębienie powinno być przykryte kratą.

Odległości montażowe powinny spełniać wymagania postawione w normie PN-B-10405:1999.

Wskazane jest, aby komory przeznaczone do montażu urządzeń DN ≥ 300 posiadały luki montażowe w stropie usytuowane bezpośrednio nad miejscami montażu tych urządzeń. Przy czym:

- nie zaleca się stosowania płyt przykrywających monolitycznych wylewanych na placu budowy,

nie wody do studzienki schładzającej, a nie do studni kanalizacyjnych,

- należy zaprojektować odpowiednio pojemność studni schładzającej dla umożliwienia odwodnienia odcinków sieci i schłodzenia ścieków do wymaganej przepisami temperatury.

Studnie obsługowe

Studzienki z kręgów betonowych lub murowane mogą być stosowane do lokalizacji:

- odwodnienia rurociągów,
- odpowietrzania rurociągów,

- rurę ochronną – dostosowaną do średnicy preizolacji i wymaganej liczby poduszek kompensacyjnych,
- polietylenowymi poduszkami kompensacyjnymi o grubości dostosowanej do występującego przemieszczenia (co najmniej 40 mm – naokoło, na całej wysokości osłony polietylenowej króćca),
- kołpakiem (kapturem) zabezpieczającym.

Kołpak nie powinien być mocowany, lecz jedynie luźno założony na rurę zabezpieczającą trzpień zaworu lub na rurę zabezpieczającą zawór odcinający odpowietrzenia/ odwodnienia. Powinien być wykonany z tworzywa sztucznego i odpowiednio dociążony, w celu zagwarantowania pełnej ochrony armatury w przypadku zalania studzienki wodą zewnętrzną – opadową lub gruntową, z przymocowanym uchwytem do podnoszenia. Jako kołpak ochronny można użyć elementu HDPE mufy końcowej.

Obudowę studzienną należy wypełnić warstwą piasku (do wysokości około 20 do 30 cm od spodu obudowy) i dopełnić żwirem do poziomu kaptura zabezpieczającego.

Do obudów należy projektować włazy dostosowane do nawierzchni występującej w miejscu montażu zaworu. Ponadto:

- w obudowach studziennych wskazane jest projektowanie stosowania zaworów serwisowych z korpusem z podwyższoną zawartością chromu, molibdenu i tytanu,
- obudowy studzienne należy lokalizować w miejscach ogólnie dostępnych, poza terenem ulic i parkingów,
- dla możliwości obsługi z zewnątrz trzpień armatury umieszczonej w obudowie studziennej powinien być umieszczony w świetle włazu,
- zaleca się, aby obudowy studzienne nie stanowiły konstrukcji wodoszczelnej.

Podgrzew wstępny

Podgrzew wstępny (*preheating*) to technika mająca na celu wywołanie w ściankach rur przewodowych niezasypanych rurociągów preizolowanych, częściowych odkształceń termicznych tak, aby po ich zasypaniu i uruchomieniu sieci cieplnej, resztkowe odkształcenia nie spowodowały przekroczenia naprężeń dopuszczalnych.

Redukcja średnicy o wiele dymensji jest w strefie hamowania niedopuszczalna, natomiast redukcja o jedną dymensję jest możliwa ze względu na dość szybkie wyrównanie szczytowego wzrostu naprężeń.

Dla większości sieci cieplnych w Polsce, pracujących przy maksymalnej temperaturze zasilania 130°C, przy prawidłowo zaprojektowanym podgrzewie, naprężenia w okresie szczytowym wyniosą 155 N/mm².

Aby zagwarantować bezproblemowy przebieg podgrzewu wstępnego, w projekcie należy przygotować założenia dokładnego planu działania – koncepcję i szczegółowy harmonogram prac. Powinny być wyznaczone i ustalone:

- metoda wykonania podgrzewu wstępnego,
- podział sieci na poszczególne odcinki oraz określenie ich długości,
- kierunki spadków odcinków rurociągów – przynajmniej 3 ‰,
- możliwość przyłączenia wody i prądu dla każdego odcinka,
- miejsce ustawienia agregatu lub miejsca jego podłączenia dla każdego odcinka,
- usytuowanie pryzm piasku, urządzeń pomiarowych i materiałów pomocniczych przy każdym odcinku,
- kolejność i czas podgrzewu wstępnego poszczególnych odcinków.

