

# LOGSTOR Poradnik projektowania



# Poradnik projektowania

## Spis treści

---

Spis treści	1	Wstęp
	2	Roboty ziemne
	3	Proste odcinki rur
	4	Zmiany kierunków
	5	Odgałęzienia
	6	Zmiany średnic
	7	Armatura odcinająca
	8	Punkty stałe
	9	Zakończenia
	10	Absorbpcja wydłużeń
	11	Rury giętkie FlexPipe
	12	Rury giętkie SteelFlex
	13	Rury giętkie PexFlextra
	14	Rury giętkie AluFlextra
	15	Rury giętkie CuFlextra
	18	Straty ciepła
	19	Średnice rurociągów

---

**Wprowadzenie**

Niniejszy rozdział opisuje sposób w jaki można:

- wykorzystać i optymalnie zaprojektować system z rur preizolowanych
- rozwiązać problemy związane z wydłużeniami i naprężeniami pochodzącymi od zmian temperatury i innych obciążeń zewnętrznych
- stosować różne techniki i metody instalacyjne

Obliczenia średnic rurociągów, strat cisnień itp. nie są ujęte w niniejszym rozdziale.

Wszystkie zasady projektowania sieci ciepłych z rur preizolowanych podane w niniejszym Poradniku projektowania są w pełni zgodne z wymaganiami normy europejskiej EN 13941-1 "Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 1: Projektowanie."

---

**Spis treści**

- 1.1.2 Poradnik projektowania
  - 1.1.3 Zgodność z normami
  - 1.1.4 Wsparcie projektowania
  - 1.1.6 Wymagania i warunki wstępne
  - 1.1.8 Klasy projektowe
  - 1.1.9 Symbole i jednostki
  - 1.1.11 Definicje systemu
  - 1.1.12 Naprężenia i obliczenia wydłużeń
  - 1.1.18 Przykłady obliczeń naprężeń i wydłużeń
  - 1.1.25 Określenie dopuszczalnych wartości naprężeń
  - 1.1.32 Zalety i wady różnych metod ograniczania naprężeń osiowych
-



**Zasady projektowania**

Zasady projektowania LOGSTOR ukierunkowane są na techniczną i ekonomiczną optymalizację projektowanej sieci ciepłej z rur preizolowanych.

LOGSTOR dąży do pełnego wykorzystania możliwości i potencjału stosowanych materiałów przy jednoczesnym zapewnieniu bezpiecznej eksploatacji i wymagań ustanowionych przez normy europejskie odnośnie systemów z rur preizolowanych.

---

**Zgodność z normami**

Zastosowanie przedstawionych w niniejszym poradniku LOGSTOR zasad projektowania sieci ciepłych z rur preizolowanych (z uwzględnieniem wszystkich lokalnych uwarunkowań) skutkuje spełnieniem wymagań dotyczących projektowania zgodnych z normą PN-EN 13941-1 "Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 1: Projektowanie."

**Dokumentacja ogólna**

Projekty sieci ciepłych preizolowanych dla średnicy rur przewodowych do  $\varnothing 323,9$  mm włącznie (patrz klasa projektowa A i B str. 1.5.0.1 niniejszego poradnika) mogą być wykonane z zastosowaniem tzw. analizy uproszczonej, to jest na podstawie dokumentacji ogólnej pod warunkiem, że jest ona zgodna z wymaganiami normy PN-EN 13941-1 i spełnione są wszystkie podstawowe wymagania wynikające z warunków lokalnych (ciśnienie, temperatura, wpływ ruchu drogowego itd.).

Oznacza to, że aby projekt spełniał wymagania normy PN-EN 13941-1 nie są wymagane szczegółowe obliczenia statyczne naprężeń i przemieszczeń we wszystkich newralgicznych punktach rurociągu, to jest na łukach kompensacyjnych, trójnikach, zwężkach itp.

Wystarczającym jest odwołanie się do zasad podanych w niniejszym poradniku w kontekście dotyczącym obliczeń długości instalacyjnych, długości odcinków ramion kompensacyjnych i doboru poduszek w strefach przemieszczeń rurociągów.

**Dokumentacja szczegółowa.**

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13941-1 dla średnic rurociągów  $\geq \varnothing 355,6$  mm to jest dla rurociągów w klasie projektowej C wymagana jest szczegółowa analiza oddziaływań zewnętrznych, określenie stanów granicznych, obliczenia sił, naprężeń w newralgicznych miejscach rurociągu. Ponieważ podane w niniejszym poradniku zasady projektowania nie mogą być traktowane jako szczegółowe obliczenia statyczne, podane reguły dotyczące rur o średnicach  $\varnothing 355,6 \div 610$  mm należy traktować jako podstawy do analizy szczegółowej.

LOGSTOR dla tych średnic zaleca wykonanie szczegółowych obliczeń statycznych zgodnych z wymaganiami normy PN-EN 13941-1.

---

**Wsparcie LOGSTOR** LOGSTOR wsparcie projektowania wykonuje poprzez swoje lokalne struktury to jest zarówno przez Biuro Techniczno Handlowe, dystrybutorów i przedstawicieli regionalnych. Zastosowanie może mieć również Online Calculator na stronie internetowej LOGSTOR: <http://calc.logstor.com>

**Techniczne wsparcie sprzedarzy** Projektanci i konsultanci techniczni LOGSTOR służą zawsze pomocą i pomagają znaleźć odpowiedź na wszystkie pytania mogące pojawić się w trakcie projektowania i eksploatacji systemu z rur preizolowanych LOGSTOR.



### Dokumentacja projektowa

Dokumentacja projektowa niezależnie od przyjętej klasy projektowej powinna zawierać następujące informacje:

- temperatura obliczeniowa
- temperatura pracy
- temperatura montażu
- ciśnienie obliczeniowe
- średnica rur przewodowych i klasa izolacji (seria)
- warunki gruntowe
- przykrycie gruntem do wierzchu rur
- informacje na temat innego sąsiadującego uzbrojenia podziemnego

Na podstawie powyższych informacji, korzystając ze wskazówek niniejszego poradnika możliwe jest wykonanie:

#### Rury proste:

- obliczeń dopuszczalnych naprężeń osiowych od ciśnienia wewnętrznego, sił tarcia i zmian temperatury rur
- analizy stabilności lokalnej pionowej i poziomej rur

#### Zmiany kierunków:

- obliczeń przemieszczeń na załamaniach rurociągów
- kontroli możliwości zastosowania łuków o ograniczonych możliwościach kompensacyjnych  $5\div 80^\circ$
- doboru minimalnych długości ramion kompensacyjnych i rozkładu poduszek piankowych
- właściwego doboru rur giętych elastycznie, giętych na budowie i giętych fabrycznie

#### Odgązlenia:

- obliczeń przemieszczeń na trójnikach i rozkładu poduszek kompensacyjnych
- obliczeń dopuszczalnych naprężeń osiowych rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika
- obliczeń długości maksymalnie dopuszczalnych odległości od trójnika do załamań kompensacyjnych

#### Zmiany średnic:

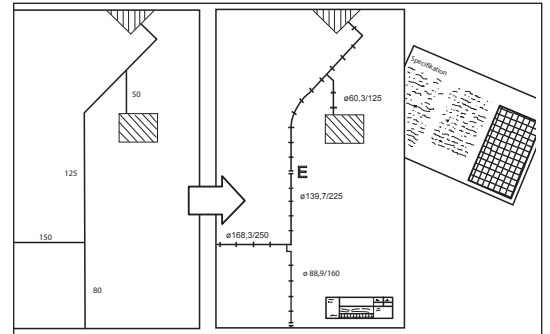
- obliczenie dopuszczalnej zmiany średnicy (o jedną lub więcej dymensji)

### Dokumentacja projektowa ciąg dalszy

Dział Techniczny i Obsługi klienta LOGSTOR są w stanie przygotować propozycję optymalizacji przebiegu trasy sieci ciepłej przy zachowaniu prawidłowości zasad projektowania.

LOGSTOR wykonuje również zestawienia materiałów i oferty cenowe na dostawę materiałów potrzebnych do budowy sieci ciepłych z rur preizolowanych.

Dla projektów sieci wykonanych w technologii LOGSTOR służymy również pomocą w zakresie projektu systemu nadzoru LOGSTOR Detect.



### Obliczenia strat ciepła i

LOGSTOR posiada ugruntowaną wiedzę na temat metod obliczeń strat ciepła z uwzględnieniem wszystkich czynników mających wpływ na wielkość strat ciepła w trakcie eksploatacji sieci ciepłych preizolowanych, którą na prośbę klienta chętnie udostępnimy.

LOGSTOR Calculator, który jest dostępny na stronie internetowej [www.logstor.com](http://www.logstor.com) umożliwia projektantom samodzielne obliczenia strat ciepła rurociągów preizolowanych układanych w gruncie.

Za pomocą kalkulatora online LOGSTOR możliwe jest wykonanie:

- obliczeń jednostkowych strat ciepła dla różnych grubości izolacji i dla różnych przewodności cieplnych izolacji z uwzględnieniem jej starzenia
- oszacowania kosztów związanych ze stratami ciepła sieci ciepłej
- obliczeń dla różnych serii izolacji czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych
- określenia emisji CO<sub>2</sub> związanej ze stratami ciepła rur

Kalkulator LOGSTOR umożliwia również:

- dobór średnic rur przewodowych
- obliczenia strat ciśnienia w rurociągach

LOGSTOR Calculator jest dostępny nieodpłatnie na stronie internetowej LOGSTOR.



## Wymagania i warunki wstępne

### Zastosowanie

Niniejszy rozdział zawiera określenia wymagań i warunków wstępnych zgodnych z normą europejską EN 13941-1 "Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 1: Projektowanie."

W przypadku, kiedy lokalne uwarunkowania związane z projektowaniem rurociągu są inne niż określone w Poradniku projektowania LOGSTOR, prosimy o kontakt z naszymi technikami.

W zależności od projektowanego systemu (rury stalowe pojedyncze, TwinPipe, rury giętkie, miedziane itp) należy stosować odpowiednie zasady projektowania dla danego systemu rur.

### Wymagania odnośnie stalowych rur przewodowych

System rur LOGSTOR spełnia wymagania norm PN-EN 253 i PN-EN 13941-1 dotyczących izolowanych zespołów rurowych, przeznaczonych do pracy ciągłej z gorącą wodą o zmiennych wartościach temperatury do +120°C i krótkotrwałej pracy w temperaturze szczytowej do +140°C. Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13941-1, maksymalna suma okresów występowania temperatury +140°C nie może przekroczyć 300 godz/rok.

Rury stalowe są jakości zgodnej z PN-EN 13941-1:2019.

Wszystkie obliczenia zawarte w niniejszym poradniku bazują na założeniu, że grubość ścianek rur stalowych i łuków jest zgodna z wymaganiami EN 253 i specyfikacji LOGSTOR.

System z rur preizolowanych można poddać próbie wytrzymałości wodą o temperaturze +20°C i ciśnieniu 1,5 x ciśnienie robocze.

Pomimo, że zasady opisane w Poradniku projektowania LOGSTOR dotyczą rur przewodowych o średnicach do DN600 włącznie, należy pamiętać, że zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13941-1 mogą być podstawą do tzw. analizy uproszczonej dla dokumentacji ogólnej (patrz str. 1.2.0.1).

W przypadku stosowania rur o średnicach przewodowych większych niż DN600 prosimy o kontakt z konsultantami LOGSTOR.

### Zalecana jakość wody sieciowej

W celu zapobieżenia powstania korozji wewnętrznej stalowych rur przewodowych LOGSTOR zaleca stosować wyłącznie uzdatnioną wodę obiegową .

Woda w systemach ciepłowniczych z rur preizolowanych powinna spełniać wymagania jakościowe dla wody zgodne z EN 13941-2, jak podano w tabeli obok.

Oznaczenie	jedn.	woda nisko zasolona		woda zasolona
przewodność właściwa	μS/cm	10-30	>30-100	≥100-150
wygląd		czysta bez szlamu		
pH w temp. 25°C		9,0÷10,0	9,0÷10,5	9,0÷10,5
zawartość tlenu	mg/l	<0,1	<0,05	<0,02
Twardość	dH°	<0,1	<0,1	<0,1
wymagania zgodne z dyrektywą CEN/TR16911				

### Parametry pracy dla innych rodzajów rur przewodowych

W tabeli obok podano maksymalne parametry pracy dla innych rur przewodowych LOGSTOR.

rodzaj rury przewodowej	Maksymalna ciągła temperatura pracy °C	Maksymalne ciśnienie robocze bar
SteelFlex	120	25
CuFlex	120	16
AluFlex	95	10
PexFlex	85	6



## Wymagania i warunki wstępne

---

### Normy związane

Zasady projektowania LOGSTOR oparte są na wymaganiach wymienionych poniżej norm:

- PN-EN 13941-1 Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 1: Projektowanie.
- PN-EN 13941-2 Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 2: Montaż.
- PN-EN 253 Sieci ciepłownicze - System pojedynczych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Fabrycznie wykonany zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i osłony z polietylenu
- PN-EN 14419 Sieci ciepłownicze - System pojedynczych i podwójnych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Systemy nadzoru
- PN-EN 13480-3 Rurociągi przemysłowe metalowe - Część 3: Projektowanie i obliczenia

Inne normy europejskie mające zastosowanie do produktów LOGSTOR:

- PN-EN 448 Sieci ciepłownicze - System pojedynczych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Zespoły kształtek wykonanych fabrycznie ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i osłony z polietylenu
  - PN-EN 488 Sieci ciepłownicze - System pojedynczych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Zespoły armatury wykonane fabrycznie ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i osłony z polietylenu
  - PN-EN 489-1 Sieci ciepłownicze - Zespolone systemy pojedynczych i podwójnych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych w gruncie - Część 1: Zespoły łączące i izolacja cieplna do wodnych sieci ciepłowniczych zgodnych z EN 13941-1
  - EN 15698-1 Sieci ciepłownicze - Zespolony system dwururowy do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Część 1: Wykonany fabrycznie zespół dwururowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i jednej osłony z polietylenu
  - EN 15698-2 Sieci ciepłownicze - Zespolony system dwururowy do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie -- Część 2: Wykonane fabrycznie zespoły kształtek i armatury ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i jednej osłony z polietylenu
  - EN 15632-1 Sieci ciepłownicze - System preizolowanych rur giętkich - Część 1: Klasyfikacja, wymagania ogólne i metody badań.
  - EN 15632-2 Sieci ciepłownicze - System preizolowanych rur giętkich - Część 2: Zespolone plastikowe rury przewodowe - Wymagania ogólne i metody badań.
  - EN 15632-3 Sieci ciepłownicze - System preizolowanych rur giętkich - Część 3: Niezespolone plastikowe rury przewodowe; wymagania ogólne i metody badań.
  - EN 15632-4 Sieci ciepłownicze - System preizolowanych rur giętkich - Część 4: Zespolone metalowe rury przewodowe; wymagania ogólne i metody badań.
-

**Definicja klas projektowych**

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13941-1 uwzględniając poziom bezpieczeństwa, stopień złożoności prac montażowych, średnicy rur przewodowych oraz poziomu naprężeń osiowych od ciśnienia wewnętrznego, sił tarcia i zmian temperatury.

**Klasa A:** rurociągi o małych i średnich średnicach i niskich naprężeniach osiowych od ciśnienia wewnętrznego, sił tarcia i zmian temperatury rur.

**Klasa B:** rurociągi o małych i średnich średnicach i wysokich naprężeniach osiowych od ciśnienia wewnętrznego, sił tarcia i zmian temperatury rur.

**Klasa C:** rurociągi dużych średnic oraz pracujące w warunkach innych niż typowe (ciśnienie wewnętrzne, osiadanie gruntu itp).

Wiecej informacji na ten temat można znaleźć w normie PN-EN 13941-1.

**Obciążenia cykliczne**

Ponieważ na skutek oddziaływania gruntu model obliczeniowy dla podziemnych rurociągów preizolowanych jest inny niż dla sieci kanałowych i napowietrznych, wartość naprężeń w elementach stalowych takich jak łuki, trójniki itp. przekracza często granicę plastyczności rury w temperaturze pracy, zastosowanie ma zasada dla wytrzymałości zmęczeniowej.

Zgodnie z normą PN-EN 13941-1 obliczenia wytrzymałościowe rurociągów preizolowanych w gruncie oparte są na określeniu maksymalnych dopuszczalnych naprężeń zmęczeniowych, których wartość w zależności od ilości cykli i wartości obciążeń przekraczających granicę plastyczności.

Graniczna maksymalna ilość pełnych cykli zależy od rodzaju projektowanego rurociągu:

Rodzaj rurociągu	Graniczna ilość pełnych cykli
rurociągi magistralne	100
rurociągi rozdzielcze	250
przyłącza do budynków*	1000

\* Poradnik projektowy jako przyłącze definiuje rurociągi o średnicach  $\leq \varnothing 42,4$  mm.

**Współczynniki bezpieczeństwa i naprężenia dopuszczalne**

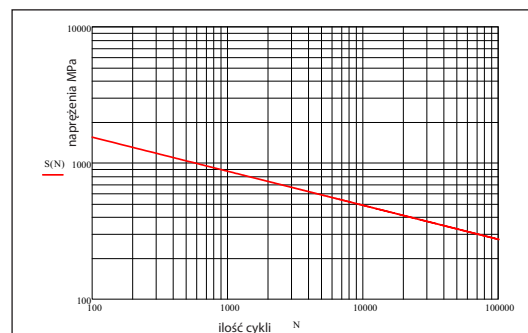
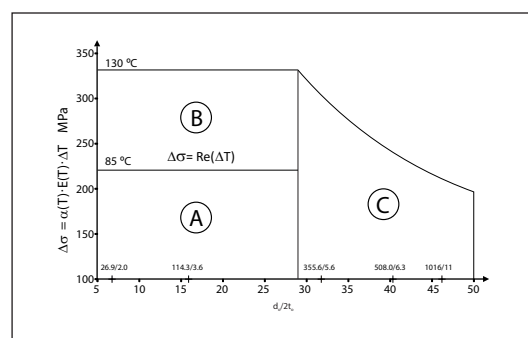
Norma EN 13941-1 w zależności od klasy projektu określa cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa  $\gamma_{fat}$  dla wytrzymałości zmęczeniowej:

- klasa projektowa A  $\gamma_{fat} = 5$
- klasa projektowa B  $\gamma_{fat} = 6,67$
- klasa projektowa C  $\gamma_{fat} = 10$

Uwzględniając podane wyżej cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa oraz graniczną ilość cykli zmęczeniowych (Tablica wyżej), dla każdej z klas projektowych korzystając z krzywej obliczeniowej dla wytrzymałości zmęczeniowej (wykres S-N z normy EN -13941-1) oblicza się wartość dopuszczalnych naprężeń elementach stalowych takich jak: łuki, trójniki zwężki itp.

Dla 30 lat żywotności rur wynoszą one:

- Klasa A  $\sigma_{dop} = 594,6$  MPa
- Klasa B  $\sigma_{dop} = 782,4$  MPa
- Klasa C  $\sigma_{dop} = 889,1$  MPa



<b>Wprowadzenie</b>	Przyjęte w niniejszym poradniku symbole i jednostki przyjęte zostały zgodnie z normami:	
	- EN 253	Sieci ciepłownicze - System pojedynczych rur zespolonych do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Fabrycznie wykonany zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i osłony z polietylenu.
	- EN 13941-1	Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych - Część 1: Projektowanie.
	- symboli LOGSTOR	
<b>Jednostki</b>	Długość	m (metry) mm (mm)
	Masa	kg (kilogram)
	Siła	N (Newton)
	Naprężenie	MPa (N/mm <sup>2</sup> )
	Ciśnienie	Bar (1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 0,1 MPa = 0,1 M/mm <sup>2</sup> )
	Temperatura	°C (stopień Celcjusza)
<b>Symbole</b>	$A_s$	pole przekroju rury stalowej
	$D$	średnica zewnętrzna osłony HDPE rury
	$d$	średnica zewnętrzna rury przewodowej
	$E$	moduł sprężystości podłużnej
	$F$	siła tarcia
	$G$	ciężar własny
	$I$	moment bezwładności
	$L_{190}$	długość instalacyjna dla naprężeń osiowych o wartości 190 MPa
	$L_F$	długość tarcia (dla maksymalnych naprężeń pochodzących od różnicy temperatur i ciśnienia wewnętrznego)
	$L_L$	długość sekcji rurociągu zamkniętego przez tarcie
	$L_E$	odległość pomiędzy kompensatorami jednorazowymi (E-mufami)
	$L_B$	odległość pomiędzy kompensatorem jednorazowym a kolanem kompensacyjnym
	$\sigma_{all}$	dopuszczalne naprężenia osiowe
	$L$	długość
	$\Delta L$	wydłużenia termiczne odcinka o długości $L$
	$H$	przykrycie gruntem do wierzchołka rur
	$Z$	głębokość osi rur ( $Z = H + \frac{1}{2}D$ )
	$R_e$	granica plastyczności
	$T$	temperatura w °C
	$\alpha$	współczynnik rozszerzalności liniowej
	$g$	przyśpieszenie ziemskie
$\rho$	gęstość	
$\nu$	współczynnik Poissona	
$\varphi$	kąt tarcia wewnętrznego gruntu	
$\mu$	współczynnik tarcia	
<b>Indeksy</b>	ins	instalacyjny
	min	minimalny
	max	maksymalny
	pre	naciąg (mechaniczny lub termiczny)

**Parametry charakterystyczne**

Charakterystyczne parametry stali przyjęto zgodnie z EN 13941-1.

Generalnie w niniejszym poradniku przyjęto:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$$

Co oznacza, że we wszystkich dalszych wzorach przyjmuje się, że:

$$E \cdot \alpha = 2,52 \text{ MPa/}^\circ\text{C}$$

W przypadku bardziej szczegółowej analizy, wartości modułu Younga i współczynnika rozszerzalności liniowej można przyjąć z tabeli obok.

Temperatura T	moduł Younga E(T) MPa	współczynnik rozszerzalności $\alpha(T)$ 1/K	Granica plastyczności $R_e$ MPa
20 °C	212,857	$1,16 \cdot 10^{-5}$	235
50 °C	211,143	$1,18 \cdot 10^{-5}$	235
70 °C	210,000	$1,19 \cdot 10^{-5}$	221
90 °C	208,857	$1,21 \cdot 10^{-5}$	216
100 °C	208,286	$1,22 \cdot 10^{-5}$	213
110 °C	207,714	$1,23 \cdot 10^{-5}$	210
120 °C	207,143	$1,23 \cdot 10^{-5}$	207
130 °C	206,571	$1,24 \cdot 10^{-5}$	205
140 °C	206,000	$1,25 \cdot 10^{-5}$	202

### Zespół rurowy - zespolony system rur preizolowanych

System rur preizolowanych LOGSTOR jest tzw. zespołem rurowym, w którym stalowa rura przewodowa, izolacja termiczna PUR i osłona HDPE są związane ze sobą tworząc jednolitą konstrukcję podobną do kanapki.

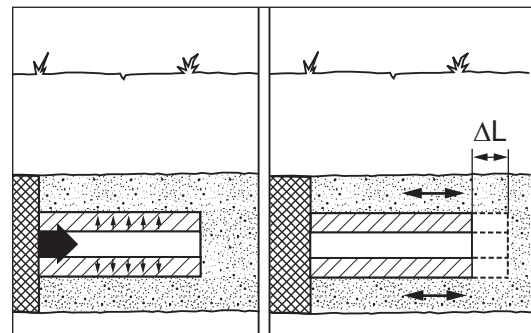
Konstrukcja taka zapewnia, że wydłużenia rury stalowej wynikające ze zmian temperatury czynnika grzewczego przenoszone są przez izolację PUR na osłonę rury, skutkiem czego są przemieszczenia całego zespołu rurowego w otaczającym gruncie.

Przemieszczenia te hamowane są przez siłę tarcia powstającą pomiędzy osłoną a gruntem.

W wyniku tego wydłużenia podziemnej preizolowanej sieci ciepłej są zawsze mniejsze niż wydłużenia termiczne w systemach rur kanałowych i napowietrznych, mających możliwość swobodnych wydłużeń.

Skutkiem działania siły tarcia jest pojawienie się w rurze stalowej naprężeń osiowych.

Możliwość "przejęcia" tych naprężeń stanowi podstawę działania systemu z rur zespolonych.



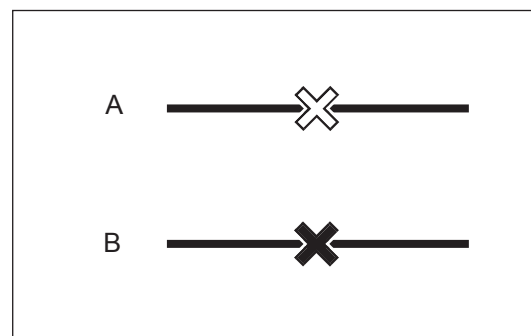
### Punkty stałe

W systemie z rur zespolonych punkty stałe można zdefiniować na dwa sposoby:

A Umowne punkty stałe powstają tam, gdzie siła tarcia na płaszczu rury w otaczającym gruncie powoduje hamowanie wydłużeń termicznych rurociągu.

W poradniku projektowania LOGSTOR przyjęte jest, że umowne punkty stałe powstają w połowie odcinków pomiędzy swobodnymi końcami lub kolanami kompensacyjnymi.