Szczegóły dotyczące podgrzewu wstępnego należy uzgodnić z producentem rurociągów preizolowanych.

Podgrzew czynnikiem grzewczym

Metoda ta przydatna jest zawsze wtedy, gdy odcinek sieci cieplnej o niewielkiej średnicy ($DN < 350$) podgrzewany jest przyłączony bezpośrednio do istniejącej sieci i przed ostatecznym uruchomieniem trasy nie jest konieczne opróżnienie rurociągów.

W przypadku większych średnic należy uwzględnić dodatkowe naprężenia powstałe od zwiększonego ciężaru rury wypełnionej wodą.

Podgrzew parą

Pod względem użytecznego przesyłu ciepła, para wodna oddaje 15 razy więcej ciepła niż woda. Dlatego dużą korzyścią tego sposobu podgrzewu wstępnego jest niskie zużycie wody oraz znacząco krótszy czas nagrzewania rurociągu w stosunku do metody pierwszej – podgrzewu czynnikiem grzewczym.

Podgrzew elektryczny

Dzięki tej metodzie istnieje możliwość wprowadzania naprężeń wstępnych w odcinkach o dowolnej długości w sposób dostosowany do postępu robót montażowych.

Można uniknąć wielu dodatkowych elementów jak np. bajpasa łączącego ru-

rociąg zasilający z powrotnym ze względu na zwarcie elektryczne.

Wprowadzanie naprężeń prądem elektrycznym może być użyte tylko dla rurociągów o takich samych średnicach.

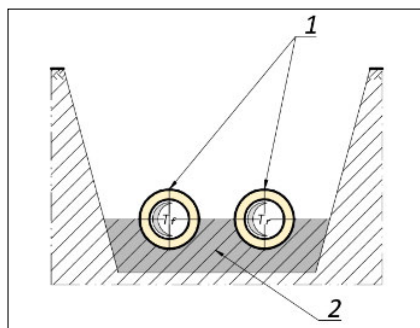
Naprężanie wstępne rurociągów o różnych średnicach nie jest możliwe, gdyż mniejsze średnice mogą znacznie podnieść swoją temperaturę ponad zakres projektowany.

Wykonanie podgrzewów wstępnych

Sieci projektowane w technice podgrzewu wstępnego

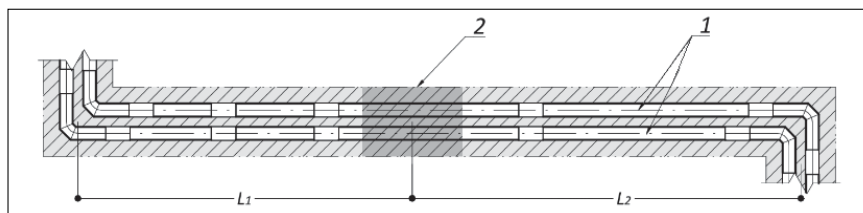
W przypadku podgrzewu wstępnego wykonywanego w otwartym wykopie wymagane jest:

- zapewnienie zaprojektowanego sposobu dokonania podgrzewu (prądem elektrycznym, parą lub wodą gorącą),
 - zapewnienie możliwości regulacji temperatury wygrzewania rurociągów, gwarantującej osiągnięcie podanej w dokumentacji projektowej temperatury podgrzewu lub wartości wydłużeń na końcach podgrzewanej sekcji rurociągu,
 - zabezpieczenie podgrzewanych odcinków rurociągów przed unoszeniem się oraz wyboczeniem w płaszczyźnie poziomej i pionowej poprzez wykonanie montażowych punktów stałych, umożliwienie swobodnych przemieszczeń na końcach podgrzewanych odcinków i częściowe przysypanie rur w miejscach zmian kierunków (*rury gięte, ukosowania itp.*),
 - zabezpieczenie i oznakowanie wykopu na całej długości odcinka wykonywania podgrzewu w celu zapewnienia bezpieczeństwa osób trzecich,
 - wykonanie podgrzewu zgodnie z procedurą i metodą opisaną w dokumentacji projektowej (montażowe lub rzeczywiste punkty stałe, temperatura podgrzewu, wydłużenia na końcach podgrzewanych odcinków),
 - utrzymanie stałej temperatury wygrzewania (podanej w dokumentacji projektowej) do czasu zasypania wykopu i zagęszczenia materiału zasypowego zgodnie z dokumentacją projektową,
 - wykonanie strefy rurociągów do wysokości osi rur – rys. 42,
 - przygotowanie i wykonanie pozornego punktu stałego poprzez zasypanie rurociągów – rys. 43.
- Wymagane jest, aby wykonanie łoża piaskowego oraz zasypywanie wykopów następowało przy stałej oraz identycznej temperaturze podgrzewu wstępnego dla rurociągów zasilających i powrotnych.



Rysunek 42.

Przygotowanie rurociągu do wykonania podgrzewu wstępnego: (1) łożo piaskowe do wysokości osi rurociągów, (2) rurociągi preizolowane



Rysunek 43.

Przykładowe usytuowanie tymczasowego punktu stałego: (1) rurociągi preizolowane, (2) tymczasowy punkt stały utworzony z zasypki piaskowej

Sieci projektowane z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych

Podstawowa różnica między podgrzewem wstępnym a kompensatorami jednorazowymi polega na tym, że podgrzew wstępny wykonywany jest w odkrytym wykopie, natomiast zastosowanie kompensatorów jednorazowych umożliwia natychmiastowe zasypywanie rurociągów poza miejscami montażu kompensatorów.

W przypadku wykonywania podgrzewu wstępnego przy zastosowaniu kompensatorów jednorazowych należy:

- postępować zgodnie z dokumentacją projektową oraz zaleceniami producenta rur preizolowanych,
- kompensatory zamontować na rurociągu w miejscach określonych w dokumentacji projektowej,
- folię PE stosować zgodnie z zaleceniami zawartymi w projekcie,
- zachować minimum 12 m prostoliniowych odcinków rur bez zmiany kierunków z obu stron kompensatora,
- zasypać wykop rurociągu poza miejscami, gdzie znajdują się kompensatory jednorazowe,
- kontrolować właściwe, określone w dokumentacji oczekiwane wydłużenie rurociągu przejmowane przez pojedynczy kompensator,
- kompensator jednorazowy przed montażem powinien być wstępnie nastawiony na projektowaną wielkość przejmowanego wydłużenia rurociągów, a po jego osiągnięciu powinien być zaspawany, należy wykonać spo-

inę zamykającą korpus kompensatora, niezależnie czy kompensator jednorazowy został wstępnie ściśnięty, czy został zamontowany jako w pełni otwarty – po osiągnięciu oczekiwanego wydłużenia rurociągów, należy wykonać spoinę zamykającą korpus kompensatora.

Jeżeli kompensator jest do tego przystosowany, spoinę zamykającą kompensator należy obowiązkowo poddać próbie szczelności powietrzem o nadciśnieniu 0,2 bara lub podciśnieniu 0,65 bara.

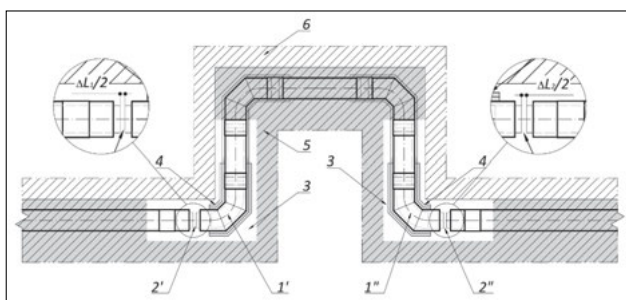
Montaż odgałęzień na gotowym rurociągu

W przypadku wykonywania odgałęzienia w istniejącym rurociągu preizolowanym można stosować gotowe trójniki preizolowane.