B Rzeczywiste punkty stałe, które buduje się tam, gdzie niezbędne jest zabezpieczenie systemu od wydłużeń termicznych sieci ciepłej.



## Naprężenia i obliczenia wydłużeń

---

### Wprowadzenie

Niniejszy rozdział zawiera podstawowe wzory dotyczące systemu podziemnych rurociągów preizolowanych służące do obliczeń naprężeń osiowych, wydłużeń termicznych, długości ramion kompensacyjnych oraz rozkładu poduszek kompensacyjnych.

Podane wzory i zależności pozwalają na wykonanie obliczeń projektów w klasie A i B w oparciu o metodę analizę uproszczonej według PN-EN 13941-1 czyli zgodnie z dokumentacją (poradnikiem) producenta systemu rur preizolowanych.

Poradnik projektowania LOGSTOR zawiera szereg tabel i wykresów umożliwiających uzyskanie wyników bez konieczności przeprowadzenia czasochłonnych i skomplikowanych obliczeń.

---

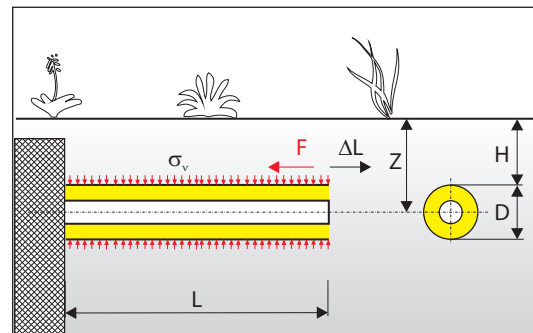
### Spis treści

- 1.1.13 Siły tarcia
  - 1.1.14 Naprężenia osiowe
  - 1.1.16 Wydłużenia na łukach kompensacyjnych
  - 1.1.17 Wydłużenia na odgałęzieniach
-

**Siła tarcia**

Zmiany temperatury czynnika w rurociągu powodują wydłużenia całego "zespołu rurowego". Ponieważ na rurociąg znajdujący się w gruncie oddziałuje nacisk gruntu, skutkiem przemieszczeń rur będzie pojawienie się siły tarcia gruntu na płaszczu osłonowym rury preizolowanej.

Jednostkową siłę tarcia gruntu o płaszcz rury można obliczyć za pomocą wzoru:



$$F = \mu \cdot \left( \frac{1 + K_0}{2} \cdot \sigma_v \cdot \pi \cdot D + G - \gamma_s \cdot \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right)$$

Gdzie:

- $\mu$  współczynnik tarcia piasku o płaszcz osłony PE rury - w normalnych warunkach  $\mu = 0,4$
- $K_0$  współczynnik parcia spoczynkowego gruntu - dla typowego łoża piaskowego  $K_0 = 0,46$
- $\sigma_v$  naprężenia pionowe od nacisku gruntu na głębokości osi rury,  $\sigma_v = g_s \cdot Z$
- $g_s$  ciężar właściwy gruntu ( $\text{kN/m}^3$ )
- $Z$  głębokość osi rury ( $Z = H + \frac{1}{2} D$ )
- $H$  przykrycie gruntem do wierzchu płaszcz rury
- $D$  średnica zewnętrzna płaszcz PE rury
- $G$  ciężar własny rury z wodą

Jednostkową siłę tarcia gruntu można również dla poszczególnych średnic i przykrycia rur 0,6÷1,5m odczytać z tabel na stronie 3.1.8 i 3.1.9.

Poradnik projektowania LOGSTOR oparty został na założeniu, że rurociągi układane są powyżej poziomu wody gruntowej.

W przypadku gdy poziom wody gruntowej znajduje się powyżej układanych rur należy zastosować się do szczegółowych wskazówek normy EN 13941-1 rozdział 6.5.3.

**Naprężenia w rurze stalowej**

Naprężenia powstające w rurze stalowej są wynikiem wzajemnego działania różnych zewnętrznych oraz wewnętrznych obciążeń, które można podzielić na:

- a. Obciążenia od sił:
  - ciśnienia wewnętrznego/zewnętrznego
  - ciężaru rur
  - czynnego i biernego nacisku gruntu
  - ruchu kołowego
- b. Obciążenia od przemieszczeń, które pochodzą od:
  - zmian temperatury
  - tarcia gruntu o płaszczyznę rur
  - oporu poprzecznego gruntu
  - warunków montażu np. naciąg wstępny itp.

Dla rurociągów o średnicach zawierających się w klasie projektowej A i B ciśnienie wewnętrzne ma znikomy wpływ na wartość naprężeń osiowych, więc wzory podane w poradniku LOGSTOR nie uwzględniają ciśnienia wewnątrz w rur i przyjęto, że wartość naprężeń osiowych w rurach zależy od:

- zmian temperatury
- sił tarcia gruntu na płaszczyźnie PE
- długości odcinków rurociągu zasypanych gruntem.

**Naprężenia osiowe ściskające dla  $L > 2 \cdot L_F$  (rurociąg w stanie gorącym  $T=T_{max}$ )**

Czerwona krzywa (rys. obok) ukazuje rozkład naprężeń ściskających rur w temperaturze  $T_{max}$ .

$N_R$  siła kontrakcji gruntu w strefie kompensacji.

W przypadku stosowania poduszek (mat) kompensacyjnych kontrakcję gruntu można pominąć i przyjmując  $N_R = 0$

$L_F$  odcinek hamowany przez tarcie (strefa zmian naprężeń i przemieszczeń)

$L_L$  odcinek zamknięty przez tarcie (strefa zmian naprężeń - całkowicie unieruchomiona)

Na odcinku  $L_F$  naprężenia osiowe ściskające zależą od odległości od kolana/swobodnego końca rury  $L_x$  i zmieniają się od 0 do wartości maksymalnej. Ich wartość można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\sigma(L_x) = -\frac{L_x \cdot F}{A_s} \quad [\text{MPa}]$$

Gdzie:  $L_x$  odległości od kolana/swobodnego końca rury

$F$  jednostkowa siła tarcia gruntu o płaszczyznę rury obliczona zgodnie ze str. 1.1.13 lub przyjęta zgodnie z tabelą na stronach 3.1.8 i 3.1.9.

$A_s$  pole przekroju rury stalowej (patrz tabele na stronach 3.1.8 i 3.1.9)

Maksymalna stała wartość naprężeń ściskających osiowych występuje na całej długości odcinka  $L_L$ . Można je obliczyć za pomocą wzoru:

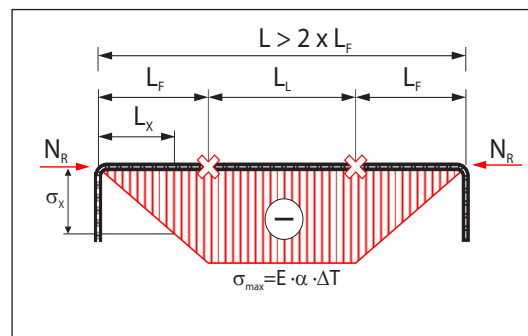
$$\sigma_{max} = -\Delta T \cdot E \cdot \alpha \quad [\text{MPa}]$$

Gdzie:  $\Delta T = T_{max} - T_{ins}$   $T_{max}$  maksymalna temperatura pracy

$T_{ins}$  temperatura montażu w której rurociąg zasypano gruntem

Stosując uproszczenia ze strony 1.1.10 powyższy wzór na naprężenia osiowe można zapisać:

$$\sigma_{max} = -\Delta T \cdot 2,52 \quad [\text{MPa}]$$

**Długość tarcia.**

Długość tarcia jest to odcinek rur równy odległości od swobodnego końca (łuku kompensacyjnego) do miejsca, gdzie wystąpią maksymalne naprężenia osiowe. Obliczamy ją za pomocą wzoru:

$$L_F = \frac{\sigma_{max} \cdot A_s}{F}$$

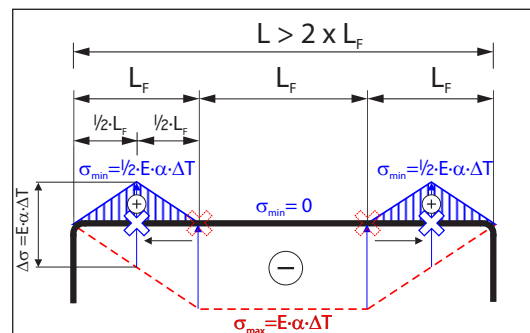


**Napężenia osiowe rozciągające dla  $L > 2 \cdot L_F$  (rurociąg w stanie zimnym  $T=T_{\min}=T_{\text{grunt}}$ )**

Niebieska krzywa (rys. obok) pokazuje rozkład naprężeń rozciągających na rurociągu schłodzonym do temperatury minimalnej  $T_{\min}$ . Na odcinku  $L_F$  wartość tych naprężeń zależy od odległości od kolana i zmienia się od wartości 0 na obu jego końcach do  $\sigma_{\min}$  w  $1/2$  odcinka  $L_F$ . Maksymalną wartość naprężeń rozciągających wynosi:

$$\sigma_{\min} = + \frac{1/2 \cdot L_F \cdot F}{A_S} \quad [\text{MPa}]$$

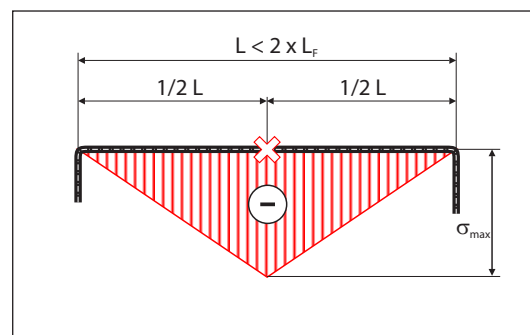
Na całej długości  $L$  wartość naprężeń  $\sigma=0$ MPa.



**Napężenia osiowe ściskające dla  $L < 2 \cdot L_F$  (rurociąg w stanie gorącym)**

W przypadku kiedy odległość między łukami kompensacyjnymi  $L \leq 2 \cdot L_F$ , dla gorącego rurociągu w temperaturze  $T=T_{\max}$  maksymalne naprężenia osiowe ściskające wystąpią na środku odcinka rur (czerwona krzywa rys. obok). Maksymalna wartość naprężeń zależy wyłącznie od sił tarcia i można ją obliczyć ze wzoru:

$$\sigma_{\max} = - \frac{1/2 \cdot L \cdot F}{A_S}$$



**Napężenia osiowe ściskające dla  $L < 2 \cdot L_F$  (rurociąg w stanie zimnym)**

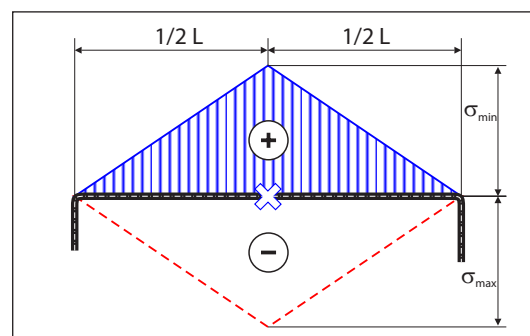
Dla rurociągu w temperaturze  $T_{\min}$  naprężenia rozciągające  $\sigma_{\min}$  zależą zarówno od różnicy temperatur  $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$  jak i od wielkości sił tarcia na odcinku rur od kolana do umownego punktu stałego.

Dla krótkich odcinków rur, kiedy:

$$E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \geq 2 \cdot \frac{1/2 \cdot L \cdot F}{A_S}$$

maksymalna wartość naprężeń rozciągających  $\sigma_{\min}$  wystąpi na środku odcinka rur i wynosi:

$$\sigma_{\min} = + \frac{1/2 \cdot L \cdot F}{A_S} \quad [\text{MPa}]$$



Dla długich odcinków rur, kiedy:

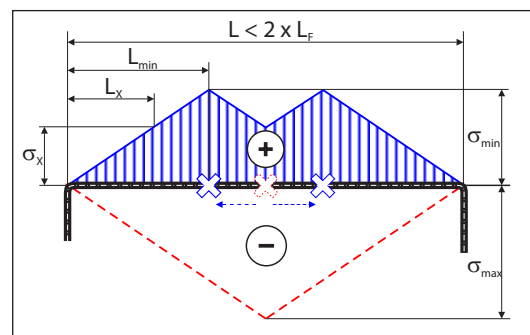
$$E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \leq 2 \cdot \frac{1/2 \cdot L \cdot F}{A_S}$$

rozkład naprężeń rozciągających przedstawia niebieska krzywa na rys. obok.

Maksymalna wartość naprężeń rozciągających  $\sigma_{\min}$  pojawi się w odległości  $L_{\min}$  od kolana:

$$L_{\min} = \frac{A_S}{2 \cdot F} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min})$$

$$\sigma_{\min} = \frac{L_{\min} \cdot F}{A_S} \quad [\text{MPa}]$$



Wartość naprężeń rozciągających  $\sigma_{\min}(L)$  w dowolnym miejscu rurociągu w odległości  $L_x$  od kolana można obliczyć za pomocą wzorów:

na odcinku  $0 \leq L \leq L_{\min}$ :

$$\sigma_{\min}(L_x) = \frac{L_x \cdot F}{A_S} \quad [\text{MPa}]$$

na odcinku  $L_{\min} \leq L_x \leq 1/2 L$ :

$$\sigma_{\min}(L_x) = E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) - \frac{L_x \cdot F}{A_S} \quad [\text{MPa}]$$

## Wydłużenia na łukach kompensacyjnych

### Wydłużenia rurociągów zasypanych gruntem

Wydłużenia termiczne rurociągu zasypanego gruntem są mniejsze niż wydłużenia rurociągu kanałowego lub napowietrznego. Wynika to z działania siły tarcia, powodującej redukcję wydłużeń od zmian temperatury rur. Pomijając działanie sił od ciśnienia  $N_p$  i kontaktacji gruntu w strefie kompensacji  $N_R$ , wydłużenia względne rur można zapisać za pomocą wzoru:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\Delta T} - \varepsilon_F$$

gdzie:  $\varepsilon_{\Delta T} = 1/E \cdot \Delta L_x = \alpha \cdot \Delta T$  wydłużenia względne od różnicy temperatur

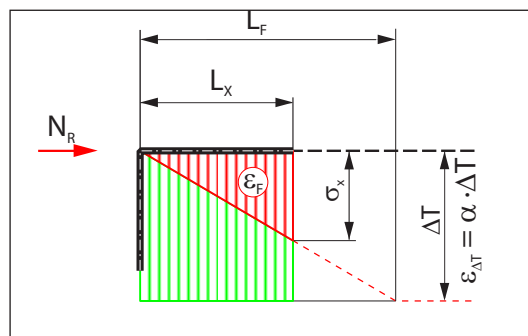
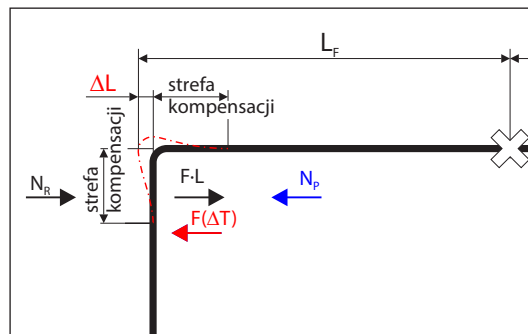
$\varepsilon_F = 1/E \cdot \Delta L_F = (F \cdot L_x) / (2 \cdot E \cdot A_s)$  wydłużenia względne od siły tarcia

Rzeczywiste wydłużenia rurociągu o długości  $L_x$  można obliczyć jako całkę wydłużeń względnych, zatem możemy określić je za pomocą wzoru:

$$\Delta L_x = \int_0^{L_x} (\varepsilon_{\Delta T} - \varepsilon_F) dx = \alpha \cdot L_x \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_x^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

gdzie:  $L_x$  długość odcinka rurociągu ( $L_x \leq L_F$ ).

Ponieważ naprężenia osiowe w rurze stalowej zgodnie ze wzorem:  $\sigma = \varepsilon \cdot E$  zależne są od wydłużenia względnego, a wydłużenia rzeczywiste są całką wydłużeń względnych, to można zauważyć, że zielone pole figury pod krzywą naprężeń osiowych obrazuje wydłużenia rzeczywiste rurociągu zasypanego gruntem.



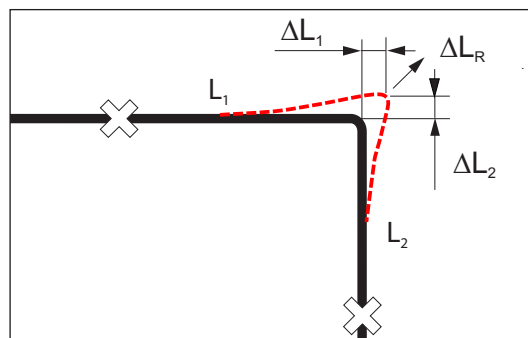
### Wydłużenia na końcach odcinków rurociągów

Wydłużenia termiczne na załamaniach trasy rurociągu można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L_x = L_x \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_x^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Długości  $L_x$  we wzorze wyżej jest to odległość od umownego/rzeczywistego punktu stałego do końca rurociągu (łuk kompensacyjny), lecz nie więcej niż długość tarcia  $L_F$ .

Ponieważ dla rurociągów w klasie projektowej A i B ciśnienie wewnętrzne ma znikomy wpływ na wydłużenia, wzory w poradniku LOGSTOR nie uwzględniają ciśnienia wewnątrz w rur.



### Przemieszczenia wypadkowe

Ponieważ na załamaniach kompensacyjnych przemieszczenia rur pochodzą z odcinków rur z obu ramion łuku, wypadkowe przemieszczenia należy obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

Reakcją na poprzeczne przemieszczenia rur w gruncie na załamaniach jest nacisk gruntu na płaszczyznę skutkujący powstaniem promieniowych naprężeń ściskających w izolacji PUR. Reakcja gruntu zależy od charakterystyki łoża piaskowego w strefie kompensacji (rodzaj zasyпки, wskaźnik zagęszczenia), wielkości przemieszczeń i przykrycia rur gruntem.

W celu zabezpieczenia rurociągów przed przekroczeniem dopuszczalnych wartości naprężeń ściskających w strefach kompensacji należy stosować poduszki kompensacyjne.

Sposób obliczenia przemieszczeń i doboru poduszek na łukach w strefie kompensacji opisany jest w rozdziale 4.0 niniejszego poradnika.

## Wydłużenia na odgałęzieniach

Przesunięcia  
na odgałęzieniach  
od rurociągów

Przesunięcia poprzeczne rur odgałęźnych wynikają bezpośrednio z wydłużeń rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika.

Wartość tych przesunięć jest równa wielkości wydłużeń termicznych rury głównej w miejscu wykonania trójnika.

Wydłużenia rury głównej można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F(2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_S}$$

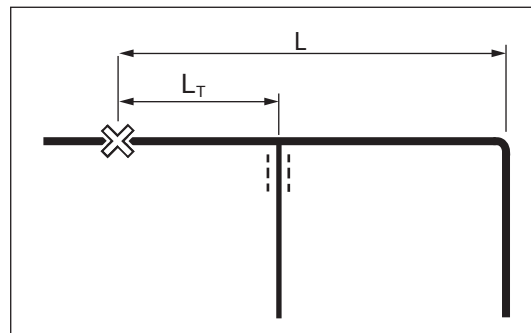
Gdzie:

$L$  jest to odległość od punktu stałego (umownego lub rzeczywistego) do kolana kompensacyjnego na rurociągu głównym, lecz nie więcej niż długość tarcia  $L_T$ .

$L_T$  jest to odległość od punktu stałego do trójnika odgałęzienia

W celu zabezpieczenia odgałęzień przed przekroczeniem dopuszczalnych naprężeń w rurze stalowej i izolacji PUR pochodzących od kontrakcji gruntu, na rurach w strefach kompensacji należy stosować poduszki kompensacyjne.

Obliczenia przesunięć i dobór poduszek na trójnikach prostopadłych i równoległych opisano w rozdziale 5 niniejszego poradnika.



## Przykłady obliczeń naprężeń i wydłużeń

---

### Wprowadzenie

Przykładowe obliczenia zawarte w niniejszym rozdziale wykonane zostały dla dwóch różnych typowych temperatur odpowiadających warunkom dla sieci wysoko i nisko parametrych.

Wyniki obliczeń obrazują dla obu przypadków różnicę w zakresie:

- poziomu naprężeń osiowych w rurach stalowych
- długości tarcia
- wydłużeniach termicznych odcinków rur

Dzięki temu możliwe są:

- ocena konieczności redukcji naprężeń osiowych
  - wybór sposobu redukcji naprężeń osiowych
- 

### Spis treści

1.1.19 Poziom naprężeń osiowych

1.1.21 Wydłużenia na łukach kompensacyjnych

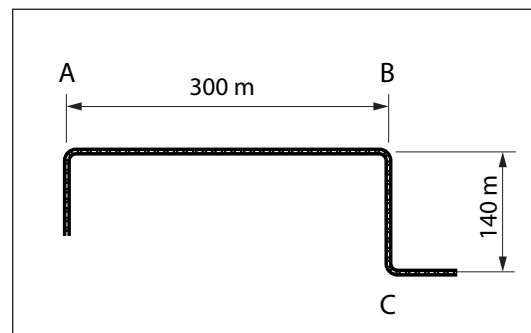
1.1.23 Wydłużenia na odgałęzieniach

---

## przykład 1a - poziom naprężeń osiowych

Przykład 1a  
parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Maksymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 120^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.1.9 dla rur prostych układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>

Maksymalne  
naprężenia osiowe

Maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  obliczamy zgodnie ze str. 1.1.13:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (120 - 10) \cdot 2,52 = -277,2 \text{ MPa}$$

## Odcinek A-B

Długość tarcia  $L_f$  wynosi zgodnie ze str. 1.1.14:

$$L_f = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F} = \frac{277,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2}{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 103,6 \text{ m}$$

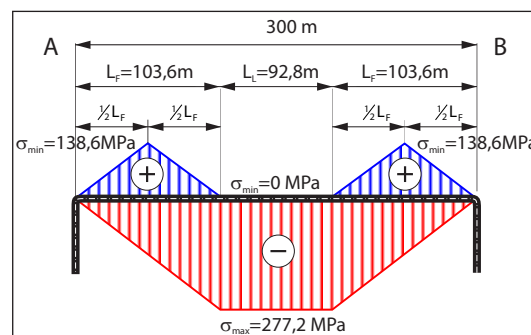
Ponieważ długość odcinka A-B jest dwa razy większa niż długość tarcia  $L_f$ , zatem na obu końcach rurociągu A-B utworzą się odcinki hamowane przez tarcie, a pomiędzy nimi odcinek rurociągu zamknięty przez tarcie o długości:

$$L_L = L - (2 \cdot L_f) = 300 \text{ m} - (2 \cdot 103,6 \text{ m}) = 92,8 \text{ m}$$

Na rurociągu w stanie zimnym w temperaturze  $T_{\min}$  (krzywa niebieska na rys. wyżej) maksymalna wartość naprężeń osiowych rozciągających wynosi:

$$\sigma_{\min} = 0 \text{ MPa} \quad \text{na odcinku zamkniętym przez tarcie (stała na całej jego długości)}$$

$$\sigma_{\min} = 138,6 \text{ MPa} \quad \text{na odcinku hamowanym przez tarcie (maksymalna w połowie jego długości)}$$



## Odcinek B-C

Ponieważ odcinek B - C = 140m jest krótszy niż  $2 \cdot L_f = 207,2$  m, zatem maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla rurociągu gorącego w temperaturze  $T_{\max}$  (czerwona krzywa na rys. obok) zgodnie ze str. 1.1.14 wynosi:

$$\sigma_{B-C} = \frac{\frac{1}{2} L \cdot F}{A_s} = \frac{\frac{1}{2} 140 \text{ m} \cdot 3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{1252 \text{ mm}^2} = 187,3 \text{ MPa}$$

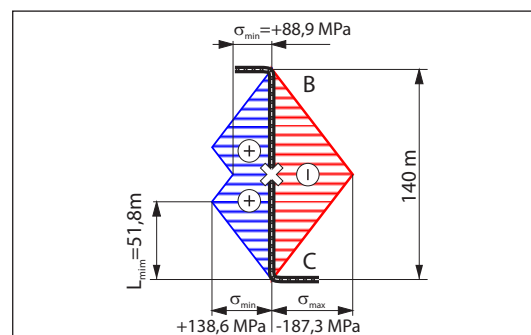
Dla rurociągu zimnego w temperaturze  $T_{\min}$  (niebieska krzywa na rys. obok) należy sprawdzić czy spełniony jest warunek:

$$E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \geq 2 \cdot \frac{\frac{1}{2} L \cdot F}{A_s} \rightarrow 2,52 \frac{\text{MPa}}{^{\circ}\text{C}} \cdot 110^{\circ}\text{C} = 277,2 \text{ MPa} < 2 \cdot \frac{\frac{1}{2} 140 \text{ m} \cdot 3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{1252 \text{ mm}^2} = 374,6 \text{ MPa}$$