W przypadku wykonywania odgałęzień na rurociągu, który został wykonany z podgrzewem wstępnym lub z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych, każdorazowo sposób wykonania trójnika powinien być uzgodniony z projektantem i gestorem sieci ciepłowniczej.

Dopuszczone jest wykonywanie tzw. „wcinek na gorąco” bez przerywania

Rysunek 44. Przygotowanie rurociągu do wykonania naciągu mechanicznego: (1') i (1'') łuki poddawane naciągowi, (2') i (2'') szczeliny naciągu, (3) niezasypany wykop, (4) poduszki kompensacyjne, (5) wykop zasypany, (6) grunt nienaruszony



pracy rurociągu głównego przy zastosowaniu zaworów do wcinek na gorąco i „wcinek na zimno” po całkowitym lub częściowym opróżnieniu rurociągu głównego przy zastosowaniu kształtek stalowych.

Wcinki, można wykonywać przy temperaturze powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$. Ponadto:

- nie zaleca się montażu trójników prefabrykowanych na rurociągach ułożonych z podgrzewem wstępnym lub

z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych,

- kształtki do „wcinki na zimno” powinny mieć odpowiednio dobraną grubość ścianki do grubości ścianki rurociągu głównego a połączenie z rurociągiem głównym powinno być wykonane z nakładką wzmacniającą.

Naciągi wstępne

W przypadku braku możliwości dokonania podgrzewu wstępnego, w sytuacji, kiedy pojawia się konieczność zmniejszenia wysięgów elementów kompensacyjnych lub częściowego ograniczenia grubości poduszek kompensacyjnych możemy wykorzystać, jedną z dwóch technik naciągów wstępnych:

- naciąg mechaniczny – kiedy na zimnym rurociągu wprowadzamy naprężenia w kolanach elementów kompensacyjnych,
- naciąg termiczny – kiedy możemy dokonać uruchomienia zasypanego rurociągu, pozostawiając możliwość swobodnego odkształcania wybranej, niezasypanej, kompensacji.

Naciąg mechaniczny

Naciąg ten polega na wykonaniu rozciągnięcia kompensatora tak, by możliwe było wykonanie prawidłowej spoiny w pozostawionym uprzednio miejscu.

Aby naciąg mechaniczny mógł być wykonany, wymagane jest pozostawienie pomiędzy kolanami kompensacji a przylegającymi prostymi odcinkami rurociągów, z jednej lub z obu stron kompensatora, szczelin (rys. 44).

Szczeliny powinny zostać przewidziane na etapie projektowania i w projekcie

powinna być określona ich wielkość (nie większa niż połowa wydłużeń termicznych odcinków prostych).

Jeśli projektant przewidział, wstępny naciąg mechaniczny należy przeprowadzić wg zapisów zawartych w dokumentacji projektowej oraz zgodnie z wytycznymi producenta rur preizolowanych.

Użyty sprzęt powinien być zgodny z zaleceniami dostawcy systemu rurociągów preizolowanych.

W trakcie wykonywania naciągu wstępnego należy zwrócić uwagę, aby nie uszkodzić płaszcza osłonowego.

Do naciągu najlepiej użyć tak zwanych „śrub rzymskich” przyspawanych do rurociągu bądź podnośników hydraulicznych.

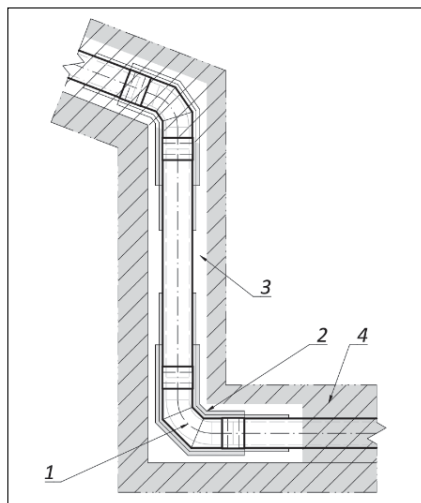
W przypadku użycia podnośników należy chronić osłonę kolana preizolowanego.