Maksymalna wartość naprężeń rozciągających  $\sigma_{\min B-C}$  pojawi się w odległości  $L_{\min}$  od kolana:

$$L_{\min B-C} = \frac{A_s}{2 \cdot F} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) = \frac{1252 \text{ mm}^2}{2 \cdot 3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}} \cdot 2,52 \frac{\text{MPa}}{^{\circ}\text{C}} \cdot 110^{\circ}\text{C} = 51,8 \text{ m}; \quad \sigma_{\min B-C} = \frac{L_{\min} \cdot F}{A_s} = \frac{51,8 \text{ m} \cdot 3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{1252 \text{ mm}^2} = 138,6 \text{ MPa}$$

Na środku odcinka B-C naprężenia rozciągające będą mniejsze i zgodnie ze str. 1.8.1.2 wyniosą:

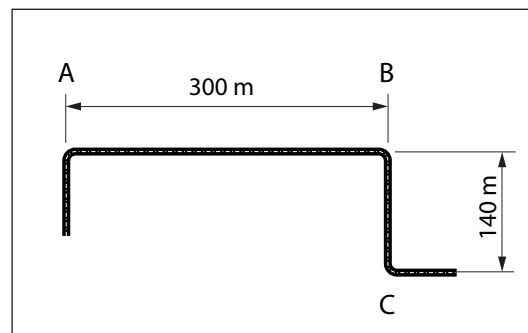


$$\sigma_{\min B-C} = E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) - \frac{L \cdot F}{2 \cdot A_s} = 277 \text{ MPa} - 188,3 \text{ MPa} = 88,9 \text{ MPa}$$

## przykład 1b - poziom naprężeń osiowych

### Przykład 1b parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Masykalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.1.9 dla rur prostych układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



### Maksymalne naprężenia osiowe

Maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  obliczamy zgodnie ze str. 1.1.13:  
 $\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52$  [MPa]  
 $\sigma_{\max} = (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = -176,4$  MPa

### Odcinek A-B

Długość tarcia  $L_f$  wynosi zgodnie ze str. 1.1.14:

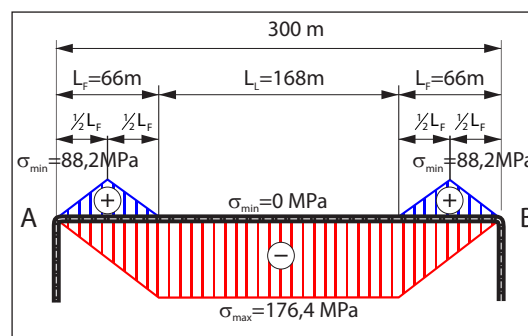
$$L_f = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F} = \frac{176,4 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2}{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 65,9 \text{ m} \approx 66 \text{ m}$$

Ponieważ długość odcinka A-B jest dwa razy większa niż długość tarcia  $L_f$ , zatem na obu końcach rurociągu A-B utworzą się odcinki hamowane przez tarcie, a pomiędzy nimi odcinek rurociągu zamknięty przez tarcie o długości:

$$L_L = L - (2 \cdot L_f) = 300 \text{ m} - (2 \cdot 66 \text{ m}) = 168 \text{ m}$$

Na rurociągu w stanie zimnym w temperaturze  $T_{\min}$  (krzywa niebieska na rys. wyżej) maksymalna wartość naprężeń osiowych rozciągających wynosi:

$\sigma_{\min A-B} = 0$  MPa na odcinku zamkniętym przez tarcie (stała na całej jego długości)  
 $\sigma_{\min A-B} = 88,2$  MPa na odcinku hamowanym przez tarcie (maksymalna w połowie jego długości)



### Odcinek B-C

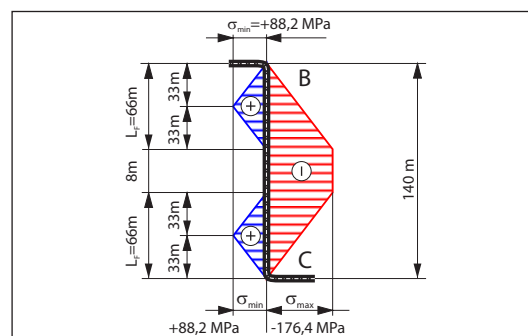
Długość odcinka B-C = 140 m jest większa niż  $2 \cdot L_f = 2 \cdot 66 \text{ m} = 132 \text{ m}$ , zatem maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla rurociągu gorącego w temperaturze  $T_{\max}$  (czerwona krzywa na rys. obok) wynosi podobnie jak na odcinku A-B:

$$\sigma_{\max B-C} = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot 70^{\circ}\text{C} = 176,4 \text{ MPa}$$

Długość odcinka zamkniętego przez tarcie wynosi:  $L_L = 140 \text{ m} - 2 \cdot 66 \text{ m} = 8 \text{ m}$ .

Na rurociągu zimnym w temperaturze  $T_{\min}$  (krzywa niebieska na rys. wyżej) maksymalna wartość naprężeń osiowych rozciągających wynosi:

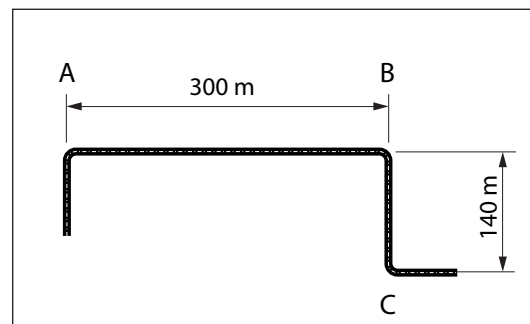
$\sigma_{\min B-C} = 0$  MPa na odcinku zamkniętym przez tarcie (stała na całej jego długości)  
 $\sigma_{\min B-C} = 88,2$  MPa na odcinku hamowanym przez tarcie (maksymalna w połowie jego długości)



## przykład 2a - wydłużenia na łukach kompensacyjnych

### Przykład 2a parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Masymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 120^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.1.9 dla  
 rur prostych układanych z ograniczeniem  
 naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m;  $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



### Obliczenia przemieszczeń w punkcie B

Po ustaleniu długości  $L_1$  i  $L_2$  od kolana do umownych punktów stałych należy wykonać obliczenia:

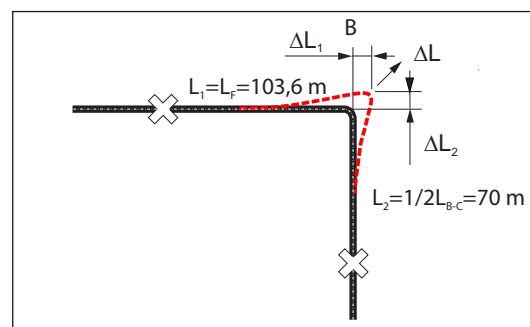
- wydłużeń pierwotnych i wtórnych  $\Delta L_1$  dla odcinka A-B
- wydłużeń pierwotnych i wtórnych  $\Delta L_2$  dla odcinka B-C
- przemieszczeń wypadkowych  $\Delta L$  dla punktu B

#### 1.1 Wydłużenia pierwotne $\Delta L_1$ odcinka A-B przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

Odcinek A-B ma długość 300m, a długość tarcia obliczona dla przykładu 1a wynosi  $L_F = 103,6$ m, zatem odległość od kolana B do umownego punktu stałego  $L_1 = 103,6$ m, a wydłużenia pierwotne wyniosą:

$$\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) - \frac{F \cdot L_1^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

$$\Delta L_1 = 103,6 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (103,6 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0684 \text{ m} = 68,4 \text{ mm}$$



#### 2.1 Wydłużenia pierwotne $\Delta L_2$ odcinka B-C przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

Ponieważ długość odcinka B-C wynosi 140m, a długość tarcia  $L_F = 103,6$ m, zatem umowny punkt stały powstanie na środku odcinka B-C i do obliczeń przyjmuje się  $L_2 = 70$ m:

$$\Delta L_2 = 70 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (70 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0612 \text{ m} = 61,2 \text{ mm}$$

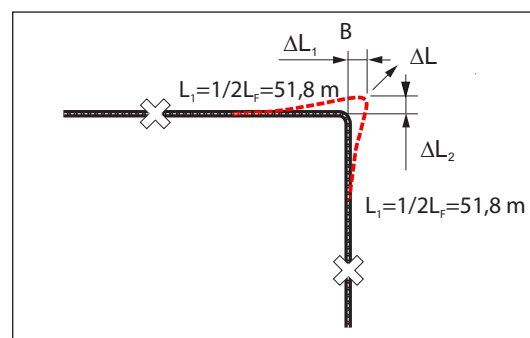
#### 3.1 Przemieszczenia wypadkowe pierwotne $\Delta L$ łuku B przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2} = \sqrt{(68,4 \text{ mm})^2 + (61,2 \text{ mm})^2} = 91,8 \text{ mm}$$

#### 1.2 Wydłużenia wtórne $\Delta L_1$ dla odcinka A-B schładzanego od $T_{\max}$ do $T_{\min}$ :

Analiza przykładu 1a odcinka A-B na stronie 1.9.1.1 pokazuje, że przy ochładzaniu rur od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowny punkt stały utworzy się w odległości  $L_1 = 1/2 L_F = 51,8$  m od kolana B, a wydłużenia wtórne wyniosą:

$$\Delta L_1 = 51,8 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (51,8 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 34,2 \text{ mm}$$



#### 2.2 Wydłużenia wtórne $\Delta L_2$ dla odcinka B-C schładzanego od $T_{\max}$ do $T_{\min}$ :

Na odcinku B-C (przykład 1a str. 1.9.1.1) przy schładzaniu od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowny punkt stały powstanie w odległości  $L_2 = 51,8$  m od kolana B, a wydłużenia wtórne wyniosą:

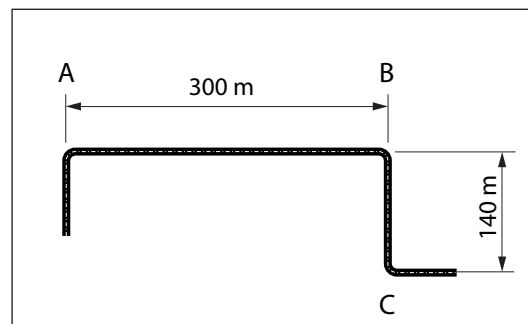
$$\Delta L_2 = 51,8 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (51,8 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0342 \text{ m} = 34,2 \text{ mm}$$

#### 3.2 Przemieszczenia wypadkowe wtórne $\Delta L$ łuku B: $\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2} = \sqrt{(34,2 \text{ mm})^2 + (34,2 \text{ mm})^2} = 48,4 \text{ mm}$

## przykład 2b - wydłużenia na łukach kompensacyjnych

### Przykład 2b parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Masymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.1.9 dla rur prostych układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m;  $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>.



### Obliczenia przemieszczeń w punkcie B

Po ustaleniu długości  $L_1$  i  $L_2$  od kolana do umownych punktów stałych należy wykonać obliczenia:

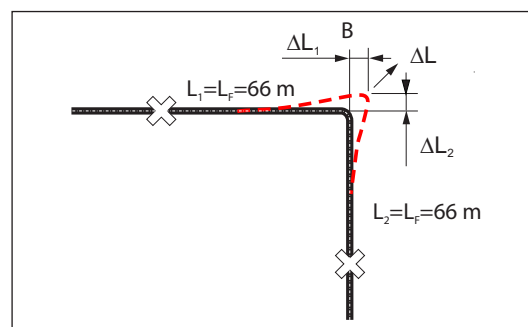
- wydłużeń pierwotnych i wtórnych  $\Delta L_1$  dla odcinka A-B
- wydłużeń pierwotnych i wtórnych  $\Delta L_2$  dla odcinka B-C
- przemieszczeń wypadkowych  $\Delta L$  dla punktu B

#### 1.1 Wydłużenia pierwotne $\Delta L_1$ odcinka A-B przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

Odcinek A-B ma długość 300m, a długość tarcia obliczona dla przykładu 1b wynosi  $L_F = 66$ m, zatem odległość od kolana B do umownego punktu stałego  $L_1 = 66$ m, a wydłużenia pierwotne wyniosą:

$$\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) - \frac{F \cdot L_1^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

$$\Delta L_1 = 66 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (66 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0277 \text{ m} = 27,7 \text{ mm}$$



#### 2.1 Wydłużenia pierwotne $\Delta L_2$ odcinka B-C przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

Odcinek B-C ma długości 140m, a długość tarcia (przykład 1b str. 1.9.1.2)  $L_F = 66 \text{ m} < \frac{1}{2} \cdot 140 \text{ m}$ , zatem odległość od kolana B do umownego punktu stałego  $L_2 = 66$ m, a wydłużenia pierwotne:

$$\Delta L_2 = 66 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (66 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0277 \text{ m} = 27,7 \text{ mm}$$

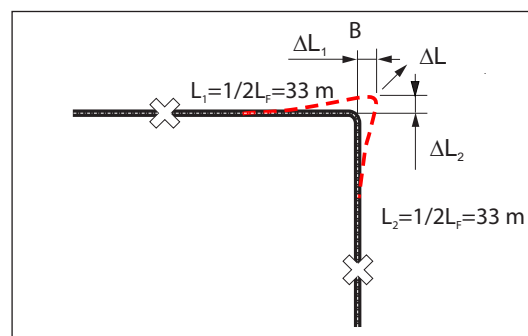
#### 3.1 Przemieszczenia wypadkowe pierwotne $\Delta L$ łuku B przy pierwszym grzaniu od $T_{\text{ins}}$ do $T_{\max}$ :

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2} = \sqrt{(27,7 \text{ mm})^2 + (27,7 \text{ mm})^2} = 39,2 \text{ mm}$$

#### 1.2 Wydłużenia wtórne $\Delta L_1$ dla odcinka A-B schładzanego od $T_{\max}$ do $T_{\min}$ :

Analiza przykładu 1b odcinka A-B na stronie 1.9.1.2 pokazuje, że przy ochładzaniu rur od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowny punkt stały utworzy się w odległości  $L_1 = \frac{1}{2} L_F = 33$ m od kolana B, a wydłużenia wtórne wyniosą:

$$\Delta L_1 = 33 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (33 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 13,8 \text{ mm}$$



#### 2.2 Wydłużenia wtórne $\Delta L_2$ dla odcinka B-C schładzanego od $T_{\max}$ do $T_{\min}$ :

Na odcinku B-C (przykład 1b str. 1.9.1.2) przy schładzaniu od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowny punkt stały powstanie w odległości  $L_2 = 33$ m od kolana B, a wydłużenia wtórne wyniosą:

$$\Delta L_2 = 33 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (33 \text{ m})^2}{2 \cdot 1252 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,0138 \text{ m} = 13,8 \text{ mm}$$

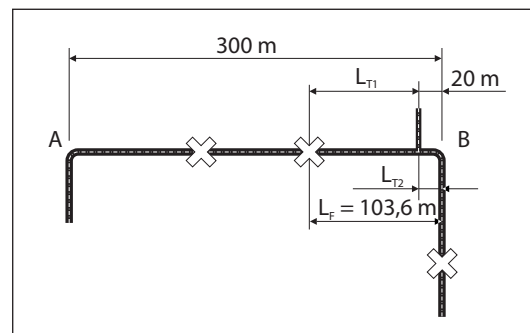
#### 3.2 Przemieszczenia wypadkowe wtórne $\Delta L$ łuku B: $\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2} = \sqrt{(13,8 \text{ mm})^2 + (13,8 \text{ mm})^2} = 19,5 \text{ mm}$



## przykład 3a - wydłużenia na odgałęzieniach

Przykład 3a  
parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Maksymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 120^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.2.2.2 dla rur prostych układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m;  $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>

Maksymalne  
naprężenia osiowe  
i długość tarcia

Maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  obliczamy zgodnie ze str. 1.1.14:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = -277,2 \text{ MPa}$$

Długość tarcia  $L_F$  wynosi zgodnie ze str. 1.1.14:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F} = \frac{277,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2}{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 103,6 \text{ m}$$

Obliczenia  
przemieszczeń w  
miejscu wykonania  
trójnika

Obliczenia wydłużeń termicznych  $\Delta L_T$  rurociągu głównego w miejscu trójnika:

1. Wydłużenia pierwotne = pierwsze grzanie zasypanego rurociągu od  $T_{\text{ins}}$  do  $T_{\max}$ :  
Ponieważ  $L_F = 103,6 \text{ m} \leq \frac{1}{2} \cdot (A-B)$ , więc do obliczeń przyjmujemy  $L_{T1} = 103,6 \text{ m} - 20 \text{ m} = 83,6 \text{ m}$ .  
Wydłużenia pierwotne rurociągu głównego w miejscu trójnika wyniosą zatem:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - \frac{F \cdot (2 \cdot L_F - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 83,6 \text{ m} - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (2 \cdot 103,6 \text{ m} - 83,6 \text{ m}) \cdot 83,6 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 44,5 \text{ mm}$$

2. Wydłużenia wtórne = pierwsze schładzanie zasypanego rurociągu od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$ :  
Analiza przykładu 2a (str. 1.9.2.1) pokazuje, że przy schładzaniu rur od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowy punkt stały utworzy się w odległości  $L = \frac{1}{2} \cdot L_F = 51,8 \text{ m}$  od kolana B.  
Zatem do obliczeń wydłużeń wtórnych przyjmujemy  $L_{T1} = 51,8 \text{ m} - 20 \text{ m} = 31,8 \text{ m}$ .  
Wydłużenia wtórne podczas pierwszego schładzania i kolejnych cykli grzanie/chłodzenie obliczymy ze wzoru jak niżej:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - 2 \cdot \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

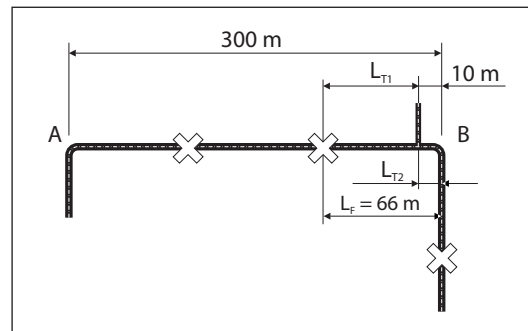
$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot (120^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 31,8 \text{ m} - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (2 \cdot 51,8 \text{ m} - 31,8 \text{ m}) \cdot 31,8 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 12,9 \text{ mm}$$

Do obliczeń długości stref kompensacji, grubości oraz rozkładu poduszek kompensacyjnych na trójnikach LOGSTOR zaleca stosowanie wydłużeń pierwotnych rurociągu w miejscu wykonania trójnika (patrz rozdział 5 Poradnika projektowania).

## przykład 3b - wydłużenia na odgałęzieniach

### Przykład 3b parametry pracy

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Maksymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Wartości odczytane z tabeli ze str. 3.2.2.2 dla rur prostych układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych:  
 $F = 3.35$  kN/m;  $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



### Maksymalne naprężenia osiowe i długość tarcia

Maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  obliczamy zgodnie ze str. 1.1.14:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = -176,4 \text{ MPa}$$

Długość tarcia  $L_F$  wynosi zgodnie ze str. 1.1.14:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F} = \frac{176,4 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2}{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 65,9 \text{ m} \approx 66 \text{ m}$$

### Obliczenia przemieszczeń w miejscu wykonania trójnika

**Obliczenia wydłużeń termicznych  $\Delta L_T$  rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika:**

1. Wydłużenia pierwotne = pierwsze grzanie zasypanego rurociągu od  $T_{\text{ins}}$  do  $T_{\max}$ :  
Ponieważ  $L_F = 66 \text{ m} \leq \frac{1}{2} \cdot (A-B)$ , więc do obliczeń przyjmujemy  $L_{T1} = 66 \text{ m} - 10 \text{ m} = 56,0 \text{ m}$ .  
Wydłużenia pierwotne rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika wyniosą zatem:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - \frac{F \cdot (2 \cdot L_F - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 56 \text{ m} - \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (2 \cdot 66 \text{ m} - 56 \text{ m}) \cdot 56 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 20 \text{ mm}$$

2. Wydłużenia wtórne = pierwsze schładzanie zasypanego rurociągu od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$ :  
Analiza przykładu 2a (str. 1.9.2.2) pokazuje, że przy schładzaniu rur od  $T_{\max}$  do  $T_{\min}$  umowny punkt stały utworzy się w odległości  $L = \frac{1}{2} \cdot L_F = 33 \text{ m}$  od kolana B.  
Zatem do obliczeń wydłużeń wtórnych przyjmujemy  $L_{T1} = 33 \text{ m} - 10 \text{ m} = 23,0 \text{ m}$ .  
Wydłużenia wtórne podczas pierwszego schładzania i kolejnych cykli grzanie/chłodzenie obliczymy ze wzoru jak niżej:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - 2 \cdot \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 23 \text{ m} - 2 \cdot \frac{3350 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (2 \cdot 33 \text{ m} - 23 \text{ m}) \cdot 23 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 6,7 \text{ mm}$$

Do obliczeń długości stref kompensacji, grubości oraz rozkładu poduszek kompensacyjnych na trójnikach LOGSTOR zaleca stosowanie wydłużeń pierwotnych rurociągu w miejscu wykonania trójnika (patrz rozdział 5 Poradnika projektowania).

## Określenie dopuszczalnych wartości naprężeń

---

### Wprowadzenie

W niniejszym rozdziale zawarte zostały wskazówki, jakie warunki i wymagania wstępne należy określić i sprawdzić przed przyjęciem wartości dopuszczalnych naprężeń osiowych w rurociągach. Określony jest również sposób obliczenia naprężeń dopuszczalnych oraz podane metody redukcji naprężeń osiowych w kontekście metod ich instalacji. Rozdział zawiera wykresy typowych rozkładów naprężeń osiowych dla metod montażu bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych i z ich ograniczeniem.

---

### Spis treści

- 1.1.26 Określenie dopuszczalnych naprężeń osiowych
  - 1.1.28 Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych
  - 1.1.29 Ograniczenia naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych
  - 1.1.30 Ograniczenia naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego
  - 1.1.31 Ograniczenia naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf
-

## Określenie dopuszczalnych wartości naprężeń

### Naprężenia dopuszczalne

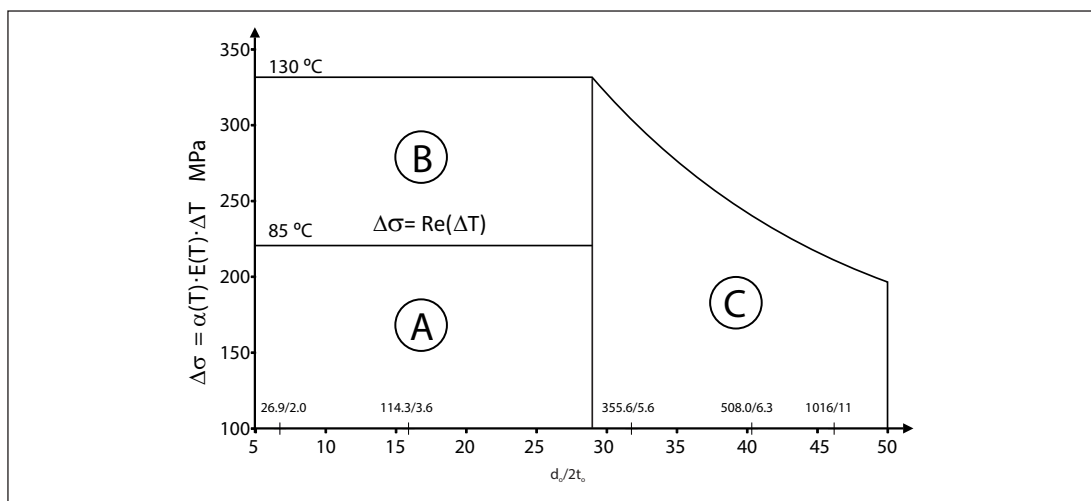
Określenie wartości maksymalnie dopuszczalnych naprężeń osiowych dla prostych odcinków rurociągów musi być powiązane z oceną ryzyka wystąpienia niestabilności lokalnej rur (miejscowe wybożenia/wygięcia rury) oraz niestabilności globalnej (wyboczenie i utrata równowagi odcinków systemu rurociągów preizolowanych).

#### Miejscowe wybożenia lub wygięcia - stan graniczny C1 wg EN 13941-1

Lokalna stabilność rurociągów podziemnych polega na zabezpieczeniu rur przed wystąpieniem miejscowych wybożeń lub wygięć rur pochodzących od wysokich naprężeń ściskających.

Ryzyko wystąpienia wybożeń rur pochodzących od naprężeń ściskających występuje najczęściej dla rur o dużych średnicach w relacji średnicy do grubości ścianki rury stalowej.

Ryzyko wystąpienia wybożeń rurociągów podziemnych zasadniczo nie występuje, kiedy poziom naprężeń osiowych ściskających będzie poniżej krzywej na rysunku poniżej (odpowiada on stanowi granicznemu C1 wg. EN 13941-1).



Szczegółowe wyjaśnienia dotyczące stanu granicznego C1 zawarte są w rozdziale 3.2 "Proste odcinki układane z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych".

#### Ogólna niestabilność (wyboczenie i utrata stanu równowagi w systemie rurociągów) - stan graniczny C2 wg EN 13941-1

Ryzyko utraty stanu równowagi rurociągów podziemnych zależy od wielu oddziaływań zewnętrznych i wewnętrznych, które mają wpływ na wartość naprężeń ściskających w rurach stalowych. Analiza ich wpływu na stabilność rur powinna uwzględniać zarówno wszystkie oddziaływania znane w fazie projektowania jak i możliwe do pojawienia się w trakcie przyszłej eksploatacji systemu.

Typowe oddziaływania mające wpływ na ogólną niestabilność konstrukcji liniowej w gruncie:

- równoległe i poprzeczne wykopy w bezpośrednim sąsiedztwie rurociągów
- odległość do/od istniejących i przyszłych rurociągów podziemnych
- równoległe roboty ziemne (wykopy) na istniejących lub pod przyszłe rurociągi
- stabilność rur giętych przy niewielkim przykryciu do wierzchu rur
- ryzyko wybożeń przy wysokim poziomie naprężeń ściskających
- stosowanie ukosowań na spoinach spawanych
- ewentualne kolizje w wykopie pojawiające się w trakcie prac budowlanych
- zmiany średnic na prostych odcinkach rur
- trójniki odgałęźne i inne elementy preizolowane
- położenie armatury odcinającej
- wydłużenia rurociągów na załamaniach kompensacyjnych

## Określenie dopuszczalnych wartości naprężeń

### Naprężenia dopuszczalne ciąg dalszy

Norma EN 13941-1 dopuszcza zastosowanie w rurociągach podziemnych osiowych naprężeń ściskających o wartości jak pokazano na wykresie stronie 1.10.1.1.

Zaleca się, aby gestor sieci ciepłej w oparciu o wyżej wymienione określenia przyjął własną, dopuszczalną wartość naprężeń ściskających w rurociągu.

Poziom naprężeń dopuszczalnych nie powinien być odgórnie przyjęty jako stały dla wszystkich elementów systemu rur, lecz powinien uwzględniać zarówno lokalne warunki gruntowe jak i indywidualne uwarunkowania poszczególnych elementów (trójniki, armatura, zwięzki itp).

Spełnienie reguł i zasad przyjętych w Poradniku projektowania LOGSTOR pozwala na stosowanie podanych na wykresie 1.10.1.1 wartości naprężeń dla poszczególnych klas projektowych bez ryzyka utraty stabilności lokalnej i globalnej.

Uwarunkowania lokalne mogą jednak spowodować, że niektóre fragmenty sieci ciepłej można układać bez ograniczenia naprężeń osiowych (tzw. klasyczny zimny montaż), natomiast inne wymagać mogą zastosowania metod instalacji ograniczających poziom tych naprężeń.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń LOGSTOR rekomenduje, aby w przypadku stosowania metod instalacji z ograniczonym poziomem naprężeń maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających w rurach stalowych przyjmować na poziomie 190 MPa.

Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby gestor sieci ciepłowniczej przyjął swój własny dopuszczalny poziom naprężeń osiowych wynikający z jego doświadczeń czy oceny ryzyka.

Przyjęcie naprężeń osiowych o wartości 190 MPa oraz zakładanego zgodnie z normą EN 13941-1 cząstkowego współczynnika bezpieczeństwa dla materiału  $\gamma_m = 1,1$  nie spowoduje przekroczenia granicy plastyczności rury stalowej w temperaturze pracy (do +130°C). Należy jednak pamiętać o sprawdzeniu ogólnej niestabilności rurociągów zgodnie z wytycznymi jak niżej:

- dla rurociągów układanych bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych - rozdział 3.1
- dla rurociągów układanych z ograniczeniem poziomu naprężeń osiowych wartość naprężeń osiowych niższą od dopuszczalnych ustala się poprzez zastosowanie:
  - a) załamań kompensacyjnych (łuki 90°±80°)
  - b) podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie
  - c) kompensatorów jednorazowych - tzw. E-muf

Metody te opisane są szczegółowo w niniejszym poradniku w rozdziałach 3.2; 3.3; 3.4.

W celu uzyskania optymalnego projektu sieci ciepłej oprócz uwzględnienia indywidualnych, lokalnych uwarunkowań terenowo prawnych, parametrów pracy systemu oraz warunków gruntowych należy również rozważyć wszystkie aspekty techniczne i ekonomiczne wynikające z przyjętej metody instalacji rurociągów podane na stronie 1.1.32.

## Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych

### Definicja stanu niskich i wysokich naprężeń osiowych

W przypadku układania długich prostych odcinków rurociągów metodą bez ograniczania naprężeń osiowych (tzw. metoda "zimnego montażu"), na odcinku zamkniętym przez tarcie ( $L_L$  str. 1.1.14) zmiany temperatury rurociągu powodują zmiany naprężeń osiowych od wartości  $\sigma_{\max} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$  na rurociągu gorącym do wartości  $\sigma_{\min} = 0$  MPa bez jakichkolwiek wydłużeń termicznych tego odcinka.

Na odcinku hamowanym przez tarcie pojawiają się zarówno naprężenia osiowe jak i wydłużenia termiczne odcinka o długości  $L_F$ . Ich wartość jest zmienna i zależy od położenia.

Na łuku kompensacyjnym definiowanym jako "swobodny koniec" odcinka  $L_F$  naprężenia osiowe mają wartość  $\sigma = 0$  MPa, natomiast wydłużenia termiczne mają wartość maksymalną, którą można obliczyć zgodnie ze wzorem na str. 1.8.2.1.

Na drugim końcu odcinka hamowanego przez tarcie, w miejscu powstania umownego punktu stałego naprężenia osiowe będą miały wartość maksymalną  $\sigma_{\max} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$ , natomiast przemieszczenia w tym punkcie będą miały wartość  $\Delta L = 0$ .

### Stan niskich naprężeń osiowych

Dla maksymalnej temperatury maksymalnej pracy  $T_{\max} \leq +95^\circ\text{C}$  (różnica temperatur  $\Delta T \leq +85^\circ\text{C}$  dla temperatury montażu  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$ ) maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla gorącego rurociągu będzie  $\sigma_{\max} \leq 190$  MPa, co jest równoważne dla rur stalowych o średnicach  $\leq \varnothing 323,9$  mm z klasą projektową A wg. EN 13941-1.

### Stan wysokich naprężeń osiowych

Dla maksymalnej temperatury pracy  $T_{\max} > 95^\circ\text{C}$  naprężenia osiowe ściskające dla gorącego rurociągu będą większe niż granica plastyczności stali  $R_{e0,2}$  w temperaturze pracy. Takie naprężenia nazywamy wysokimi naprężeniami osiowymi i jest równoważne dla rur stalowych o średnicach  $\leq \varnothing 323,9$  mm z klasą projektową B wg. EN 13941-1.

### Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych

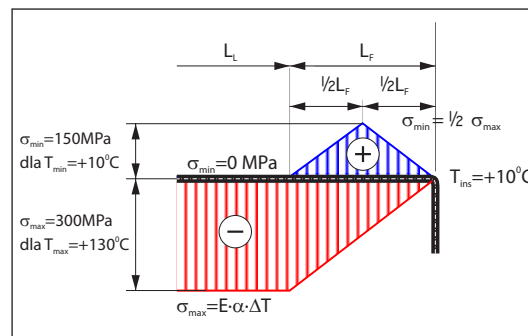
Dla rurociągu układanego bez ograniczenia naprężeń osiowych o parametrach pracy:

- maksymalna temperatura pracy  $T_{\max} = 130^\circ\text{C}$
- minimalna temperatura pracy  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$
- temperatura montażu  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$

rozkład naprężeń osiowych ściskających na rurociągu gorącym (kolor czerwony) i zimnym (kolor niebieski) będzie jak na rysunku obok.

Maksymalna wartość naprężeń ściskających w temperaturze  $T_{\max}$  wyniesie  $\sigma_{\max} = -300$  MPa, a maksymalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{\min}$  wyniesie  $\sigma_{\min} = +150$  MPa minimalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{\min}$  wyniesie  $\sigma_{\min} = 0$  MPa.

Szczegóły patrz rozdział 3.1.



## Ograniczenia naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych

### Definicja stanu niskich i wysokich naprężeń osiowych

W przypadku układania odcinków rurociągów metodą z ograniczeniem naprężeń osiowych jedną z metod ograniczania naprężeń jest zastosowanie załamań kompensacyjnych.

W takim przypadku odległość pomiędzy załamaniami nie może być większa niż  $2 \cdot L_{ins}$ , gdzie  $L_{ins}$  jest to długość rurociągu od łuku do punktu stałego, na której siła tarcia wytworzy naprężenia osiowe ściskające o wartości równej naprężeniom dopuszczalnym.

Dla osiowych naprężeń dopuszczalnych o wartości 190 MPa długość instalacyjna oznaczana jest jako  $L_{190}$ .

W przypadku stosowania metody ograniczenia naprężeń za pomocą załamań (łuków) kompensacyjnych długie proste odcinki rurociągów dzielimy na mniejsze sekcje poprzez zastosowanie kompensatorów typu U, Z czy L. W takim przypadku odległość pomiędzy nimi nie może być większa niż  $2 \cdot L_{ins}$ .

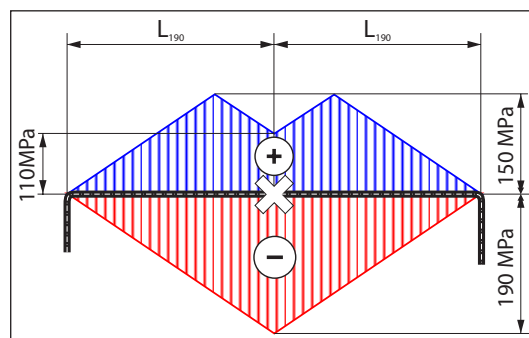
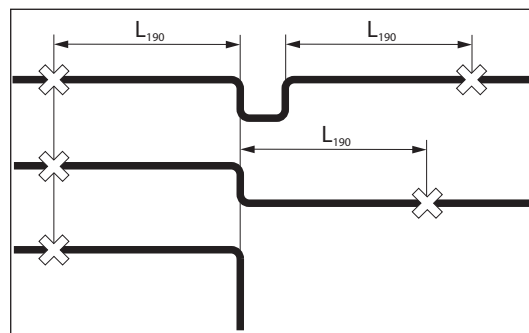
Dla rurociągów o parametrach pracy:

- maksymalna temp. pracy  $T_{max}=130^{\circ}C$
- minimalna temp. pracy  $T_{min}=10^{\circ}C$
- odległość między kolanami  $L=2 \cdot L_{190}$

rozkład naprężeń osiowych ściskających na rurociągu gorącym (kolor czerwony) i zimnym (kolor niebieski) będzie jak na rysunku obok.

Maksymalna wartość naprężeń ściskających w temperaturze  $T_{max}$  wyniesie  $\sigma_{max}=-190$  MPa, a maksymalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{min}$  wyniesie  $\sigma_{min}=+150$  MPa, minimalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{min}$  wyniesie  $\sigma_{min}=+110$  MPa.

Szczegóły patrz rozdział 3.2.

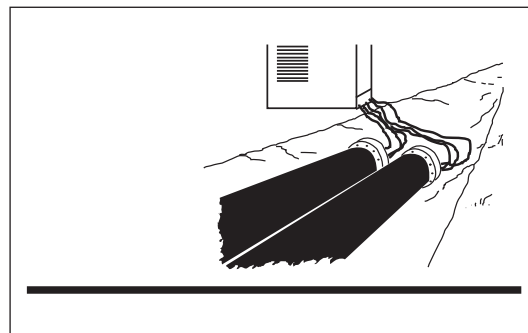


## Ograniczenia naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego

### Podgrzew wstępny

W przypadku układania odcinków rurociągów metodą z ograniczeniem naprężeń osiowych jedną z metod jest zastosowanie podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie.

W tej metodzie wartość naprężeń osiowych nie zależy od odległości pomiędzy załamaniami kompensacyjnymi, lecz od przyjętej temperatury podgrzewu  $T_{pod} = T_{ins}$ .



Podgrzew wstępny wykonuje się w ten sposób, że długie proste odcinki rurociągi są grzane do temperatury  $T_{ins}$  w otwartym wykopie. Powoduje to, że nie występuje siła tarcia gruntu o płaszczyznę rury i rurociąg wydłuża się swobodnie bez przyrostu naprężeń osiowych. Naprężenia osiowe rurociągu w temperaturze  $T_{ins}$  po zasypaniu gruntem wynoszą  $\sigma_{ax} = 0$  MPa.

Dalsze grzanie rurociągu po jego zasypaniu do temperatury  $T_{max}$  powoduje, że maksymalne naprężenia ściskające na gorącym rurociągu wyniosą:

$$\sigma_{max} = E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{ins})$$

Natomiast na rurociągu zimnym po schłodzeniu do temp.  $T_{min}$  naprężenia rozciągające wyniosą:

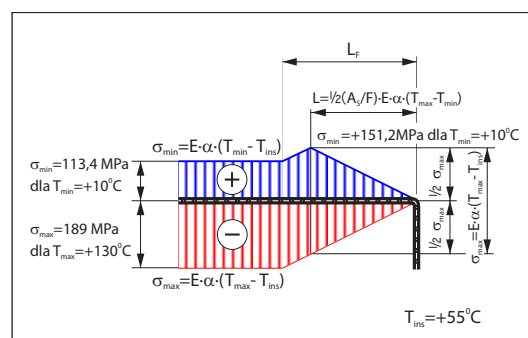
$$\sigma_{min} = E \cdot \alpha \cdot (T_{min} - T_{ins})$$

Przykładowo dla parametrów pracy:

- maksymalna temp. pracy  $T_{max} = 130^{\circ}\text{C}$
  - minimalna temp. pracy  $T_{min} = 10^{\circ}\text{C}$
  - max. wartość naprężeń ściskających w tem.  $T_{max}$   $\sigma_{max} = -190$  MPa.
- temperaturę podgrzewu wstępnego  $T_{ins}$  oblicza się na podstawie wzoru:

$$t_{pod} = t_{ins} = T_{max} - \frac{\sigma_{max}}{E \cdot \alpha}$$

$$t_{ins} = 130^{\circ}\text{C} - \frac{190\text{MPa}}{2,52\text{MPa}/^{\circ}\text{C}} = 54,6^{\circ}\text{C} \approx 55^{\circ}\text{C}$$



rozkład naprężeń osiowych ściskających na rurociągu gorącym (kolor czerwony) i zimnym (kolor niebieski) będzie jak na rysunku wyżej.

Maksymalna wartość naprężeń ściskających w temperaturze  $T_{max}$  wyniesie:

$$\sigma_{max} = E \cdot \alpha \cdot (130^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}) = -189 \text{ MPa.}$$

Minimalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{min}$  wyniesie:

$$\sigma_{min} = E \cdot \alpha \cdot (55^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = +113,4 \text{ MPa}$$

i wystąpi w odległości  $L \geq L_F$  od kolana.

Maksymalna wartość naprężeń rozciągających w temperaturze  $T_{min}$  wyniesie  $\sigma_{min} = +151,2$  MPa i wystąpi w odległości  $L$  od kolana:

$$L = \frac{1}{2} \cdot (A_s/F) \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{min})$$

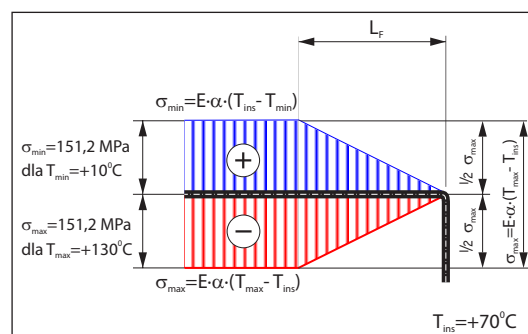
W praktyce można również często spotkać podgrzew wstępny wykonany w ten sposób, że temperaturę podgrzewu w otwartym wykopie przyjmuje się jako

$$T_{inst} = \frac{1}{2} \cdot (T_{max} + T_{min})$$

Dla podanych wyżej parametrów  $T_{max} = 130^{\circ}\text{C}$  i  $T_{min} = 10^{\circ}\text{C}$ , temperatura podgrzewu wyniesie:

$$T_{inst} = 70^{\circ}\text{C}$$

a naprężenia osiowe w stanie gorącym i zimnym ułożą się symetrycznie jak na rys. obok.





## Ograniczenia naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych

### Kompensatory jednorazowe E-mufy

Inną metodą układania rurociągów z redukcją naprężeń osiowych może być zastosowanie kompensatorów jednorazowych czyli E-muf.

Podczas pierwszego uruchomienia zaszywanego rurociągu, na odcinku zamkniętym przez tarcie część zmian temperatury rur jest absorbowana przez ścisnienie kompensatorów jednorazowych.

Skutkiem tego naprężenia ścisające na gorącej rurze nie osiągną tak ekstremalnych wartości jak w metodzie bez ograniczenia naprężeń, natomiast na rurociągu zimnym pojawią się naprężenia rozciągające podobnie jak przy podgrzewie wstępnym.

W tej metodzie wartość naprężeń osiowych nie zależy od długości odcinka pomiędzy kolanami kompensacyjnymi, lecz ilości E-muf, od rozstawu między nimi oraz od ich ściśnięcia podczas pierwszego uruchomienia.

Po ściśnięciu E-mufy o wyliczoną wartość kompensator jest zaspawany i wszystkie kolejne zmiany temperatur powodują na odcinku zamkniętym przez tarcie zmiany naprężeń tak jak dla prostych odcinków rur.

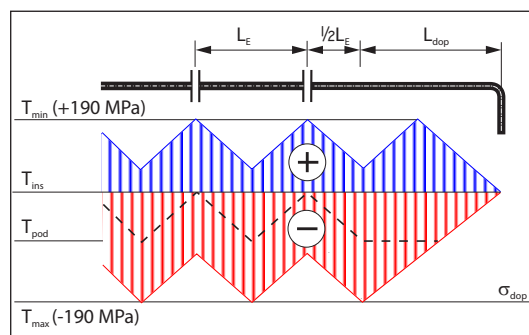
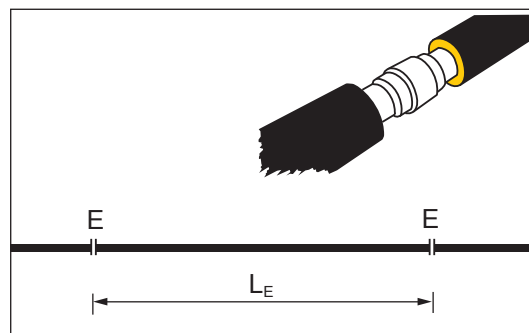
Dla rurociągów o parametrach pracy:

- maksymalna temp. pracy  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
- minimalna temp. pracy  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
- temperatura montażu  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

rozkład naprężeń osiowych ścisających na rurociągu gorącym (kolor czerwony) i zimnym (kolor niebieski) będzie jak na rysunku obok.

Odległość pomiędzy kompensatorami jednorazowymi, oraz wielkość ich ściśnięcia przy pierwszym uruchomieniu należy tak obliczyć, aby wartość naprężeń  $\sigma_{\max}$  i  $\sigma_{\min}$  nie była większa niż 190 MPa.

Szczegóły patrz rozdział 3.4.



## Zalety i wady różnych metod ograniczania naprężeń osiowych

### Zalety i wady

Metoda	Zalety	Wady
Bez ograniczenia naprężeń osiowych  Typowe zastosowanie: - Rurociągi magistralne - Rurociągi główne	Prosty montaż Możliwość szybkiego zasypania rur w wykopie podczas montażu  Brak dodatkowych kosztów związanych z wykonaniem podgrzewu wstępnego lub dodatkowych elementów kompensacyjnych  Długie odcinki rur bez przemieszczeń (wydłużeń) od zmiany temperatury	<b>Stan niskich naprężeń osiowych</b> Nie ma  <b>Stan wysokich naprężeń osiowych</b> Wysoka wartość naprężeń ściskających Duże wydłużenia przy pierwszym uruchomieniu  Nie dopuszczalne dla rur o dużych średnicach i wysokich temperaturach  Konieczność zachowania ostrożności podczas przyszłych robót ziemnych w pobliżu rurociągów
Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych  Typowe zastosowanie: - Rurociągi główne - Sieci i rurociągi rozdzielcze	Redukcja (zmniejszenie) naprężeń osiowych  Możliwość szybkiego zasypania rur w wykopie podczas montażu  Niewielkie ograniczenia odnośnie ostrożności podczas przyszłych robót ziemnych w pobliżu rurociągów	Dodatkowe koszty związane z zakupem i montażem kolan  Wydłużenia termiczne na całej długości rurociągów  Większe opory lokalne skutkującym większym spadkiem ciśnienia
Ograniczenie naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego  Typowe zastosowanie: - Rozległe rurociągi magistralne poza obszarem zurbanizowanym	Redukcja (zmniejszenie) naprężeń osiowych  Brak kosztów związanych z dodatkowymi elementami kompensacyjnymi  Długie odcinki rur bez przemieszczeń (wydłużeń) od zmiany temperatury  Niewielkie ograniczenia odnośnie ostrożności podczas przyszłych robót ziemnych w pobliżu rurociągów	Podczas podgrzewu wykop na całej długości nie może być zasypany  Dodatkowe koszty związane z koniecznością podgrzania rur  Konieczność zapewnienia źródła ciepła do podgrzewu przed zasypaniem rur w wykopie
Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E  Typowe zastosowanie: Rurociągi magistralne w obszarze zurbanizowanym	Rurociąg za wyjątkiem miejsc gdzie są E-mufy może być zasypany przed uruchomieniem  Na rurociągu powrotnym często można zrezygnować z kompensatorów  Długie odcinki rur bez przemieszczeń (wydłużeń) od zmiany temperatury  Niewielkie ograniczenia odnośnie ostrożności podczas przyszłych robót ziemnych w pobliżu rurociągów	Zasypanie wykopu i odtworzenie terenu wokół E-mufy możliwe dopiero po podgrzaniu i jej ściśnięciu  Dodatkowe koszty związane z kompensatorami jednorazowymi  Ilość E-muf lub temperatura ich zamknięcia wzrastają z głębokością osi rur

Z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia korzystne może być zastosowanie kombinacji różnych metod ograniczania naprężeń.

## Roboty ziemne

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie** Niniejszy rozdział opisuje zasady projektowania LOGSTOR dotyczące prowadzenia robót ziemnych, wymiarowania wykopów, odległości między rurami oraz wymagania odnośnie łoża piaskowego wokół rur preizolowanych.

---

<b>Spis treści</b>	2.1.2	Wymiary wykopów
	2.1.3	Łoże piaskowe i materiał do zasypywania wykopów
	2.1.4	Przykrycie rur gruntem
	2.1.6	Roboty ziemne w sąsiedztwie innych pracujących rurociągów

---

## Roboty ziemne

### Wymiary wykopów

#### Podstawa

Prace ziemne związane z wykonaniem wykopów pod rurociągi oraz zasypywanie rurociągów w wykopie należy prowadzić zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 13941-2 oraz z uwzględnieniem uwarunkowań lokalnych.

W celu zapewnienia właściwego, jednorodnego i porównywalnego tarcia między płaszczem rur a gruntem, wokół rur preizolowanych w odległości minimum 100 mm należy utworzyć złożę gruntu zwane "łożem piaskowym".

Piasek zastosowany na podsypkę i zasypkę w obrębie łoża piaskowego nie może zawierać gliny, kamieni i ziaren z ostrymi krawędziami, które mogłyby uszkodzić płaszcz rurociągów.

#### Wymiary wykopów

Wymiary wykopów (przykład na rysunku obok) powinny być takie, aby ułożenie rur w wykopie pozwalało monterom na łatwy montaż złączy izolacyjnych (muf) oraz na umożliwiło osiągnięcie wymaganego wskaźnika zagęszczenia łoża piaskowego.

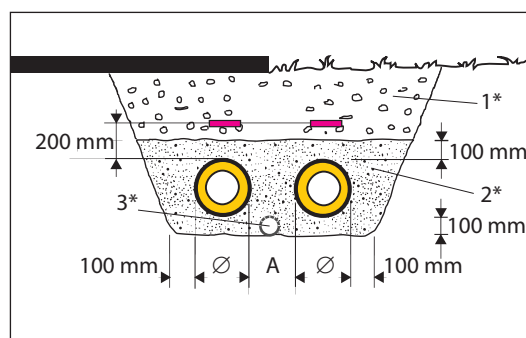
Minimum 200 mm nad każdą z rur należy położyć taśmę ostrzegawczą.

1\*) zasypka z gruntu rodzimego

2\*) podsypka i zasypka zgodna z EN 13941-2

LOGSTOR zaleca, aby odległość "A" pomiędzy płaszczami rur przyjąć jak podano w tabeli obok.

W przypadku posadowienia rurociągów w warstwie gruntów nieprzepuszczalnych lub okresowego występowania poziomego wód gruntowych powyżej rur zaleca się na dnie wykopu zastosować drenaż umożliwiający odprowadzenie wody (poz. 3\* rysunek wyżej).



Oslona rury Ø mm	Odległość A między rurami mm
90 - 225	150
250 - 560	250
630 - 1400	300

## Łoże piaskowe i materiał do zasypywania wykopów

### Materiał zasypowy

Jako materiał stosowany na podsypkę i zasypkę w obrębie łoża piaskowego zaleca się używać porowaty piasek o obłych krawędziach o składzie ziarnowym mieszczącym się pomiędzy liniami max. i min. według normy PN-EN 13941-2 jak na rys. niżej (przykładem jest niebieska linia).