Naciąg termiczny

Naciąg termiczny można stosować w sytuacji, kiedy wydłużenia termiczne powodują konieczność użycia poduszek kompensacyjnych w liczbie mogącej spowodować niedopuszczalny wzrost temperatury osłony PE-HD.

W projekcie budowlanym należy opisać zastosowanie tej techniki.

Podczas wykonania rurociągów należy pozostawić niezasypane ramię kompensacyjne, dla którego zaprojektowane zostało zmniejszenie grubości poduszek kompensacyjnych. Wykop utrzymujemy niezasypany do momentu osiągnięcia przewidzianego w projekcie wydłużenia (rys. 45).



Rysunek 45. Przygotowanie rurociągu do wykonania naciągu termicznego: (1) łuk poddawany naciągowi, (2) zredukowana liczba poduszek, (3) odkryty wykop, (4) wykop zasypany

Po wykonaniu łoża piaskowego i zasypaniu rurociągu poduszki kompensacyjne są w stanie „spoczynku”, natomiast element kompensacji jest już częściowo obciążony.

Wskazane jest, aby stosowanie tej techniki ograniczyć do odcinków o długości bliskiej odległości L_{MAX} .

Nie zaleca się zmniejszać liczby poduszek o więcej niż jedną warstwę.

Redukcję grubości poduszek poprzez naciąg termiczny należy stosować dla rurociągu zasilającego.

Wymagane jest ułożenie jednakowej grubości poduszek po obu stronach rurociągu.

Połączenia sieci ciepłych wykonanych w różnych technologiach

Osiowe połączenie s.c. kanałowej i preizolowanej

Wszędzie tam, gdzie jest to zasadne, stare sieci kanałowe należy zastępować rurociągami preizolowanymi.

W miejscu połączenia rurociągów s.c. kanałowej i preizolowanej ułożonej bezpośrednio w gruncie koniec kanału należy zamurować i zabezpieczyć przeciwwilgociowo.

Końce wbudowanego odcinka rurociągu preizolowanego zlokalizowane w kanale powinny być zabezpieczone uszczelnkami termokurczliwymi (end-capami), a powierzchnie niezaizolowane zabezpieczone antykorozyjnie.

Przy przejściu rurociągu preizolowanego ułożonego bezpośrednio w gruncie przez ścianę kanału należy stosować:

- pojedyncze gumowe pierścienie uszczelniające – w miejscach, gdzie nie występują przemieszczenia osiowe i poprzeczne,
- podwójne pierścienie gumowe z taśmą poślizgową między nimi – w miejscach, gdzie występują przemieszczenia,
- adaptory – w miejscach, gdzie występują przemieszczenia poprzeczne.

Przyjęte rozwiązania powinny zapewnić szczelność przejścia.

Przy łączeniu rurociągów preizolowanych ułożonych bezpośrednio w gruncie z rurociągami w kanale ciepłowniczym, należy przewidzieć sposób odwadniania kanału.

Połączenie powinno być zaprojektowane w taki sposób, aby siły występujące w rurociągach preizolowanych nie były przenoszone na rurociągi ułożone w kanale.

Najskuteczniejszym zabezpieczeniem jest zastosowanie naturalnych układów kompensacyjnych w bezpośredniej bliskości punktu połączenia sieci ciepłych.

Zaleca się, aby odległość pomiędzy pierwszym kolaniem preizolowanym a ścianą kanału nie była większa niż 6,0 m a odkształcenia rurociągów zastosowanego układu kompensacyjnego nie były przenoszone na rurociągi w kanale – nie dotyczy połączenia współpracującego z kompensatorami osiowymi preizolowanymi lub umieszczonymi w komorze.