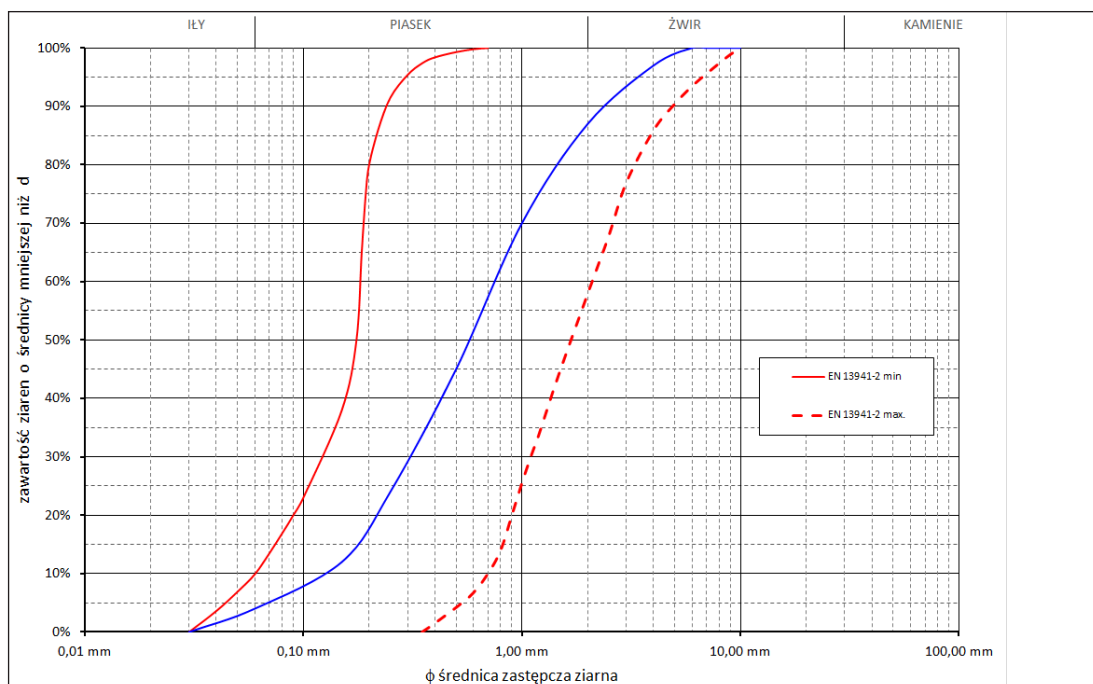
- max. grubość ziaren:  $\leq 10 \text{ mm}$

- wskaźnik różnoziarności:  $C_u = d_{60}/d_{10} \geq 1,8$

współczynnik uziarnienia określa się na podstawie analizy sitowej

$d_{60}$  średnica cząstek których udział wraz z mniejszymi stanowi 60% masy

$d_{10}$  średnica cząstek których udział wraz z mniejszymi stanowi 10% masy



Materiał stosowany na łoże piaskowe nie powinien zawierać pozostałości roślin, humusu, grudek gliny lub mułu.

Ponieważ ze wzrostem wskaźnika różnoziarności maleje porowatość gruntu i grunt zagęszcza się lepiej, ważne jest aby ilość materiału drobnoziarnistego w zasypcie nie była zbyt duża.

Nadmierna niezgodna z charakterystyką ilość materiału drobnoziarnistego może być przyczyną powstania zjawiska tunelowania podczas ochładzania rur, czego skutkiem jest spadek siły tarcia i inne niż teoretycznie obliczone przemieszczenia rur.

### Zagęszczanie gruntu w wykopie

W obrębie łoża piaskowego zasypkę należy zagęszczać ręcznie metodą ubijania.

Zagęszczenie prowadzić do osiągnięcia wymaganego w dokumentacji projektowej wskaźnika zagęszczenia IS tzw. wskaźnika Proctora.

Zaleca się, aby w obrębie łoża piaskowego stopień zagęszczenia wynosił:

dla prostych odcinków rur:  $IS \geq 0,98$

dla stref kompensacji (łuki i trójniki)  $0,97 \leq IS \leq 0,98$

Podczas zagęszczania należy zwrócić uwagę, by nie doszło do uszkodzenia płaszcza osłonowego. W celu uniknięcia przesuwania się lub unoszenia rurociągów wypełnianie i zagęszczenie wykopu powinno być wykonywane jednocześnie z obu stron rur preizolowanych.

Po zagęszczeniu łoża piaskowego można przystąpić do zasypywania wykopu nad łożem.

Wykop nad łożem należy uzupełniać gruntem rodzimym oczyszczonym z kamieni.

Zasypkę nanosić warstwami po 20 - 30 cm każda. Zagęszczenie wypełnienia wykopu należy wykonać do momentu osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia podanego w projekcie rurociągu.

Warstwę zasyпки powyżej 200 mm od wierzu rur można zagęszczać mechanicznie stosując zagęszczarki wibracyjne o nacisku około 100 kPa.

## Roboty ziemne

### Przykrycie rur gruntem

#### Minimalne przykrycie gruntem

Minimalna odległość od wierzchu rury do powierzchni terenu powinna wynosić 500 mm. W przypadku przejść pod drogami, minimalna odległość 400 mm mierzona jest od wierzchu rury do podstawy nawierzchni drogi.

Podane wartości przykrycia dotyczą przypadku układania rur z ograniczeniem naprężeń osiowych ściskających  $\sigma_{\max} \leq +190$  MPa.

W przypadku układania rurociągów, gdzie naprężenia osiowe  $\sigma_{\max} > +190$  MPa, należy dodatkowo sprawdzić stabilność pionową rurociągów w stanie gorącym.

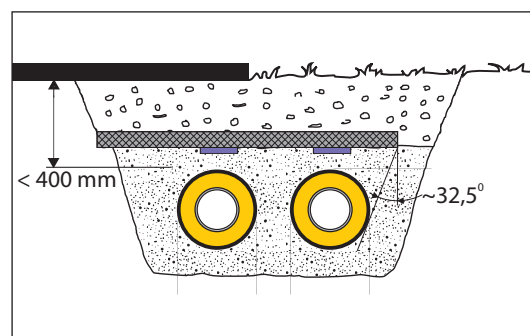
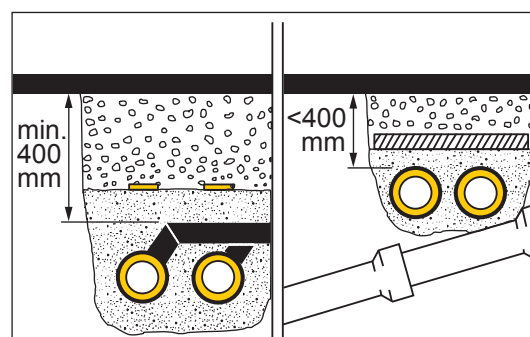
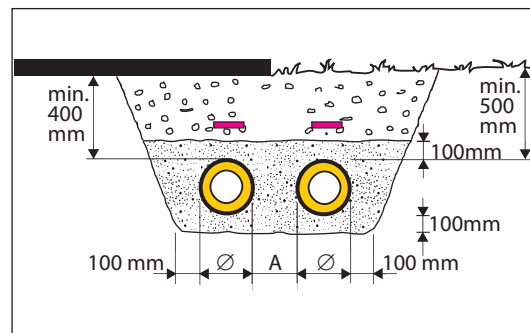
Dla odgałęzień odległość min. 400 mm mierzy się od wierzchołka płaszcza osłonowego rury odgałęźnej.

W przypadku gdy odległość ta jest mniejsza niż 400mm rury muszą być zabezpieczone przed nadmiernym naciskiem za pomocą odciążającej płyty żelbetonowej.

Płytę odciążającą należy położyć na gruncie rodzimym nienaruszonym, tak aby wystawała po obu stronach poza zarys wykopu. Alternatywnie płytę można położyć 10 cm nad rurą tak, aby krawędzie płyty wystawały za obrys płaszcza pod kątem  $\geq 32,5^\circ$ , jak pokazano na rysunku obok.

Jeśli poziom wód gruntowych jest powyżej wierzchu rury, konieczne jest sprawdzenie ogólnej niestabilności rurociągu dla naprężeń osiowych jakie pojawią się jako skutek zmian temperatury.

W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt z LOGSTOR.



#### Obciążenie od ruchu kołowego

Jeżeli wielkość minimalnego przykrycia rur jest zgodna z zaleceniami powyżej, dla rurociągów o średnicach do DN 600 nie występuje ryzyko owalizacji rur przy ruchu kołowym z obciążeniem do 100 kN obciążenia na koło.

W przypadku, kiedy przykrycie do wierzchołka rur jest mniejsze niż podane wyżej, rury muszą być zabezpieczone przed nadmiernym naciskiem za pomocą odciążającej płyty żelbetonowej.

Płytę odciążającą zaleca się położyć na nienaruszonym gruncie rodzimym z obu stron wykopu patrz str. 1.3.0 Montaż i eksploatacja.

## Roboty ziemne

### Przykrycie gruntem

#### Maksymalne przykrycie gruntem

Przykrycie gruntem rur ma wpływ na siłę tarcia gruntu o płaszcz rury czyli na wartość naprężeń tnących między rurą stalową a izolacją PUR.

Kluczowe znaczenie dla prawidłowej pracy systemu rur preizolowanych stanowi zdolność do przeniesienia wydłużeń rury stalowej na płaszcz zewnętrzny "zespólonej" konstrukcji rury. Maksymalna głębokość osi rur nie może być większa od dopuszczalnej, dla której naprężenia tnące przekroczą wartość określoną w normach i wytycznych projektowania:

- norma EN 253 przyjmuje, że wytrzymałość zespołu rurowego na ścinanie osiowe po starzeniu  $\tau_{ax} \leq 0,08$  MPa
- norma EN 13941-1 mając na uwadze minimum 30 letnią eksploatację, przyjmuje dopuszczalną wartość osiowych naprężeń tnących  $\tau_{ax} \leq \gamma_m \cdot 0,08$  MPa, gdzie cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa:
  - $\gamma_m = 2$  dla rur w klasie A i B oraz odległości między kolanami kompensacyjnymi  $\leq 20$ m
  - $\gamma_m = 3$  dla pozostałych przypadków

Średnica rury stalowej Ø mm	max. przykrycie do wierzchu rur ( $\gamma_m = 3$ )		
	Seria 1 m	Seria 2 m	Seria 3 m
26.9	1.50	1.50	1.50
33.7	1.75	1.50	1.50
42.4	1.75	1.50	1.50
48.3	2.00	1.75	1.50
60.3	2.25	2.00	1.75
76.1	2.50	2.25	1.75
88.9	2.50	2.25	2.00
114.3	2.50	2.25	2.25
139.7	2.75	2.50	2.25
168.3	3.00	2.50	2.50
219.1	3.25	2.75	2.50
273	3.25	2.75	2.50
323.9	3.25	2.75	2.75
355.6	3.25	3.00	2.75
406.4	3.50	3.25	2.75
457	3.50	3.25	2.75
508	3.50	3.25	2.75
610	3.50	3.25	3.00

#### Materiału rodzimy do zasypiania wykopów

Do zasypywania wykopów w strefach zamkniętych przez tarcie  $L_c$  (patrz str. 1.8.1.1) można stosować materiał rodzimy powstały podczas ich wykonywania, pod warunkiem, że:

- ma piaszczysty charakter
- został przesiany w celu eliminacji frakcji większych niż 60 mm
- nie posiada więcej niż 2% substancji organicznych

Jeżeli w obszarze strefy zamkniętej przez tarcie znajdują się odgałęzienia, to wykopy w okolicach ich wykonania powinny być wykonane identyczne jak w strefach kompensacji na kolanach.

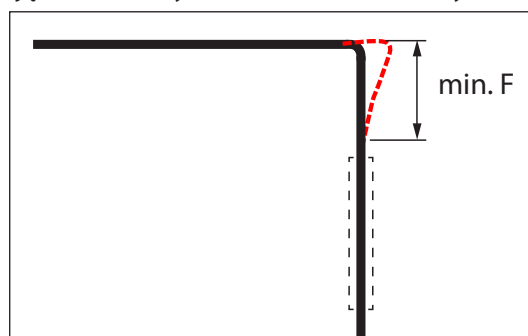
Sposób odtworzenie terenu powinien być uzgodniony z właścicielem i użytkownikiem terenu.

#### Przejścia w rurach osłonowych

W przypadku układania rur preizolowanych w rurach osłonowych należy stosować zasady jak niżej:

- stosować podpory zabezpieczające płaszcz rur i złącza przed uszkodzeniem
- rozstaw podpór powinien być zgodny z zaleceniami ich producenta, lecz nie większy niż maksymalny wynikający z zabezpieczenia przeciwko ryzyku wybożenia konstrukcji
- dla sekcji rurociągów z rurami osłonowymi należy uwzględnić większe wydłużenia rur na załamaniach kompensacyjnych i trójkątach wynikające z braku siły tarcia w rurach osłonowych
- w przypadku, kiedy rura osłonowa znajduje się w sąsiedztwie strefy kompensacji, należy:
  - zapewnić minimalną odległość od kolana do krawędzi rury osłonowej, lub
  - dobrać średnicę rury osłonowej tak, aby wyeliminować ryzyko oparcia się płaszcza rury o krawędź rury osłonowej.

Zasady obliczania odległości F opisane są w rozdziale 4 niniejszego poradnika.



## Roboty ziemne w sąsiedztwie pracujących rurociągów

## Maksymalna odkryta, niezasypana długość rurociągu

Ponieważ brak otaczającego gruntu stwarza ryzyko wyboczeń i niestabilności rurociągu, maksymalna długość lokalnie odsłoniętego pracującego odcinka rurociągu w stanie gorącym (w temperaturze pracy) zależy od wartości osiowych naprężeń ściskających w miejscu odkopania.

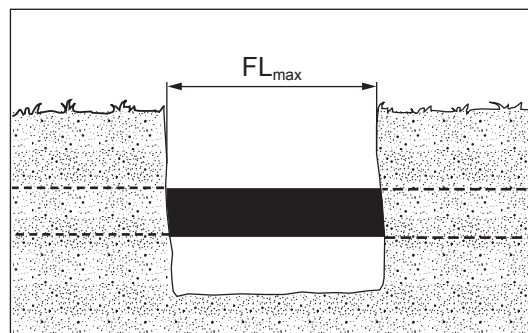


Tabela obok podaje w drugiej kolumnie maksymalną długość odkrytego odcinka  $FL_{max}$  dla naprężeń ściskających  $\sigma_{ax} = 190$  MPa.

Trzecia kolumna tabeli podaje maksymalną długość odkrytych rur przy przekroczeniu granicy plastyczności rury stalowej  $Re(T)$ .

Co występuje w przypadku, gdy:

- naprężenia osiowe ściskające  $\sigma_{ax} = +210$  MPa
- różnica temperatur  $\Delta T = +85^\circ C$

Jeżeli naprężenia osiowe w miejscu odkrycia rurociągów mają inną wartość, maksymalną długość odcinka rur obliczamy ze wzoru:

$$FL_{max} = FL_{190} \cdot \sqrt{\frac{190}{\sigma}}$$

Przykład:

- naprężenia osiowe  $\sigma = +120$  MPa
- rurociąg DN200; z tabeli obok  $FL_{190} = 6,5$  m

$$FL_{max} = 6.5 \cdot \sqrt{\frac{190}{120}} = 8.1 \text{ m}$$

Średnica rury stalowej Ø mm	$FL_{190}$ m	$\sigma_{ax} > Re(T)$ ( $\Delta T > 85^\circ C$ ) m
26.9	0.7	0.5
33.7	0.9	0.7
42.4	1.2	0.8
48.3	1.4	1.0
60.3	1.7	1.2
76.1	2.2	1.5
88.9	2.6	1.8
114.3	3.3	2.3
139.7	4.1	2.8
168.3	4.9	3.4
219.1	6.5	4.4
273	8.1	5.5
323.9	9.6	6.5
355.6	10.5	7.1
406.4	12.0	8.1
457.2	13.6	9.1
508	15.1	10.2
610	18.1	12.2

## Minimalne odległości od innego uzbrojenia podziemnego

Zaleca się, aby przebieg trasy rurociągów był zgodny z lokalnymi zasadami projektowania uzbrojenia podziemnego i pozwalał na przyszłe, ewentualne wykonywania remontów i konserwacji.

Zalecane minimalne odległości sieci cieplnych preizolowanych od innego uzbrojenia podziemnego:

poziome - prowadzone równolegle do innego uzbrojenia	
rodzaj uzbrojenia	zalecana odległość
kanalizacja	min 1,0m; mniej za zgodą gestora
wodociąg	min 1,0m; mniej za zgodą gestora
kable energ. $\leq 30kV$	min 0,5m
kable energ. $> 30kV$	min 1,0m
gazociąg	min 1,0m; mniej DzU nr139/01, poz 97
telekomunikacja	min 1,0; mniej za zgodą gestora

pionowe - prowadzone prostopadłe do innego uzbrojenia	
rodzaj uzbrojenia	zalecana odległość
kanalizacja	do uzgodnień z gestorem lecz $\geq 0,1m$
wodociąg	do uzgodnień z gestorem lecz $\geq 0,1m$
kable energ. $\leq 30kV$	do uzgodnień z gestorem lecz $\geq 0,1m$
kable energ. $> 30kV$	do uzgodnień z gestorem
gazociąg	min 0,2m; mniej DzU nr139/01, poz 97
telekomunikacja	min 0,5m; mniej za zgodą gestora



## Proste odcinki rur

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie** Niniejszy rozdział opisuje technikę układania rur bez ograniczenia naprężeń osiowych od temperatury oraz sposoby układania rur preizolowanych w gruncie pozwalające na ograniczenia poziomu naprężeń osiowych w rurociągach do wartości przyjętych jako dopuszczalne.

---

**Spis treści**

- 3.1.2 Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych
- 3.1.6 Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych
- 3.1.13 Ograniczenie naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego
- 3.1.17 Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

---

## Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych

### Definicje

W przypadku układania długich prostych odcinków rurociągów bez dodatkowych elementów ograniczających poziom naprężeń osiowych, w środkowej części wystarczająco długiego odcinka rur (patrz definicja odcinka zamkniętego przez tarcie  $L_L$  str. 1.1.14) zmiany temperatury rurociągu powodują zmiany naprężeń osiowych od naprężeń ściskających wartości  $\sigma_{max} = -E \cdot \alpha \cdot \Delta T$  na rurociągu gorącym do wartości  $\sigma_{min} = 0$  MPa na rurociągu zimnym.

#### Stan niskich naprężeń osiowych

Dla maksymalnej temperatury pracy  $T_{max} \leq +95^\circ\text{C}$  (różnica temperatur  $\Delta T \leq +85^\circ\text{C}$  dla temperatury montażu  $T_{ins} = 10^\circ\text{C}$ ) maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla gorącego rurociągu będzie nie większa niż dopuszczalna dla rur stalowych o średnicach  $\leq \varnothing 323,9$  mm w klasie projektowej A wg. EN 13941-1.

#### Stan wysokich naprężeń osiowych

Dla maksymalnej temperatury pracy  $T_{max} > 95^\circ\text{C}$  naprężenia osiowe ściskające dla gorącego rurociągu będą większe niż granica plastyczności stali  $R_{e0,2}$  w temperaturze pracy. Takie naprężenia nazywamy wysokimi naprężeniami osiowymi i jest równoważne dla rur stalowych o średnicach  $\leq \varnothing 323,9$  mm z klasą projektową B wg. EN 13941-1.

### Wykresy naprężeń osiowych

Na gorącym rurociągu (czerwona krzywa obok) w temperaturze  $T_{max}$  naprężenia osiowe ściskające o maksymalnej wartości występują na całej długości odcinka zamkniętego przez tarcie  $L_L$  i można je obliczyć za pomocą wzoru:

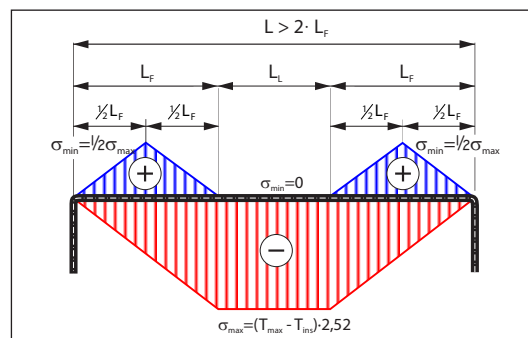
$$\sigma_{max} = - (T_{max} - T_{ins}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

Na odcinku  $L_F$  zwanym długością tarcia naprężenia ściskające rosną od wartości 0 MPa na kolanie do wartości  $\sigma_{max}$  na końcu odcinka.

Na zimnym rurociągu (niebieska krzywa obok) na całej długości odcinka zamkniętego przez tarcie  $L_L$  naprężenia osiowe  $\sigma_{min} = 0$  MPa.

Na odcinku hamowanym przez tarcie  $L_F$ , na jego końcach naprężenia rozciągające mają wartości  $\sigma_{min} = 0$  MPa i rosną do wartości maksymalnej na jego środku, gdzie  $\sigma_{min} = 1/2 \cdot \sigma_{max}$ .

Szczegóły patrz rozdział 1.1.14 poradnika.



### Maksymalne temperatury i naprężenia osiowe

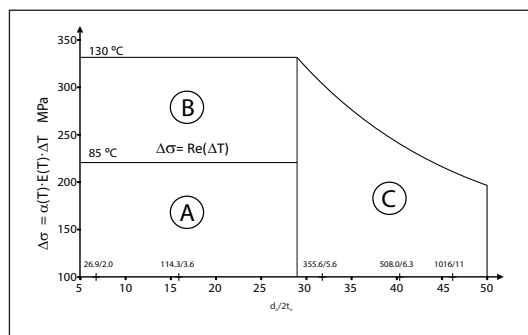
Rysunek obok pokazuje w oparciu o wymagania normy EN 13941-1 wielkość maksymalnie dopuszczalnych wartości naprężeń osiowych ściskających w rurach stalowych ze stali klasy P235GH zgodnej z normą EN 253.

Na osi poziomej zaznaczono stosunek średnicy zewnętrznej rury stalowej do dwukrotnej grubości jej ścianki.

Oś pionowa przedstawia naprężenia osiowe ściskające równoważne zmianie temperatury

$$\Delta\sigma = T_{max} - T_{ins}$$

gdzie:  $T_{max}$  max. temperatura pracy  
 $T_{ins}$  temperatura montażu



## Rurociągi bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych

### Maksymalne temperatury i naprężenia osiowe ciąg dalszy

Dla rur preizolowanych o średnicach rury stalowej do  $\varnothing 323,9$  mm włącznie maksymalnie dopuszczalna różnica temperatur  $\Delta T = +130^\circ\text{C}$ , co odpowiada naprężeniom osiowym ściskającym o wartości  $-334$  MPa.

Dla rurociągów magistralnych i rur w klasie projektowej C, maksymalna różnica temperatur i odpowiadające im naprężenia ściskające zależą od oceny ryzyka wystąpienia miejscowych wyboczeń lub wygięć rur.

Tabela obok podaje dopuszczalne wartości naprężeń ściskających i różnicę temperatur dla rur o średnicach  $\geq \varnothing 355,6$  mm układanych bez ograniczenia naprężeń osiowych.

<sup>1)</sup> różnica temperatur oparta jest na wartości  $\alpha$  i E w temperaturze  $+130^\circ\text{C}$

Szczegółowy opis zasad doboru wartości maksymalnie dopuszczalnych osiowych naprężeń ściskających dla stanu niestabilności ogólnej podano w rozdziale 1.10.

$\varnothing$ mm	Limit	
	$\Delta\sigma$ [MPa]	$\Delta T$ [ $^\circ\text{C}$ ] <sup>1)</sup>
355.6	308	120
406.4	303	118
457	270	105
508	244	95
610	230	90
711	222	87
813	214	84
914	216	84
1016	214	84
1219	203	76

### Wnioski

Montaż rurociągów za pomocą metody bez ograniczenia poziomu naprężeń osiowych powoduje, że koszty materiałów i montażu są najniższe z możliwych.

Metoda ta powinna być preferowana do zastosowania w sieciach niskoparametrowych.

Dla sieci wysokoparametrowych o średnicach  $\leq \varnothing 323,9$  mm układanie rurociągów bez ograniczenia naprężeń osiowych jest możliwe do stosowania w obszarach "zielonych" i o niskim nasyceniu innym uzbrojeniem podziemnym.

Dla rurociągach o średnicach  $\geq \varnothing 355,6$  mm może zachodzić konieczność zastosowania niższych wartości naprężeń osiowych wynikająca z uwarunkowań lokalnych takich jak:

- duże przemieszczenia od wydłużeń termicznych na trójnikach i na łukach kompensacyjnych
- obszary z dużą ilością kolizji z innym uzbrojeniem podziemnym
- zmiany kierunków na trasie rurociągu (rury gięte, ukosowania itp)
- złożoność (komplikacja) systemu z rur preizolowanych
- niestabilność ogólna rurociągu

Szczegóły na temat minimalnych długości rur i odległości - patrz rozdział 2.

## Przykład 1a, rurociągi bez ograniczenia naprężeń osiowych

Parametry pracy przykład 1a	Długość odcinka rurociągu:	1800 m
	Średnice rur:	ø139.7 mm, seria 2
	Przykrycie gruntem do wierzchu rur :	H = 0.8 m
	Maksymalna temperatura pracy:	$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
	Minimalna temperatura pracy:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Temperatura montażu:	$T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

### Maksymalne naprężenia osiowe

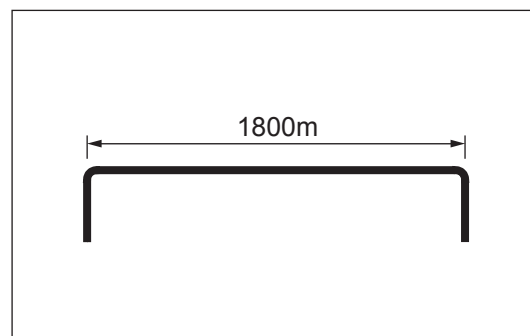
Dla sekcji rurociągu zamkniętej przez tarcie maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających wyniesie:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2.52 \quad [\text{MPa}]$$

$$\sigma_{\max} = (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2.52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 302 \text{ MPa}$$

Maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla rurociągu ø139.7 mm jest mniejsza niż 334 MPa (patrz tabela str. 3.1.2), zatem nie ma przeciwwskazań do układania rur bez ograniczenia naprężeń osiowych.

Należy jednak mieć na uwadze wymagania dotyczące niestabilności ogólnej podane na stronie 1.1.26 oraz przemieszczenia i dobór poduszek kompensacyjnych na kolanach i trójnikach w strefach kompensacji.



## Przykład 1b, rurociągi bez ograniczenia naprężeń osiowych

<b>Parametry pracy przykład 1b</b>	Długość odcinka rurociągu:	2500 m
	Średnice rur:	ø457,0 mm, seria 1
	Przykrycie gruntem do wierzchu rur :	H = 1,0 m
	Maksymalna temperatura pracy:	$T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$
	Minimalna temperatura pracy:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Temperatura montażu:	$T_{\text{ins}} = 0^{\circ}\text{C}$

### Maksymalne naprężenia osiowe

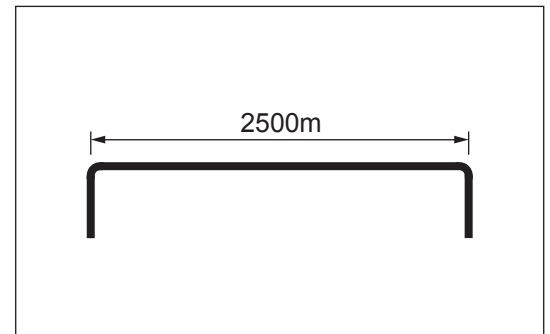
Dla sekcji rurociągu zamkniętej przez tarcie maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających wyniesie:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2.52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}) \cdot 2.52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 252 \text{ MPa}$$

Maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających dla rurociągu ø 457 mm jest mniejsza niż 270 MPa (patrz tabela str. 3.1.2), zatem nie ma przeciwwskazań do układania rur bez ograniczenia naprężeń osiowych.

Należy jednak mieć na uwadze wymagania dotyczące niestabilności ogólnej podane na stronie 1.1.26 oraz przemieszczenia i dobór poduszek kompensacyjnych na kolanach i trójnikach w strefach kompensacji.



## Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych

## Definicje

W przypadku układania rurociągów metodą z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych, rurociągi można całkowicie zasypać w wykopie przed ich uruchomieniem.

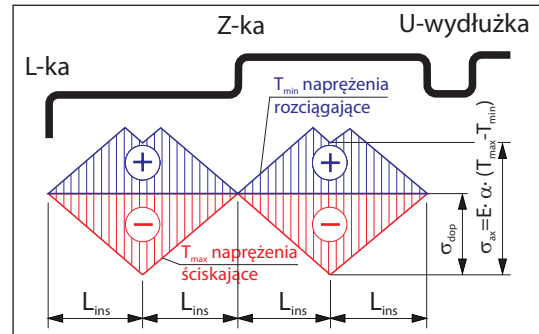
Odległość pomiędzy sąsiednimi załamaniami kompensacyjnymi  $L = 2 \cdot L_{ins}$  dobierana jest tak, że naprężenia osiowe pochodzące od siły tarcia nie przekraczają wartości przyjętej jako dopuszczalna  $\sigma_{ax} \leq \sigma_{dop}$ .

Przykład:

$L_{190}$  jest to długość rury na której naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{max}$  od siły tarcia osiągną wartość  $\sigma_{ax} = -190$  MPa.

Oznacza to, że maksymalna odległość pomiędzy kolanami kompensacyjnymi wynosi  $L = 2 \cdot L_{190}$ .

W przypadku kiedy odległość ta będzie większa, naprężenia osiowe przekroczą wartość przyjętą jako max. dopuszczalna.

Długość instalacyjna  $L_{190}$ 

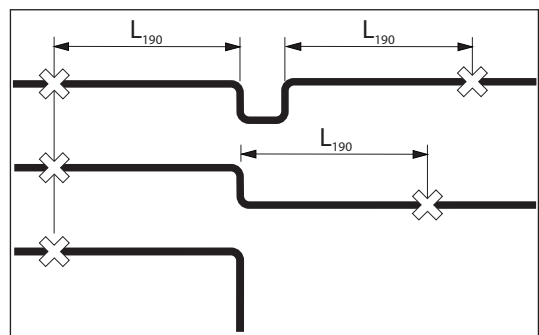
W poradniku projektowania LOGSTOR dla metody układania rurociągów preizolowanych z ograniczeniem naprężeń przyjmuje się, że osiowe naprężenia ściskające w rurociągu przy max. temperaturze pracy nie przekroczą wartości  $\sigma_{dop} = -190$  MPa, a w rurociągu zimnym (temperatura gruntu), naprężenia rozciągające nie przekroczą:  $\sigma_{dop} = +190$  MPa.

Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby przyjąć inne wartości naprężeń dopuszczalnych, należy jednak mieć na uwadze, że w przypadku przyjęcia naprężeń wyższych niż 190 MPa należy sprawdzić stabilność lokalną i wyboczenie i ryzyko utraty stanu równowagi rurociągów (patrz rozdział 1.0).

W tabelach na stronie 3.1.8 i 3.1.9 podane są długości instalacyjne  $L_{190}$  obliczone dla naprężeń osiowych o wartości 190 MPa w odniesieniu do przykrycia rurociągów gruntem. Długości instalacyjne dla innych wartości naprężeń osiowych można obliczyć korzystając ze wzorów podanych na następnym stronie.

Jako załamania kompensacyjne w poradniku LOGSTOR przyjmowane są łuki o kątach pomiędzy  $80^\circ - 90^\circ$ .

Łuki o kątach gięcia dla zakresu od  $10^\circ - 80^\circ$  nie są traktowane jako łuki w pełni kompensujące i należy stosować je z ograniczeniem (patrz rozdział 4.0 Zmiany kierunków).



## Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych

Długość instalacyjna  $L_{190}$  ciąg dalszy

Układanie rurociągów metodą z ograniczeniem naprężeń z zastosowaniem kompensacji U kształtowej jest metodą kosztowną, w związku z tym zaleca się by stosować ją możliwie rzadko. Układanie rurociągów z ograniczeniem naprężeń osiowych możliwe jest również z zastosowaniem preizolowanych kompensatorów osiowych, w tej sprawie prosimy o kontakt z LOGSTOR.

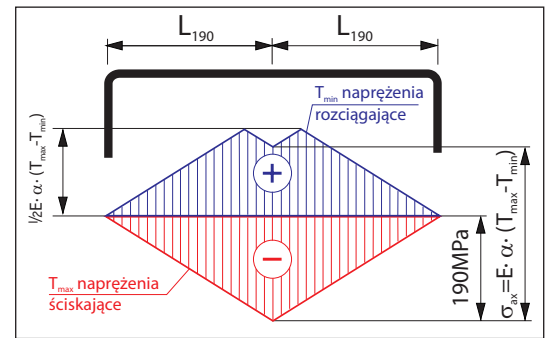
Długości instalacyjne dla innych wartości naprężeń dopuszczalnych

Rysunek obok pokazuje rozkład naprężeń ściskających na gorącej rurze w temperaturze  $T_{\max}$  (czerwona krzywa) oraz naprężeń rozciągających na rurociągu zimnym w temperaturze (niebieska krzywa)  $T_{\min}$ . Wykres dotyczy odcinka rur, dla którego odległość między kolanami kompensacyjnymi  $L=2 \cdot L_{190}$ , czyli dla długości instalacyjnej liczonej dla naprężeń ściskających o wartości 190 MPa. Długości instalacyjne dla innych wartości naprężeń dopuszczalnych można wyliczyć za pomocą wzorów:

$$L_{\text{dop}} = L_{190} \cdot \frac{\sigma_{\text{dop}}}{190}$$

$$L_{\text{dop}} = \frac{\sigma_{\text{dop}} \cdot A_s}{F}$$

Gdzie wielkości  $A_s$ ,  $F$  i  $L_{190}$  można odczytać z tabeli na stronie 3.2.2.1 i 3.2.2.2. dla odpowiedniej średnicy oraz przykrycia gruntem rur.



Rozkład naprężeń na rurociągu w zależności od odległości pomiędzy załamaniami kompensacyjnymi

Dla odcinka rurociągu, dla którego odległość pomiędzy kolanami kompensacyjnymi wynosi:  $\frac{1}{2} \cdot L_F \leq L \leq L_F$  gdzie:  $L_F = E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\text{ins}})$  maksymalne naprężenia ściskające na gorącym rurociągu (czerwona krzywa na rys. obok) w temperaturze  $T_{\max}$  wynoszą:

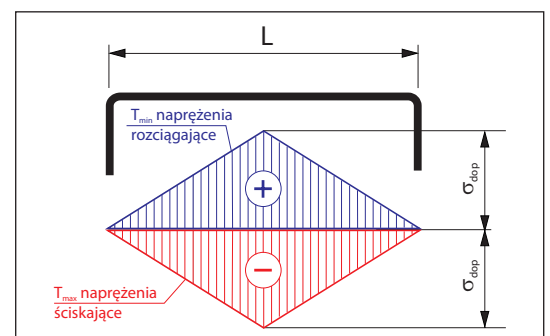
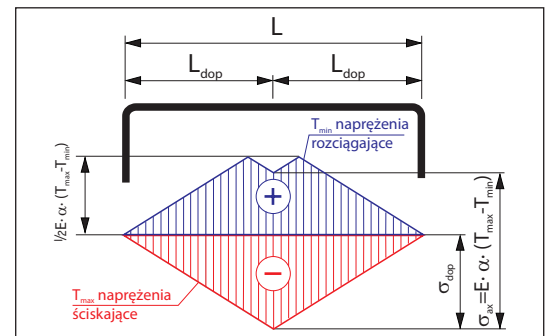
$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{L_{\text{dop}} \cdot F}{A_s}$$

w temperaturze  $T_{\min}$  na zimnym rurociągu maksymalne naprężenia rozciągające (niebieska krzywa) wynoszą:  $\sigma_{\min} = \frac{1}{2} E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min})$ , a na środku odcinka  $L = 2 \cdot L_{\text{dop}}$  wynoszą:

$$\sigma_{\min} = \frac{\frac{1}{2} L \cdot F}{A_s} - E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min})$$

Dla odcinka rurociągu, dla którego odległość pomiędzy kolanami kompensacyjnymi wynosi:  $L \leq \frac{1}{2} \cdot L_F = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\text{ins}})$  wartości maksymalne naprężeń ściskających w rurociągu gorącym (czerwona krzywa) i naprężeń rozciągających (niebieska krzywa) mają identyczną wartość bezwzględną:

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{L_{\text{dop}} \cdot F}{A_s}$$



## Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków - długości instalacyjne

Założenia do danych w tabeli	Dopuszczalne naprężenia osiowe ściskające $\sigma_{dop}$	190	MPa
	Kąt tarcia wewnętrznego gruntu $\varphi$	32.5	°
	Ciężar właściwy gruntu $\gamma$	19	kN/m <sup>3</sup>
	Współczynnik tarcia, PE/grunt $\mu$	0.40	

Seria 1, L<sub>190</sub>

rura stalowa d mm	osłona PE rury D <sub>C</sub> mm	pole przekroju rury stalowej A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	ciężar rury z wodą Q N/m	jednostkowa siła tarcia F				długość instalacyjna L <sub>190</sub>			
				H=0.60 m kN/m	H=0.80 m kN/m	H=1.00 m kN/m	H=1.50 m kN/m	H=0.60 m m	H=0.80 m m	H=1.00 m m	H=1.50 m m
26.9	90	198	29.5	0.97	1.28	1.59	2.38	39	29	24	16
33.7	90	254	36.2	0.97	1.29	1.6	2.38	50	38	30	20
42.4	110	325	49.2	1.20	1.58	1.96	2.91	52	39	32	21
48.3	110	373	56.4	1.20	1.58	1.96	2.92	59	45	36	24
60.3	125	523	78.7	1.37	1.81	2.24	3.33	72	55	44	30
76.1	140	667	107.1	1.55	2.04	2.52	3.74	82	62	50	34
88.9	160	862	139.8	1.79	2.35	2.9	4.29	91	70	56	38
114.3	200	1252	214.4	2.28	2.97	3.66	5.4	105	80	65	44
139.7	225	1539	288.8	2.59	3.38	4.16	6.11	113	87	70	48
168.3	250	2065	397.0	2.93	3.8	4.66	6.83	134	103	84	57
219.1	315	3034	632.2	3.80	4.89	5.99	8.72	152	118	96	66
273	400	4210	948.3	4.98	6.37	7.75	11.22	161	126	103	71
323.9	450	5600	1292.7	5.75	7.31	8.87	12.78	185	145	120	83
355.6	500	6158	1520.6	6.49	8.23	9.96	14.30	180	142	117	82
406.4	560	7919	1963.8	7.47	9.41	11.35	16.21	201	160	133	93
457	630	8920	2409.1	8.60	10.79	12.97	18.43	197	157	131	92
508	710	9930	2907.1	9.93	12.39	14.85	21.01	190	152	127	90
610	800	13448	4060.6	11.70	14.47	17.25	24.18	218	177	148	106



## Ograniczenie naprężeń za pomocą łuków - długości instalacyjne

Seria 2,  $L_{190}$ 

rura stalowa d mm	osłona PE rury $D_c$ mm	pole przekroju rury stalowej $A_s$ mm <sup>2</sup>	ciężar rury z wodą Q N/m	jednostkowa siła tarcia F				długość instalacyjna $L_{190}$			
				H=0.60 m kN/m	H=0.80 m kN/m	H=1.00 m kN/m	H=1.50 m kN/m	H=0.60 m m	H=0.80 m m	H=1.00 m m	H=1.50 m m
26.9	110	198	33.0	1.19	1.57	1.95	2.91	32	24	19	13
33.7	110	254	39.7	1.19	1.58	1.96	2.91	40	31	25	17
42.4	125	325	52.1	1.36	1.80	2.23	3.32	45	34	28	19
48.3	125	373	59.2	1.37	1.80	2.23	3.32	52	39	32	21
60.3	140	523	81.8	1.54	2.03	2.51	3.73	64	49	40	27
76.1	160	667	111.5	1.78	2.33	2.89	4.28	71	54	44	30
88.9	180	862	144.6	2.02	2.64	3.27	4.83	81	62	50	36
114.3	225	1252	222.7	2.57	3.35	4.13	6.08	93	71	58	39
139.7	250	1539	297.9	2.89	3.76	4.63	6.79	101	78	63	43
168.3	280	2065	409.5	3.29	4.26	5.23	7.66	119	92	75	51
219.1	355	3034	652.8	4.3	5.53	6.76	9.84	134	104	85	59
273	450	4210	979.4	5.63	7.19	8.75	12.65	142	111	91	63
323.9	500	5600	1327.2	6.42	8.15	9.88	14.22	166	131	108	75
355.6	560	6158	1565.2	7.31	9.25	11.19	16.05	160	126	105	73
406.4	630	7919	2023.9	8.45	10.63	12.82	18.28	178	141	117	82
457	710	8920	2484.6	9.76	12.22	14.68	20.84	174	139	115	81
508	800	9930	3002.8	11.28	14.05	16.82	23.76	167	134	112	79
610	900	13448	4180.2	13.25	16.37	19.49	27.30	193	156	131	94

Seria 3,  $L_{190}$ 

rura stalowa d mm	osłona PE rury $D_c$ mm	pole przekroju rury stalowej $A_s$ mm <sup>2</sup>	ciężar rury z wodą Q N/m	jednostkowa siła tarcia F				długość instalacyjna $L_{190}$			
				H=0.60 m kN/m	H=0.80 m kN/m	H=1.00 m kN/m	H=1.50 m kN/m	H=0.60 m m	H=0.80 m m	H=1.00 m m	H=1.50 m m
26.9	125	198	35.8	1.36	1.79	2.22	3.31	28	21	17	11
33.7	125	254	42.5	1.36	1.79	2.23	3.31	35	27	22	15
42.4	140	325	55.2	1.53	2.02	2.50	3.72	40	31	25	17
48.3	140	373	62.3	1.54	2.02	2.51	3.72	46	35	28	19
60.3	160	523	86.2	1.77	2.32	2.88	4.27	56	43	35	23
76.1	180	667	116.3	2.01	2.63	3.26	4.82	63	48	39	26
88.9	200	862	150.8	2.25	2.94	3.64	5.37	73	56	45	30
114.3	250	1252	231.9	2.87	3.73	4.60	6.77	83	64	52	35
139.7	280	1539	310.5	3.25	4.22	5.19	7.62	90	69	56	38
168.3	315	2065	424.6	3.72	4.81	5.90	8.64	105	82	66	45
219.1	400	3034	677.3	4.87	6.26	7.65	11.11	118	92	75	52
273	500	4210	1013.8	6.29	8.03	9.76	14.10	127	100	82	57
323.9	560	5600	1371.8	7.23	9.18	11.12	15.97	147	116	96	67
355.6	630	6158	1625.4	8.29	10.48	12.66	18.12	141	112	92	65
406.4	710	7919	2099.4	9.61	12.07	14.53	20.69	157	125	104	73
457	800	8920	2580.2	11.11	13.88	16.66	23.59	153	122	102	72
508	900	9930	3122.4	12.83	15.95	19.07	26.88	147	118	99	70
610	1000	13448	4310.7	14.87	18.33	21.80	30.47	172	139	117	84

## Przykład 2a ograniczenia naprężeń za pomocą łuków

Przykład 2a parametry pracy	Długość odcinka rurociągu	1800 m
	Średnica rur	φ139,7 mm seria 2
	Przykrycie gruntem do wierzchu rur	H = 0,8 m
	Masyalna temperatura pracy:	T <sub>max</sub> = 130°C
	Minimalna temperatura:	T <sub>min</sub> = 10°C
	Temperatura montażu:	T <sub>ins</sub> = 10°C

**Maksymalna odległość pomiędzy załamaniem kompensacyjnymi**

Dla sekcji rurociągu jak na rysunku obok maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających wyniesie:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2.52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2.52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 302,4 \text{ MPa.}$$

Maksymalna wartość naprężeń ściskających osiowych jest mniejsza niż 334 MPa (patrz wykres str. 1.10.1.1), zatem zgodnie z podanymi na stronie 3.1.1.1 poradnika wytycznymi, długie proste odcinki rurociągów dla średnicy φ139,7 mm (klasa projektowa B) mogą być układane metodą bez ograniczenia naprężeń osiowych.

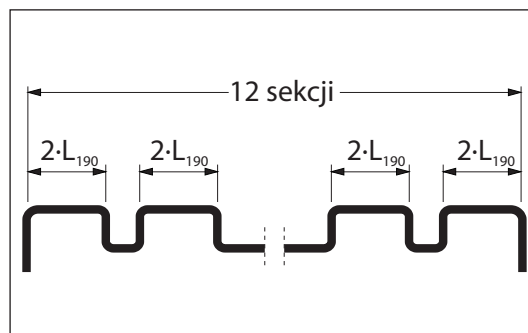
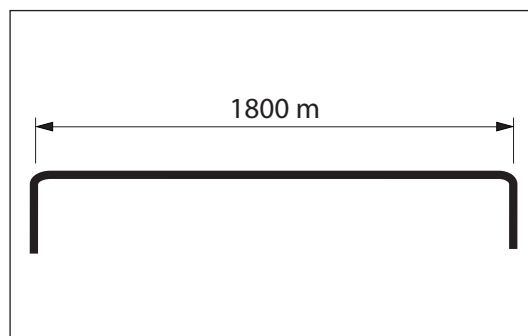
Jeżeli z powodu ryzyka wyboczeń, globalnej niestabilności konstrukcji lub wymagań użytkownika maksymalnie dopuszczalna wartość dla ściskających naprężeń osiowych zostanie przyjęta na poziomie 190 MPa, należy postępować jak niżej:

Z tabeli na stronie 3.2.2.2 dla przykrycia rur H=0,8 m odczytujemy długość L<sub>190</sub> = 78 m.

Odcinek 1800 m dzielimy na sekcje o długości L = 2 · L<sub>190</sub>:

$$n_{\min} = \frac{L}{2 \cdot L_{190}} = \frac{1800 \text{ m}}{2 \cdot 78 \text{ m}} = 11,5 \approx 12 \text{ sekcji}$$

Każda indywidualna sekcja wykonana może być poprzez zastosowanie kompensacji typu L, Z lub U-kształtowej.



## Przykład 2b ograniczenia naprężeń za pomocą łuków

Przykład 2b parametry pracy	Długość odcinka rurociągu	2500 m
	Średnica rur	φ457 mm    seria 1
	Przykrycie gruntem do wierzchu rur	H = 1,0 m
	Maksimalna temperatura pracy:	T <sub>max</sub> = 100°C
	Minimalna temperatura:	T <sub>min</sub> = 10°C
	Temperatura montażu:	T <sub>ins</sub> = 0°C

**Maksymalna odległość pomiędzy załamaniami kompensacyjnymi**

Dla sekcji rurociągu jak na rysunku obok maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających wyniesie:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2.52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}) \cdot 2.52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 252 \text{ MPa.}$$

Maksymalna wartość naprężeń ściskających osiowych jest mniejsza niż 270 MPa (patrz wykres str. 1.10.1.1), zatem zgodnie z podanymi na stronie 3.1.1.1 poradnika wytycznymi, długie proste odcinki rurociągów dla średnicy φ457 mm (klasa projektowa C) mogą być układane metodą bez ograniczenia naprężeń osiowych.

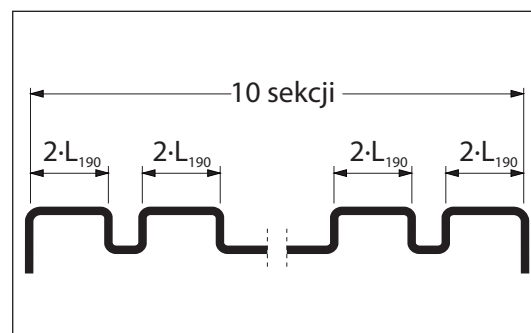
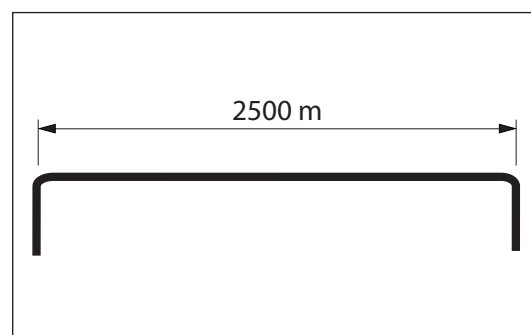
Jeżeli z powodu ryzyka wyboczeń, globalnej niestabilności konstrukcji lub wymagań użytkownika maksymalnie dopuszczalna wartość dla ściskających naprężeń osiowych zostanie przyjęta na poziomie 190 MPa, należy postępować jak niżej:

Z tabeli na stronie 3.2.2.2 dla przykrycia rur H=1,0 m odczytujemy długość L<sub>190</sub> = 131 m.

Odcinek 2500 m dzielimy na sekcje o długości L = 2 · L<sub>190</sub>:

$$n_{\min} = \frac{L}{2 \cdot L_{190}} = \frac{2500 \text{ m}}{2 \cdot 131 \text{ m}} = 9,54 \approx 10 \text{ sekcji}$$

Każda indywidualna sekcja wykonana może być poprzez zastosowanie kompensacji typu L, Z lub U-kształtowej.



## Przykład 2c ograniczenia naprężeń za pomocą łuków

## Przykład 2c

Dane identyczne jak w przykładzie 2b, za wyjątkiem maksymalnej temperatury pracy:  
 $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$ .

Dla sekcji rurociągu jak na rysunku obok maksymalna wartość naprężeń osiowych ściskających wyniesie:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2.52 \quad [\text{MPa}]$$

$$\sigma_{\max} = (130^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}) \cdot 2.52 \text{MPa}/^{\circ}\text{C} = 302,4 \text{MPa}.$$

Maksymalna wartość naprężeń ściskających osiowych  $\sigma_{\max} \geq 270 \text{MPa}$  (patrz wykres str. 1.10.1.1), zatem naprężenia osiowe ściskające powinny zostać ograniczone do  $\sigma_{\text{dop}} = 270 \text{MPa}$ .