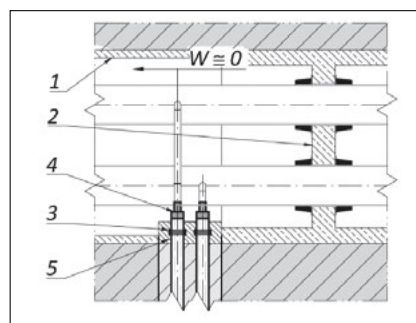
Należy zwrócić uwagę na lokalizację punktów stałych na sieci kanałowej i w razie konieczności uwolnić rurociągi poprzez ich likwidację lub zwiększyć zakres przebudowy sieci ciepłej.

Sposób wykonania odgałęzienia preizolowanego od s.c. kanałowej

Sposób odgałęzienia sieci preizolowanej od sieci wykonanej w technologii kanałowej uzależniony jest od odległości miejsca włączenia od punktu stałego sieci kanałowej.

Wykonanie odgałęzienia poprzez bezpośrednie wspawanie można dokonać zarówno w komorze, jak i w obrębie kanału. W takim przypadku grubość ścianki rurociągu odgałęzienia nie może być mniejsza niż 80% grubości ścianki rury głównej.

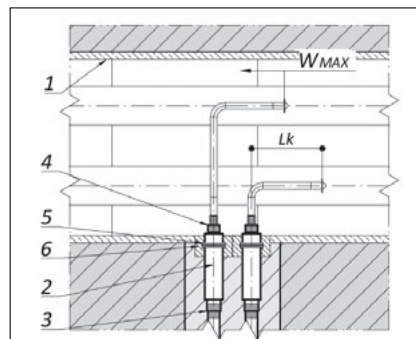
W przypadku włączania w bezpośredniej bliskości punktu stałego odgałęzienia należy projektować zgodnie z zasadami odgałęzienia bocznego – rys. 46.



Rysunek 46. Odgałęzienie od sieci kanałowej w rejonie punktu stałego: (1) obudowa kanałowa, (2) punkt stały, (3) pierścień gumowy, (4) końcowa uszczelka termokurczliwa, (5) zabetonowanie przejścia przez ścianę kanału, W – wielkość przemieszczeń w punkcie włączenia

Oddalając się od punktu stałego, wskazane jest zastosowanie adapterów przejściowych i odgałęzienia równoległego – rys. 47.

Przejścia przez ściany kanału czy komory należy wykonywać zgodnie z ogólnymi zasadami przechodzenia rurociągów preizolowanych przez przegrody budowlane.



Rysunek 47. Odgałęzienie od sieci kanałowej z dala od punktu stałego: (1) obudowa kanałowa, (2) adapter przejściowy, (3) taśma termokurczliwa, (4) końcowa uszczelka termokurczliwa, (5) zabetonowanie przejścia przez ścianę kanału, (6) pierścień gumowy, W – wielkość przemieszczeń

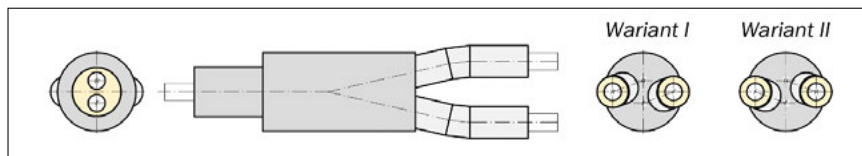
W przypadku wykonywania odgałęzienia rurociągu preizolowanego od sieci wykonanej w technologii kanałowej dokumentacja projektowa powinna zawierać:

- sposób przejścia oraz sposób zapewnienia szczelności w miejscu przejścia rurociągu preizolowanego przez ścianę kanału,
- przemieszczenia rurociągów kanałowych w miejscu włączenia odgałęzienia,
- oddziaływanie rurociągów preizolowanych na rurociągi kanałowe.

Obudowy odgałęzienia od kanału betonowego powinny być każdorazowo dostosowane do rodzaju występującej obudowy kanałowej.