Mając to na uwadze długość instalacyjną  $L_{270}$  dla naprężeń  $\sigma_{\text{dop}} = 270 \text{MPa}$  obliczyć można na dwa sposoby:

$$L_{\text{dop}} = L_{190} \cdot \frac{\sigma_{\text{dop}}}{190}$$

Z tabeli na stronie 3.2.2.1 dla podanej średnicy oraz przykrycia gruntem rur można odczytać:  
 $L_{190} = 131 \text{m}$ , zatem:

$$L_{270} = 131 \text{m} \cdot \frac{270 \text{MPa}}{190 \text{MPa}} = 186 \text{m}$$

lub:

$$L_{\text{dop}} = \frac{\sigma_{\text{dop}} \cdot A_s}{F}$$

Z tabeli na stronie 3.2.2.1 dla podanej średnicy oraz przykrycia gruntem rur można odczytać:

$$A_s = 8920 \text{mm}^2$$

$$F = 12,97 \text{kN/m}$$

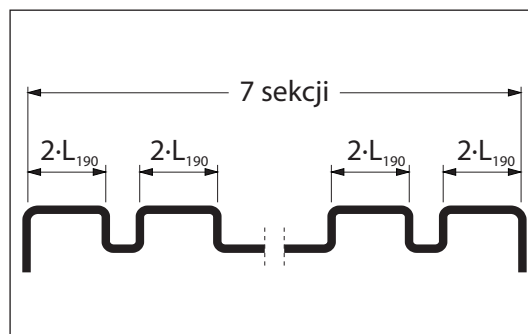
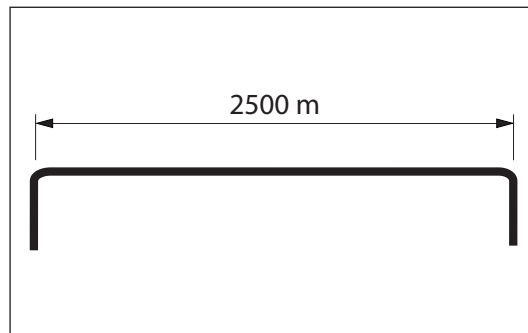
zatem:

$$L_{270} = 131 \text{m} \cdot \frac{270 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 8920 \text{mm}^2}{12970 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 186 \text{m}$$

Odcinek rurociągu o długości 2500 m dzielimy na sekcje o długości  $L \leq 2 \cdot 209 \text{m}$ :

$$n_{\min} = \frac{L}{2 \cdot L_{190}} = \frac{2500 \text{m}}{2 \cdot 186 \text{m}} = 6,7 \approx 7 \text{sekcji}$$

Każda indywidualna sekcja wykonana może być poprzez zastosowanie kompensacji typu L, Z lub U-kształtowej.



## Ograniczenie naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego

### Definicje

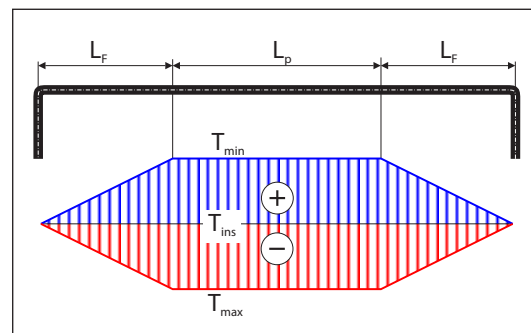
Podgrzew wstępny (zwany również naciąganiem termicznym) polega na tym, że rurociąg ułożony w otwartym wykopie (nie zasypywany gruntem) grzejemy do obliczonej (patrz str. 3.1.14) tzw. temperatury podgrzewu  $T_{pod} = T_{ins}$ .

Brak tarcia na płaszczu rur powoduje, że rurociągi przemieszczają się swobodnie bez przyrostu naprężeń osiowych ściskających.

Po zasypaniu wykopu wszystkie kolejne zmiany temperatury rur powodują, że na odcinku  $L_L$  zamkniętym przez tarcie naprężenia osiowe zmieniają się od rozciągających o wartości minimalnej  $\sigma_{min}$  w stanie zimnym do ściskających o wartości maksymalnej  $\sigma_{max}$  w stanie gorącym.

Na odcinkach hamowanych przez tarcie  $L_F$  występują zarówno zmiany naprężeń jak i wydłużenia termiczne rur. Wartości wydłużeń na końcach rur są mniejsze niż wydłużenia pierwotne w metodach bez ograniczenia naprężeń i z ograniczeniem naprężeń za pomocą załamań kompensacyjnych.

Ponieważ podgrzew wstępny nie wpływa na zmianę cyklicznego stanu obciążeń (wytrzymałość zmęczeniowa), naprężenia w łukach na załamaniach kompensacyjnych, w trójnikach odgałęźnych, zwężkach itp. będą miały wartości takie same jak w pozostałych metodach układania rur.



### Opis

Podgrzew wstępny dla rur o średnicach do DN300 wykonywać można bezproblemowo z zastosowaniem wody sieciowej o odpowiedniej (obliczonej dla dopuszczalnych naprężeń) temperaturze.

Dla większych średnic należy uwzględnić dodatkowe tarcie pochodzące od ciężaru rur z wodą, które powoduje że siła tarcia powoduje utrudnienie wydłużeń swobodnych i pojawienie się osiowych naprężeń ściskających o wartości zależnej od długości wygrzewanej sekcji.

Z tego względu może zaistnieć konieczność zastosowania podgrzewu elektrycznego lub pary lub konieczność wykonania podgrzewu sekcjami o krótszej długości.

Niezależnie od stosowanej metody podgrzewu wstępnego należy zwrócić uwagę na:

- grzanie rur w otwartym wykopie (tarcie)
- kontrolę temperatury podgrzewu wstępnego
- kontrolę wydłużeń termicznych rurociągów
- zabezpieczenie rurociągów przed niekontrolowanymi przemieszczeniami bocznymi

Po osiągnięciu obliczonej temperatury podgrzewu wydłużeń termicznych, wykop należy zasypać, i zagęścić do wymaganego wskaźnika zagęszczenia gruntu utrzymując w tym czasie stałą temperaturę zasypywanego rurociągu.

## Ograniczenie naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego

## Temperatura podgrzewu i rozkład naprężeń osiowych

Podczas układania rurociągów z ograniczeniem naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego kluczowe znaczenie ma określenie wartości dopuszczalnych naprężeń ściskających  $\sigma_{dop}$  w stanie gorącym dla temperatury  $T_{max}$  i dobranie temperatury podgrzewu wstępnego  $T_{pod} = T_{ins}$  tak, aby nie zostały przekroczone naprężenia dopuszczalne  $\sigma_{ax} \leq \sigma_{dop}$ .

Ponieważ wartość naprężeń rozciągających  $\sigma_{min}$  w stanie zimnym dla temperatury  $T_{min}$  zależy od temperatury podgrzewu  $T_{pod} = T_{ins}$ , zaleca się dobranie temperatury podgrzewu wstępnego w taki sposób, aby wartość naprężeń rozciągających na rurociągu zimnym nie była większa niż naprężeń ściskających na rurociągu gorącym (patrz str 1.10.4.1).

Rysunek obok pokazuje stan naprężeń dla przypadku, gdy temperaturę podgrzewu  $T_{pod}$  dobrano tak, że naprężenia ściskające w stanie gorącym (czerwona krzywa) i rozciągające w stanie zimnym (niebieska) są symetryczne.

Ma to miejsce, gdy temperatura podgrzewu w otwartym wykopie wynosi  $T_{ins} = \frac{1}{2} \cdot (T_{max} + T_{min})$ . W tym przypadku naprężenia osiowe wynoszą:

$$\sigma_{ax}(T_{pod}) = 0 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{ax}(T_{max}) = \sigma_{ax}(T_{min}) = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{min})$$

Rysunek obok przedstawia rozkład naprężeń w rurociągu gdy temperatura podgrzewu rur w otwartym wykopie  $T_{pod} \leq \frac{1}{2} \cdot (T_{max} + T_{min})$ .

Ma to często miejsce, gdy w czasie montażu są ograniczone możliwości odnośnie uzyskania wysokiej temperatury czynnika grzewczego. W tym przypadku temperaturę podgrzewu należy obliczyć w oparciu o maksymalnie dopuszczalną wartość naprężeń ściskających na gorącej rurze:

$$T_{pod} = T_{max} - \frac{\sigma_{dop}}{E \cdot \alpha}$$

Maksymalne naprężenia ściskające w stanie gorącym w temperaturze  $T_{max}$  będą wynosiły:

$$\sigma_{max} = E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod})$$

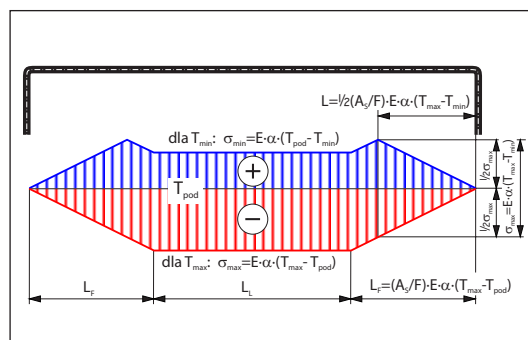
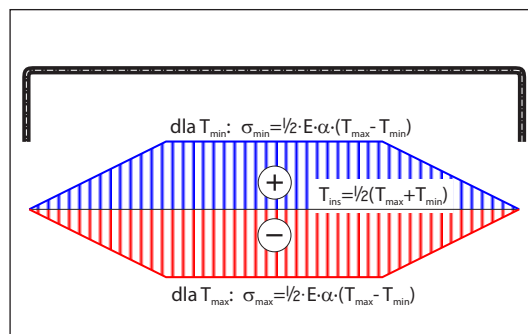
i wystąpią w odległości  $L_F$  od kolana:

$$L_F = \frac{A_S}{F} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod})$$

Naprężenia rozciągające w stanie zimnym na odcinku  $L_L$  będą wynosiły:

$$\sigma_{min} = E \cdot \alpha \cdot (T_{pod} - T_{min})$$

oraz:  $\sigma_{min} = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{min} - T_{min})$  w odległości  $L = \frac{1}{2} \cdot (A_S/F) \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{min})$  od kolana.



## Wydłużenia rur w trakcie grzania w otwartym wykopie

Wydłużenia końców sekcji rur obliczamy:

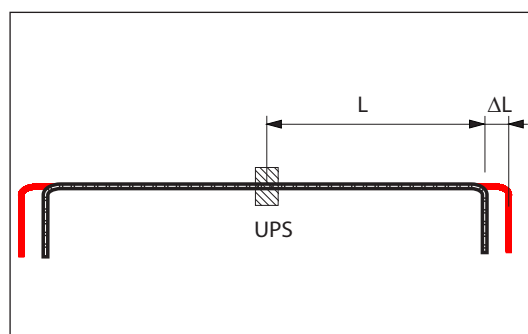
$$\Delta L = (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \alpha \cdot L$$

gdzie:  $T_{pod}$  temperatura podgrzewu jak wyżej

$T_{ins}$  temp. w momencie montażu

$\alpha$  współczynnik wydłużeń termicznych dla stali

Długość  $L$  jest to odległość od montażowego punktu stałego (UPS) wykonanego poprzez zasypanie gruntem odcinka rur do końca podgrzewanej sekcji rurociągu.



## Przykład 3a ograniczenia naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego

Przykład 3a parametry pracy	Długość odcinka rurociągu	1800 m
	Średnica rur	ϕ139,7 mm seria 2
	Przykrycie gruntem do wierzchu rur	H = 0,8 m
	Maksimalna temperatura pracy:	T <sub>max</sub> = 130°C
	Minimalna temperatura:	T <sub>min</sub> = 10°C
	Temperatura montażu:	T <sub>ins</sub> = 10°C

**Temperatura podgrzewu, wydłużenia w trakcie grzania i naprężenia po zasypaniu rur**

Dla sekcji rurociągu jak na rysunku obok maksymalne naprężenia ściskające wynoszą:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 302,4 \text{ MPa.}$$

Max. wartość naprężeń ściskających osiowych  $\sigma_{\max} \leq 334 \text{ MPa}$ . Zgodnie z wytycznymi poradnika str. 3.1.1.1 rurociąg ϕ139,7 mm można układać bez ograniczenia naprężeń osiowych. Jeżeli nie dopuszcza się do układania rur z wysoką wartością naprężeń ściskających, można zastosować podgrzew wstępny.

Montażowy punkt stały (UPS) wykonać można na środku odcinka rur przez zasypanie wykopu na długości 12-24m rurociągu.

Dla podgrzewu z symetrycznym rozkładem naprężeń temperaturę podgrzewu obliczamy:

$$T_{\text{pod}} = \frac{1}{2} \cdot (T_{\max} - T_{\min}) = \frac{1}{2} \cdot (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = 70^{\circ}\text{C}$$

Wydłużenia obu końców rur wyniosą wtedy:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (T_{\text{pod}} - T_{\min}) = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1/^{\circ}\text{C} \cdot 900 \text{ m} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = 0,648 \text{ m} = 648 \text{ mm.}$$

Naprężenia osiowe ściskające dla temp. T<sub>max</sub> oraz rozciągające dla temp. T<sub>min</sub> będą miały jednakowe wartości bezwzględne:

$$\sigma_{\max} = E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\text{pod}}) = \sigma_{\min} = E \cdot \alpha \cdot (T_{\text{pod}} - T_{\min}) = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min})$$

$$|\sigma_{\max}| = |\sigma_{\min}| = \frac{1}{2} \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = 151,2 \text{ MPa}$$

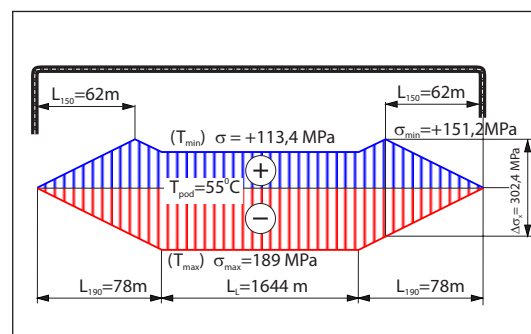
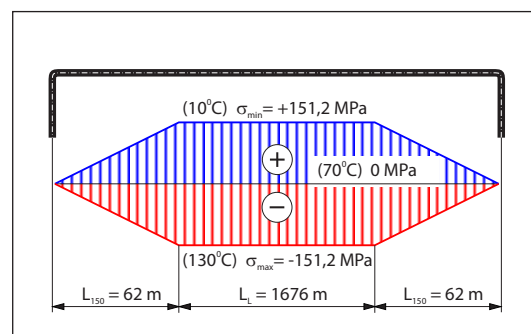
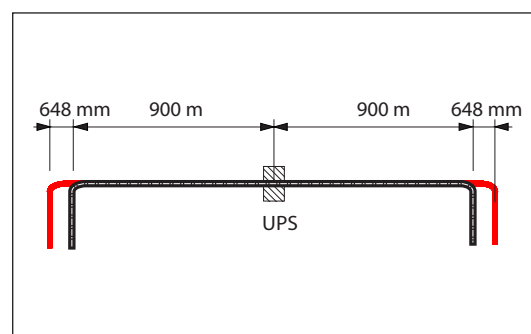
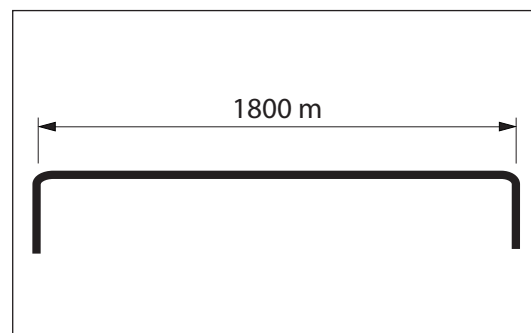
W przypadku, gdy temperatura podgrzewu liczona jest w oparciu o max. dopuszczalną wartość naprężeń ściskających  $\sigma_{\text{dop}} = -190 \text{ MPa}$ :

$$T_{\text{pod}} = T_{\max} - \frac{\sigma_{\text{dop}}}{E \cdot \alpha} = 130^{\circ}\text{C} - \frac{190 \text{ MPa}}{2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}} = 54,6^{\circ}\text{C} \approx 55^{\circ}\text{C}$$

Max. naprężenia ściskające w temp. T<sub>max</sub> = 130°C wyniosą:  $\sigma_{\max} = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot 75^{\circ}\text{C} = 189 \text{ MPa}$ , a w temperaturze T<sub>min</sub>:

$$\sigma_{\min} = E \cdot \alpha \cdot (T_{\text{pod}} - T_{\min}) = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot 45^{\circ}\text{C} = 113,4 \text{ MPa}$$

$$\text{oraz: } \sigma_{\min} = \frac{1}{2} \cdot E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_{\min}) = 151,2 \text{ MPa}$$



## Przykład 3b ograniczenia naprężeń za pomocą podgrzewu wstępnego

Przykład 3b  
parametry pracy

Długość odcinka rurociągu	$L = 1950 \text{ m}$
Średnica rur	$\phi 457 \text{ mm}$ seria 2
Przykrycie gruntem do wierzchu rur	$H = 0,8 \text{ m}$
Maksimalna temperatura pracy:	$T_{\text{max}} = 130^\circ\text{C}$
Minimalna temperatura:	$T_{\text{min}} = 10^\circ\text{C}$
Temperatura montażu:	$T_{\text{ins}} = 0^\circ\text{C}$
Max. dopuszczalne naprężenia osiowe:	$\sigma_{\text{dop}} = -190 \text{ MPa}$

## Temperatura podgrzewu, wydłużenia w trakcie grzania i naprężenia po zasypianiu rur

Ponieważ wartość dopuszczalna naprężeń ściskających na gorącej rurze przyjęta została jako  $\sigma_{\text{dop}} = -190 \text{ MPa}$ , teoretyczną temperaturę podgrzewu wstępnego należy obliczyć ze wzoru jak niżej:

$$T_{\text{pod}} = T_{\text{max}} - \frac{\sigma_{\text{dop}}}{E \cdot \alpha} = 130^\circ\text{C} - \frac{190 \text{ MPa}}{2,52 \frac{\text{MPa}}{^\circ\text{C}}} = 54,6^\circ\text{C} \approx 55^\circ\text{C}$$

Ze względów na uwarunkowania terenowe odcinek 1950 m podzielono na dwie sekcje rozdzielone montażowym punktem stałym w odległości  $L_1 = 700 \text{ m}$  i  $L_2 = 1250 \text{ m}$  od załamań kompensacyjnych na końcach rurociągu.

Wydłużenia na końcach rurociągu wyniosą:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot (T_{\text{pod}} - T_{\text{ins}})$$

$$\Delta L_1 = 700 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1/\text{K} \cdot (55^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 462 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = 1250 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1/\text{K} \cdot (55^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 825 \text{ mm}$$

Zgodnie z wytycznymi str. 3.1.13, dla rurociągu o średnicy  $\phi 457 \text{ mm}$  przy wykonywaniu podgrzewu wstępnego za pomocą wody należy uwzględnić ciężar rur z wodą.

Dodatkowe naprężenia pochodzące od tarcia jakie pojawi się w trakcie wydłużania rur leżących na podsypce piaskowej w wykopie można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta \sigma_{\text{pod}} = \frac{F_{\text{pod}} \cdot L}{A_s} = \frac{\mu \cdot Q \cdot L}{A_s}$$

gdzie:  $\mu$  współczynnik tarcia podsypki piaskowej o płaszcz PE rury  $\mu = 0,4$

$Q$  jednostkowy ciężar rury preizolowanej z wodą tabela ze str. 3.1.9

$A_s$  pole powierzchni przekroju rury stalowej tabela ze str. 3.1.9

Na skutek działania dodatkowej siły tarcia w obliczonej teoretycznej temperaturze podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie naprężenia ściskające nie będą wynosiły 0 MPa lecz wyniosą:

$$\text{- dla odcinka } L_1 = 700 \text{ m: } \Delta \sigma_1 = (0,4 \cdot 2484,6 \text{ N/m} \cdot 700 \text{ m}) / 8920 \text{ mm}^2 = 78 \text{ MPa}$$

$$\text{- dla odcinka } L_2 = 1250 \text{ m: } \Delta \sigma_2 = (0,4 \cdot 2409 \text{ N/m} \cdot 1250 \text{ m}) / 8920 \text{ mm}^2 = 139 \text{ MPa}$$

Po zasypianiu rurociągu i dalszym jego grzaniu od temperatury  $T_{\text{pod}} = 55^\circ\text{C}$  do temperatury pracy  $T_{\text{max}} = 130^\circ\text{C}$  naprężenia wzrosną o wartość  $\sigma = (130^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C} = 189 \text{ MPa}$  i całkowite wypadkowe naprężenia wyniosły by:

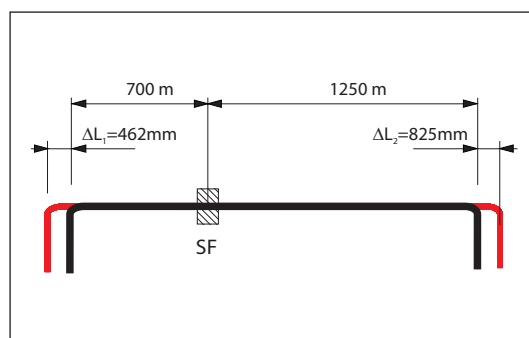
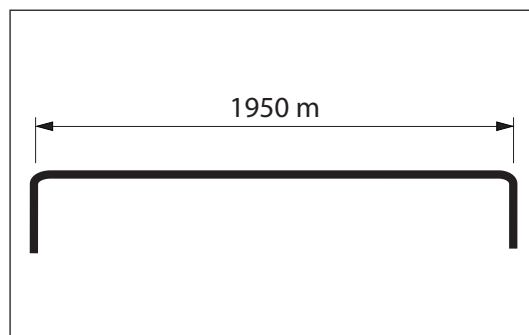
$$\sigma_{\text{maxL1}} = 189 \text{ MPa} + 78 \text{ MPa} = 267 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{maxL2}} = 189 \text{ MPa} + 139 \text{ MPa} = 328 \text{ MPa}$$

W celu uniknięcia takich wysokich naprężeń należy zwiększyć temperaturę podgrzewu jak niżej:

$$T'_{\text{pod}} = T_{\text{pod}} + \frac{\Delta \sigma}{E \cdot \alpha}; \quad T'_{\text{pod2}} = 55^\circ\text{C} + \frac{139 \text{ MPa}}{2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C}} = 110,2^\circ\text{C}$$

Obliczona temperatura jest bardzo wysoka - podgrzew odcinka  $L_2$  zaleca się wykonać dzieląc go na dwie lub więcej oddzielnie podgrzewane sekcje lub zastosować podgrzew elektryczny.





## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

### Definicje

Kompensatory jednorazowe (tzw. E-mufy) stosowane są do ograniczenia maksymalnych naprężeń osiowych tam, gdzie nie jest możliwe wykonanie podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie.

W tej metodzie podczas pierwszego uruchomienia część wydłużeń termicznych odcinka zamkniętego przez tarcie jest absorbowana przez kompensator jednorazowy.

Metoda ta pozwala na szybkie zasypywanie wykopów podobnie jak w metodzie bez ograniczenia naprężeń osiowych lub z ograniczeniem naprężeń za pomocą załamań kompensacyjnych - nie wymaga pozostawienia długich odcinków rur w otwartych wykopach.

Jedynie miejsca w których zainstalowano E-mufy wymagają pozostawienia dostępu do momentu wykonania naciągu wstępnego to jest ściśnięcia kompensatorów na obliczony wymiar.

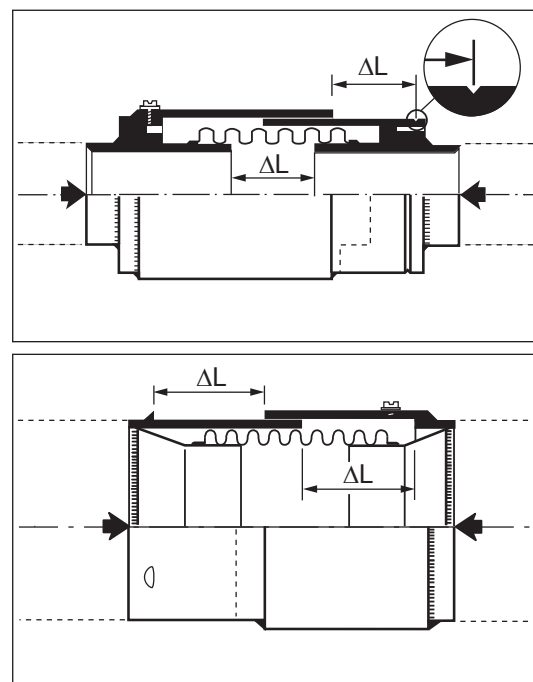
Po osiągnięciu obliczonego ściśnięcia E-mufy korpus kompensatora jest zaspawywany i wszystkie kolejne zmiany temperatur rury przewodowej nie powodują powstania wydłużeń termicznych lecz zmianę stanu naprężeń osiowych w rurze stalowej od rozciągających o wartości minimalnej  $\sigma_{\min}$  w stanie zimnym do ściskających o wartości maksymalnej  $\sigma_{\max}$  w stanie gorącym.