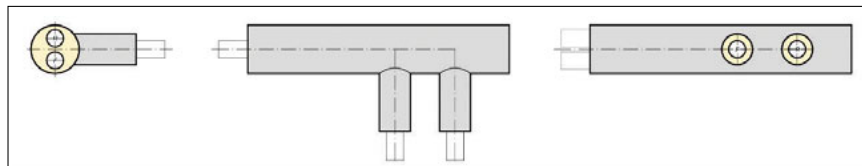
Połączenie systemu rur pojedynczych z zespołami dwururowymi

Połączenie rurociągów preizolowanych pojedynczych z rurociągami preizolowanymi podwójnymi należy wykonać z zastosowaniem specjalnych kształtek typu „Y” (rys. 48) i typu „F” (rys. 49).



Rysunek 48.

Kształtka Typ „Y” do łączenia rurociągów preizolowanych pojedynczych z zespołami systemu dwururowego, wariantowość uzależniona od kierunku przepływu czynnika



Rysunek 49.

Kształtka Typ „F” do łączenia rurociągów preizolowanych pojedynczych z zespołami systemu dwururowego

	Kompensacja -Z	Kompensacja -U	Odgąlenie 45° / 90°
Kształtka Typ Y			
Kształtka Typ F			

Rysunek 50.

Sposoby łączenia systemu rur preizolowanych pojedynczych i podwójnych (wg Isoplus) X – wymagana długość kompensacji wydłużenia systemu rur preizolowanych pojedynczych (1) system rur preizolowanych podwójnych (2)

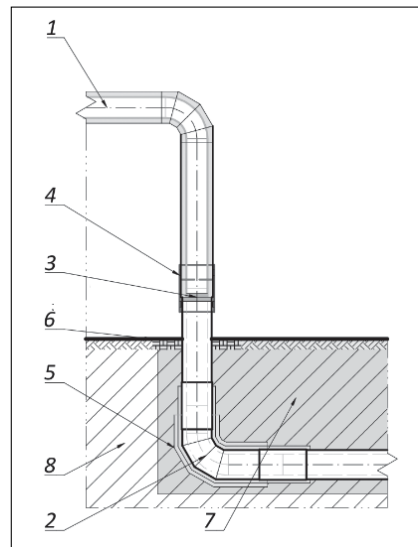
Kształtki te wykonywane są w kilku wariantach (kształtka „Y” w 2, kształtka „F” w 4) uzależnionych od ułożenia rurociągów preizolowanych pojedynczych „przed” lub „za” zespołem dwururowym, dlatego niezbędne jest wykonanie schematu przedstawiającego sposób i kierunki łączenia rurociągów pojedynczych z podwójnymi.

Odległość „L” pomiędzy kształtką przejściową i łukiem na preizolowanym odcinku rur pojedynczych powinna zostać dobrana według wytycznych producenta rur preizolowanych podwójnych – rys. 50.

Kształtki przejściowe wykonywane są w dwóch rodzajach w zależności od miejsca występowania na sieci i ułożenia rurociągów systemu rur preizolowanych pojedynczych.

Połączenia z sieciami napowietrznymi

Analogicznie jak w przypadku połączenia z rurociągami układanymi w obudowach kanałowych, połączone ze sobą sieci, preizolowana układana bezpośrednio w gruncie i napowietrzna, wymagają



Rysunek 51.

Połączenie rurociągu preizolowanego podziemnego z rurociągiem na estakadzie: (1) rurociąg napowietrzny, (2) rurociąg podziemny, (3) końcowa uszczelka termokurczliwa, (4) mufa termokurczliwa sieciowana radiacyjnie owinięta blachą, (5) poduszki kompensacyjne, (6) utwardzenie terenu wokół rurociągów

zabezpieczenia przed wzajemnym oddziaływaniem (rys. 51).

Najskuteczniejszym zabezpieczeniem jest zastosowanie naturalnych układów kompensacyjnych.

Dodatkowo należy zabezpieczyć rurociąg preizolowany w osłonie HDPE wychodzący z ziemi.

Izolacja połączenia tych sieci powinna być wykonana tuż nad powierzchnią terenu.

W przypadku dużych średnic (>DN500) mufa połączeniowa może być wykonana z blachy stalowej ze stali nierdzewnej bądź z aluminium.

Wymagane jest obłożenie pionowego odcinka rurociągów sieci preizolowanej ułożonej w gruncie matami kompensacyjnymi zgodnie z ogólnymi zasadami jak dla elementów kompensacyjnych, przy czym minimalna grubość obłożenia powinna wynosić 40 mm.