Ponieważ zastosowanie kompensatorów jednorazowych nie wpływa na zmianę cyklicznego stanu obciążeń (wytrzymałość zmęczeniowa oparta jest na zależności naprężeń od ilości cykli), naprężenia w łukach na załamaniach kompensacyjnych na końcach sekcji będą miały wartości takie same jak w pozostałych metodach układania rur, zatem E-mufy nie mają zastosowania do skrócenia długości ramion kompensacyjnych.

### Kompensator jednorazowy E-mufa

Kompensator jednorazowy tak zwaną E-mufę (według nazewnictwa normy EN 13941-1 SUC=Single Use Compensator) pokazano na rysunku obok.

Jest to szczególny rodzaj kompensatora mieszkowego o wzmocnionej zewnętrznej konstrukcji korpusu, który jest zaspawany na obwodzie po ściśnięciu przy pierwszym uruchomieniu.

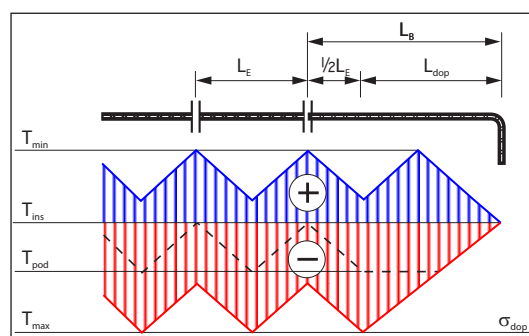


### Rozkład naprężeń na rurociągu

Rysunek obok pokazuje typowy rozkład naprężeń osiowych na rurociągu na którym zastosowano naciąg wstępny wykonany za pomocą kompensatorów jednorazowych E. Czarna przerywana linia pokazuje naprężenia ściskające w temperaturze zaspawania E-mufy. Czerwona po uzyskaniu temp.  $T_{\max}$ , a niebieska po schłodzeniu do  $T_{\min}$ .

$L_E$  max. odległość pomiędzy E-mufami

$L_B$  max. odległość między E-mufą a kolanem



## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

### Zasady montażu

- Kompensatory jednorazowe po uruchomieniu rurociągu muszą zostać ściśnięte na obliczony wymiar.
  - Minimalna temperatura w której powinno nastąpić ściśnięcie E-muf powinna być przyjęta zgodnie z tabelą str. 3.1.19 i 3.1.20 lub obliczona zgodnie z normą EN 13941-1.
  - E-mufy wspawuje się pomiędzy prostymi odcinkami rur w odległości min. 6 m od zmian kierunków rurociągu.
  - Odcinek rurociągu zamknięty przez tarcie na którym zainstalowano kompensatory jednorazowe należy na całym obwodzie owinąć folią PE.
  - Cały wykop za wyjątkiem miejsc w bezpośrednim sąsiedztwie E-muf należy zasypać.
  - Po zmontowaniu całego odcinka rurociągu bezpośrednio przed jego uruchomieniem należy usunąć blokady montażowe jeśli były stosowane.
  - Po ściśnięciu kompensatorów na obliczony wymiar, korpus E-mufy należy zamknąć przez wykonanie spoiny spawanej na całym obwodzie i wykonać próbę szczelności tej spoiny.
- Szczegółowe instrukcje montażu opisano w Poradniku Montażu i eksploatacji rozdział 3.

### Zasady projektowania

Wielkości charakterystyczne  $L_{dop}$ ,  $L_E$ ,  $L_B$  należy przyjąć z tabeli str. 3.1.19 i 3.1.20, lub wyliczyć zgodnie z wytycznymi normy EN 13941-1.

Kompensatory jednorazowe umieszcza się na odcinku rurociągu pomiędzy sekcjami rur o długości  $L_{dop}$  od załamania kompensacyjnych.

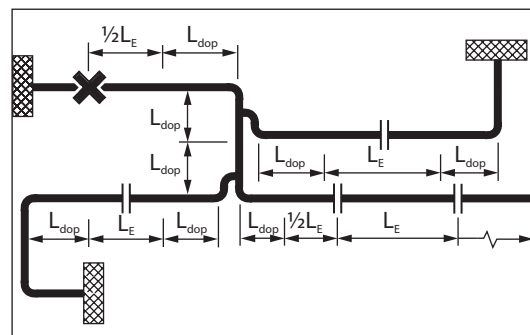
Ilość E-muf ustala się w zależności od wartości przyjętych naprężeń dopuszczalnych, wielkości przykrycia gruntem rur, temperatur  $T_{max}$  i  $T_{min}$  oraz możliwej do uzyskania temperatury  $T_{pod}$ .

Na całej długości sekcji rur zamkniętej między odcinkami  $L_{dop}$  należy zastosować folię PE, której zadaniem jest redukcja naprężeń pochodzących od tarcia przy zamykaniu E-muf.

Folia umożliwi zwiększenie odległości między kompensatorami przez redukcję tarcia o 30%.

Przy układaniu rur z E-mufami nie ma potrzeby stosowania rzeczywistych punktów stałych pomiędzy sąsiadującymi kompensatorami oraz pomiędzy E-mufami a załamaniami kompensacyjnymi na końcach rurociągu.

Rzeczywiste punkty stałe stosowane mogą być w połączeniu z wejściami do komór, budynków lub na połączeniach z siecią kanałową w celu eliminacji wydłużeń pochodzących od długich prostych odcinków rur preizolowanych.



### Dopuszczalne naprężenia osiowe

Dopuszczalny poziom naprężeń osiowych można przyjąć zgodnie z wykresem z rozdziału 1.1.26 lub dla stanu granicznego C1 wg EN 13941-1 (miejscowe wybożenia lub wygięcia).

Dla stanu granicznego C2 wg EN 13941-1 (wybożenie i utrata stanu równowagi rurociągów) zaleca się dla temperatury pracy  $T_{max} \leq 130^\circ\text{C}$  przyjąć  $\sigma_{dop} = 190 \text{ MPa}$ .

Dla tej wartości podane są w tabelach na str. 3.4.1.3 i 3.4.1.4 wartości długości  $L_{dop}$ ,  $L_E$ ,  $L_B$ .

Należy pamiętać jednak, że temperatura wymagana do zamknięcia E-muf wynosi około  $85^\circ\text{C}$ .

## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

Założenia do danych w tabeli	Dopuszczalne naprężenia osiowe ściskające: $\sigma_{dop}$	190 MPa
	Wewnętrzny kąt tarcia gruntu: $\varphi$	32.5 °
	Ciężar właściwy gruntu: $\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>
	Współczynnik tarcia, płaszcz PE/grunt $\mu$	0.40
	Współczynnik tarcia, płaszcz PE/folia/grunt $\mu$	0.28
	$T_{max}$	130 °C
	$T_{ins} = T_{pod}$ : (wymagana temp. do zamknięcia E-mufy)	85 °C
	$T_{min}$ :	10 °C

**Uwaga:** wartości długości  $L_E$  i  $L_B$  podane w tabelach poniżej obliczone zostały dla temperatury zaspawania kompensatorów jednorazowych  $T_{pod} = 85^\circ\text{C}$ .

W przypadku kiedy w momencie uruchamiania rurociągu nie ma możliwości podania czynnika grzewczego o temperaturze  $T_{pod}$  lub wyższej, istnieje ryzyko, że niemożliwym będzie uzyskanie wymaganego ściśnięcia kompensatora i uzyskania założonych wartości naprężeń  $\leq \sigma_{dop}$ .

W takim przypadku maksymalnie możliwe odległości  $L_E$  należy obliczyć indywidualnie w oparciu o możliwą do uzyskania temperaturę podgrzewu  $T_{pod}$ .

## Seria 1

średn. rury stalowej d mm	średnica osłony $D_C$ mm	odległości dla E-muf							
		H = 0.60 m		H = 0.80 m		H = 1.00 m		H = 1.50 m	
		$L_{E'}$ m	$L_{B'}$ m	$L_{E'}$ m	$L_{B'}$ m	$L_{E'}$ m	$L_{B'}$ m	$L_{E'}$ m	$L_{B'}$ m
26.9	90	45	62	34	47	28	37	19	25
33.7	90	58	79	44	59	35	48	24	32
42.4	110	60	82	46	62	37	50	25	34
48.3	110	69	94	52	71	42	57	28	38
60.3	125	84	114	64	87	52	70	35	47
76.1	140	95	129	73	98	59	79	40	54
88.9	160	107	145	81	111	66	89	45	60
114.3	200	122	165	93	127	76	103	51	70
139.7	225	132	178	101	137	82	111	56	76
168.3	250	156	212	121	164	98	133	67	91
219.1	315	177	240	137	187	112	152	77	105
273	400	187	254	147	199	120	163	83	113
323.9	450	216	293	170	230	140	190	97	132
355.6	500	210	285	166	225	137	186	95	130
406.4	560	235	319	187	253	155	210	108	147
457	630	230	312	183	249	152	207	107	146
508	710	222	301	178	241	148	201	105	142
610	800	255	346	206	280	173	235	123	167

## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

## Seria 2

średn. rury stalowej d mm	średnica osłony D <sub>c</sub> mm	odległości dla E-muf							
		H = 0.60 m		H = 0.80 m		H = 1.00 m		H = 1.50 m	
		L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m
26.9	110	37	50	28	38	23	31	15	21
33.7	110	47	64	36	49	29	39	19	26
42.4	125	53	72	40	54	32	44	22	30
48.3	125	61	82	46	62	37	50	25	34
60.3	140	75	102	57	78	46	63	31	42
76.1	160	83	113	63	86	51	69	35	47
88.9	200	85	115	65	88	53	71	36	48
114.3	225	108	147	83	112	67	91	46	62
139.7	250	118	160	91	123	74	100	50	68
168.3	280	139	189	107	146	87	119	60	81
219.1	355	156	212	122	165	99	135	68	93
273	450	166	225	130	176	107	145	74	100
323.9	500	194	263	152	207	126	170	87	118
355.6	560	187	253	148	200	122	165	85	115
406.4	630	208	282	165	224	137	186	96	130
457	710	202	275	162	220	135	183	95	129
508	800	195	265	157	213	131	178	93	126
610	900	225	305	182	247	153	208	109	148

## Seria 3

średn. rury stalowej d mm	średnica osłony D <sub>c</sub> mm	odległości dla E-muf							
		H = 0.60 m		H = 0.80 m		H = 1.00 m		H = 1.50 m	
		L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m	L <sub>E'</sub> m	L <sub>B'</sub> m
26.9	125	32	44	25	33	20	27	13	18
33.7	125	41	56	31	43	25	34	17	23
42.4	140	47	64	36	48	29	39	19	26
48.3	140	54	73	41	56	33	45	22	30
60.3	160	66	89	50	68	40	55	27	37
76.1	180	74	100	56	76	45	62	31	42
88.9	200	85	115	65	88	53	71	36	48
114.3	250	97	131	74	101	60	82	41	56
139.7	280	105	142	81	110	66	89	45	61
168.3	315	123	167	95	129	78	105	53	72
219.1	400	138	187	107	146	88	119	61	82
273	500	148	201	116	158	96	130	66	90
323.9	560	172	233	135	183	112	151	78	105
355.6	630	165	223	130	177	108	146	75	102
406.4	710	183	248	145	197	121	164	85	115
457	800	178	241	142	193	119	161	84	114
508	900	172	233	138	187	115	157	82	111
610	1000	200	272	163	221	137	186	98	133

## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

## Odległości między kompensatorami E i rozkład naprężeń

Wartości podane w tabelach na str. 3.1.19 oraz 3.1.20 obliczone zostały zgodnie z zasadami podanymi w normie PN-EN 13941-1 przy założeniu, że naprężenia dopuszczalne w stanie zimnym i gorącym mają jednakową wartość bezwzględną i wynoszą  $\sigma_{dop} = 190$  MPa. Max. odległość pomiędzy kompensatorami jednorazowymi  $L_E$  oblicza się jak niżej:

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot \sigma_{dop} - \alpha \cdot E \cdot (T_{max} - T_{min})) \cdot A_S}{F}$$

gdzie:

$L_B$  max. odległość między E-mufą a kolanem

$L_E$  max. odległość pomiędzy E-mufami

$\sigma_{dop}$  dopuszczalne naprężenia osiowe

$T_{max}$  max. temperatura pracy

$T_{min}$  temperatura minimalna (gruntu)

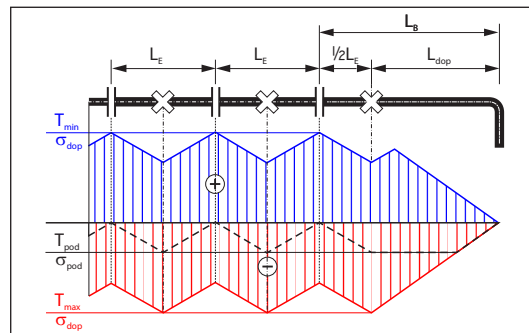
$T_{pod}$  temp. wymagana do zamknięcia E-mufy

$T_{ins}$  temperatura montażu

$A_S$  pole przekroju rury stalowej

$F$  jednostkowa siła tarcia

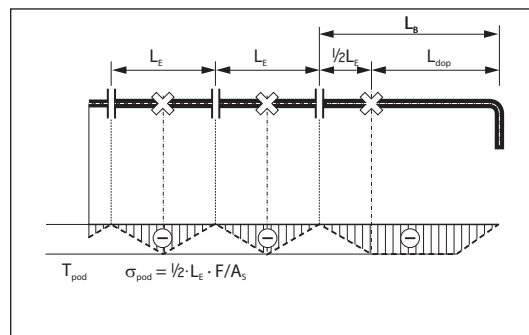
**Uwaga:** w przypadku stosowania folii wartość tabelaryczną siły tarcia  $F$  redukuje się o 30%.

Grzanie rurociągu do zaspawania kompensatora E w temperaturze  $T_{pod}$ 

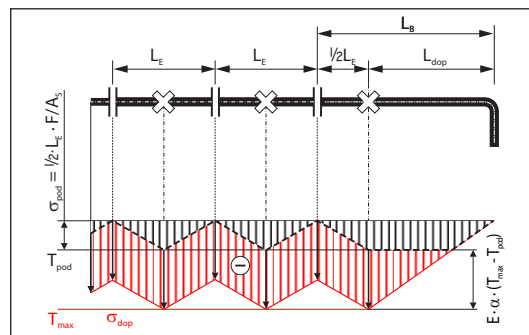
Podczas uruchamiania rurociągu o założonym rozstawie pomiędzy kompensatorami  $L_E$ , pojawiają się wydłużenia odcinków rur od punktów stałych (umowne lub rzeczywiste) do kompensatorów jednorazowych ( $L = 1/2 L_E$ ), które powodują powstanie naprężeń ściskających. Rys. obok pokazuje rozkład naprężeń osiowych w temperaturze  $T_{pod}$  w momencie ściśnięcia i zaspawania kompensatorów jednorazowych E. Wartość tych naprężeń zależy od odległości  $L_E$  pomiędzy kompensatorami i siły tarcia.

Oblicza się je się za pomocą wzoru:

$$\sigma_{pod} = \frac{F \cdot 1/2 L_E}{A_S}$$

Grzanie rurociągu od zaspawania kompensatora E do max. temp.  $T_{max}$ 

Po zaspawaniu kompensatorów, dalsze grzanie rurociągu od temperatury  $T_{pod}$  do  $T_{max}$  nie będzie powodować powstania przemieszczeń rur, lecz jedynie przyrost naprężeń osiowych ściskających od wartości  $\sigma_{pod}$  do naprężeń maksymalnych, które w stanie gorącym w temperaturze  $T_{max}$  nie powinny przekroczyć wartości dopuszczalnych  $\sigma_{dop}$  (patrz rysunek obok).



## Ograniczenie naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E-muf

### Min. temperatura $T_{pod}$ konieczna od wymaganego ściśnięcia E-mufy

Podczas układania rurociągów metodą ograniczenia naprężeń z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych, aby w stanie gorącym ( $T = T_{max}$ ) nie przekroczyć naprężeń dopuszczalnych, temperaturę podgrzewu  $T_{pod}$  należy dobrać tak, że suma naprężeń od sił tarcia podczas ściskania kompensatora  $\sigma_{dop}$  i przyrost naprężeń od różnicy  $\Delta T = (T_{max} - T_{pod})$  podczas dalszego grzania po zamknięciu nie przekroczyła naprężeń przyjętych jako dopuszczalne:

$$\sigma_{pod} + E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod}) \leq \sigma_{dop}$$

Dla przyjętych odległości pomiędzy kompensatorami  $L_E$  i sił tarcia można obliczyć minimalną wymaganą temperaturę w której należy zaspawać/zamknąć kompensator E:

$$T_{pod-min} = T_{max} - \frac{1}{E \cdot \alpha} \cdot \left( \sigma_{dop} - \frac{F \cdot L_E}{2 \cdot A_s} \right)$$

W przypadku zaspawania/zamknięcia kompensatora jednorazowego E w temperaturze niższej, naprężenia ściskające na gorącej rurze w temperaturze  $T_{max}$  przekroczą wartość  $\sigma_{dop}$ .

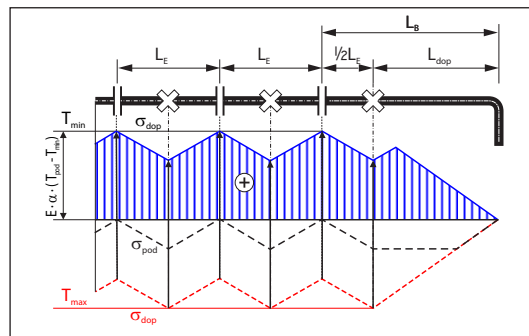
Jeśli w trakcie uruchamiania rurociągu możliwa do uzyskania temperatura podgrzewu jest niższa od wyliczonej  $T_{pod} \leq T_{pod-min}$ , należy dla tej temperatury obliczyć max. odległość między E-mufami:

$$L_{E-max} = \frac{2 \cdot A_s}{F} \cdot \left[ \sigma_{dop} - E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod}) \right]$$

### Schładzanie rurociągu od temperatury $T_{max}$ do $T_{min}$

Podczas schładzania rurociągu od temperatury  $T_{max}$  w stanie gorącym do temperatury  $T_{min}$  w stanie zimnym rozkład naprężeń rozciągających na rurociągu będzie wyglądał jak na rys. obok. Maksymalna wartość naprężeń rozciągających osiowych nie przekroczy wartości  $\sigma_{dop}$  jeżeli spełniona jest zależność:

$$E \cdot \alpha \cdot (T_{pod} - T_{min}) \leq \sigma_{dop}$$



### Max. temperatura $T_{pod}$ dla której naprężenia zimnej rury nie przekroczą wartości $\sigma_{dop}$

Maksymalna temperatura podgrzewu  $T_{pod-max}$  w momencie ściśnięcia i zaspawania kompensatorów jednorazowych E nie może być wyższa od temperatury obliczonej za pomocą wzoru jak niżej:

$$T_{pod-max} = T_{min} + \frac{\sigma_{dop}}{E \cdot \alpha}$$

W przypadku zaspawania/zamknięcia kompensatora jednorazowego E w temperaturze wyższej, naprężenia rozciągające na zimnej rurze w temperaturze  $T_{min}$  przekroczą wartość  $\sigma_{dop}$ .

### Wielkość ściśnięcia E-mufy

Do obliczenia wielkości ściśnięcia kompensatora jednorazowego  $\Delta L$  oprócz znajomości odległości  $L_E$  i  $L_B$  konieczna jest również znajomość temperatury otoczenia  $T_{ins}$  w momencie montażu.

W przypadku kiedy odległości  $L_E$  pomiędzy sąsiednimi kompensatorami jednorazowymi są jednakowe, wielkość ściśnięcia kompensatora E należy obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L_E = 2 \cdot \left[ \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_E}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_E)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} \right]$$

W przypadku kiedy odległości  $L_E$  pomiędzy sąsiednimi kompensatorami jednorazowymi są różne, wielkość ściśnięcia kompensatora E należy obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L_E = \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_{E1} + L_{E2}}{2} - \frac{F}{2 \cdot E \cdot A_s} \cdot \left[ \left( \frac{L_{E1}}{2} \right)^2 + \left( \frac{L_{E2}}{2} \right)^2 \right]$$

Wielkość ściśnięcia skrajnego kompensatora E licząc od kolana kompensacyjnego należy obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_B}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_B)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{\Delta L_E}{2}$$

## Przykład 4a ograniczenia naprężeń za pomocą E-muf

Przykład 4a  
parametry pracy

Niniejszy przykład przedstawia dobór rozstawu kompensatorów jednorazowych i wielkości ściśnięcia (nastawy) E-muf dla warunków podanych na stronie 3.1.17÷3.1.18.

Długość odcinka rurociągu 1225 m  
 Średnice rur  $\phi 139,7$  mm; seria 2  
 Przykrycie gruntem rur  $H = 0,8$  m  
 Max. temperatura pracy:  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$   
 Min. temperatura pracy:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temp. gruntu przy montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temp. rur przy uruchamianiu:  $T = 90^{\circ}\text{C}$   
 Zastosowano folię PE w celu redukcji siły tarcia pomiędzy kompensatorami E.

Dla parametrów jak wyżej maksymalne osiowe naprężenia ściskające wynoszą:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 302,4 \text{ MPa.}$$

Zgodnie z wytycznymi str. 3.1.1.1 rurociąg  $\phi 139,7$  mm można układać bez ograniczenia naprężeń osiowych.

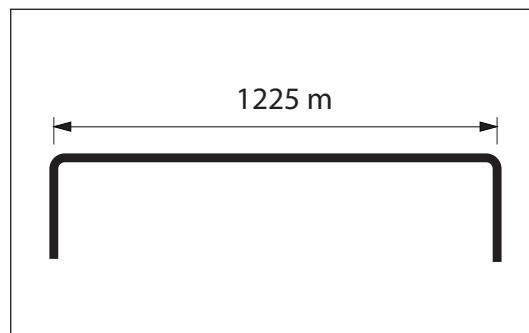
Jednak z powodu ryzyka wyboczeń i globalnej niestabilności konstrukcji maksymalna dopuszczalna wartość naprężeń osiowych ściskających przyjęto na poziomie 190 MPa.

Dla naprężeń  $\sigma_{\text{dop}} = 190$  MPa zgodnie z tabelą na stronie 3.4.1.4:

$$L_E = 91 \text{ m}; L_B = 123 \text{ m}$$

Z tabeli na str. 3.2.2.2 odczytujemy:

$$L_{190} = 78 \text{ m}; A_S = 1539 \text{ mm}^2; F = 3,76 \text{ kN}$$

Obliczenia  
rozstawu kompensatorów jednorazowych

Ilość kompensatorów jednorazowych typu E obliczamy ze wzoru:

$$n = \frac{L - 2 \cdot L_{190}}{L_E} = \frac{1225 \text{ m} - 2 \cdot 78 \text{ m}}{91 \text{ m}} = 11,75 \rightarrow 12$$

Ponieważ skrajne E-mufy przylegają do łuków kompensacyjnych, zatem rurociąg należy podzielić na:

- dwie sekcje od strony kolan kompensacyjnych, każda o długości:

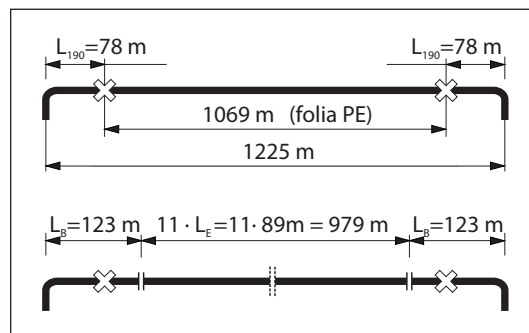
$$L_B = \frac{1}{2} \cdot L_E + L_{190} = \frac{1}{2} \cdot 91 \text{ m} + 78 \text{ m} = 123 \text{ m}$$

-  $(n - 1) = 11$  sekcji pomiędzy E-mufami, każda o długości:

$$L_E = (1225 \text{ m} - 2 \cdot 123 \text{ m}) / 11 = 89 \text{ m}$$

Podane wyżej długości  $L_E = 89$  m i  $L_B = 123$  m są długościami teoretycznymi i zalecanymi do stosowania w praktyce.

Rzeczywiste długości  $L_E$  między E-mufami oraz  $L_B$  od łuków są dostosowane do geometrii sieci i typowych długości rur, kolan, trójników tak, aby unikać niepotrzebnego docinania rur.



## Przykład 4a ograniczenia naprężeń za pomocą E-muf

Obliczenia  
temperatury  
podgrzewu  $T_{pod}$ 

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 3.4.1.6 należy sprawdzić:

- $T_{pod-max}$  maksymalną dopuszczalną temperaturę podgrzewu ze względu na naprężenia rozciągające w stanie zimnym w temperaturze  $T_{min}$
- $T_{pod-min}$  temperaturę minimalną podgrzewu ze względu na naprężenia ściskające w stanie gorącym w temperaturze  $T_{max}$

$$T_{pod-max} = T_{min} + \frac{\sigma_{dop}}{\alpha \cdot E} = T_{min} + \frac{\sigma_{dop}}{2,52 \frac{MPa}{\%C}} = 10^{\circ}C + \frac{190 \text{ MPa}}{2,52 \frac{MPa}{\%C}} = 85^{\circ}C$$

$$T_{pod-min} = T_{max} - \frac