Odcinek pionowy wejścia na estakadę nie powinien być jedynym układem kompensacyjnym.

Dokumentacja powykonawcza

Dokumentacja powykonawcza powinna zawierać:

- kopię projektu budowlanego z naniesionymi zmianami podpisany przez Wykonawcę – jako projekt powykonawczy,
- inwentaryzację geodezyjną rurociągów z naniesionymi:
 - odległościami,
 - rzędnymi rurociągów,

- rzędnymi rurociągów w miejscu przełamania spadków,
- lokalizacją spoin na połączeniach rur stalowych,
- lokalizacją kompensatorów jednorazowych,
- lokalizacją kompensatorów preizolowanych,
- miejscem, którego dotyczy opisana rzędna (*wierzch zespołu preizolowanego – oś zespołu preizolowanego – spód zespołu preizolowanego*),
- protokoły odbiorów częściowych i odbioru końcowego,
- protokół z Narady Koordynacyjnej z załącznikiem mapowym oraz dodatkowe protokoły i uzgodnienia, jeśli były wprowadzane zmiany przebiegu trasy rurociągu w stosunku do dokumentacji pierwotnej,
- inne protokoły i uzgodnienia,
- powykonawczy schemat montażowy zawierający dokładny schemat sieci ciepłowniczej z rzeczywistymi długościami (*całkowitą i instalacyjną*) oraz zaznaczonymi wszystkimi elementami sieci,
- powykonawczy schemat systemu nadzoru zawierający informacje dotyczące:
- rodzaju stosowanego systemu nadzoru,
- w zależności od stosowanego systemu całkowitych długości i oporności poszczególnych pętli czy kanałów pomiarowych,

- skalowania punktów kontrolnych w odniesieniu do zabudowanej jednostki nadzoru (pętle kontrolowane) lub od punktu pomiarowego (pętle niekontrolowane),
- informacji na temat rodzaju przyrządów pomiarowych stosowanych do określenia wielkości podanych wyżej,
- w przypadku stosowania reflektometru kablowego zaleca się dołączyć kopie przebiegu sygnału na poszczególnych kanałach wraz z informacją na temat przyjętego współczynnika propagacji VOP oraz oporności falowej. Oznakowanie preizolowanych sieci ciepłowniczych na mapach geodezyjnych powinno być wykonane innym kolorem niż sieci tradycyjnych.

Powykonawczy schemat montażowy powinien być sporządzony na bazie inventaryzacji geodezyjnej i podpisany przez wykonawcę sieci ciepłowniczej oraz sprawdzony przez inspektora sprawującego nadzór nad budową z ramienia gestora sieci.

LITERATURA

- [1] USTAWA z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane
- [2] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego
- [3] Hanna Bindarowska, *Wybrane zagadnienia z projektowania sieci ciepłowniczych preizolowanych*, prezentacja Radpol 07.02.2023

- [4] Norma SEP-E – 004 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa*; Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2004
- [5] PN-E-05125:1976 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa* (norma wycofana bez zastąpienia)
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie
- [7] Rozporządzenie Ministra Cyfryzacji z dnia 26 maja 2023 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie
- [8] WYTYCZNE PROJEKTOWANIA ORAZ WYKONANIA RUROCIĄGÓW PREIZOLOWANYCH W OSŁONIE PE-HD cz. II dokument umieszczony na stronie <https://www.energiadlawarezawy.pl/wymagania-techniczne-dla-urazden-stosowanych-w-sieci-cieplowniczej-w-s-c/eksploatacyjne-wytyczne-projektowania-oraz-montazu-rurociagow-preizolowanych-w-plaszczu-oslonowym-hdpe/> dostęp z dnia 13.05.2025
- [9] Wytyczne ATV-DVWK-A127P *Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych*
- [10] USTAWA z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym
- [11] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 987, z 2014 r. poz. 867 oraz z 2018 r. poz. 1175)
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 kwietnia 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie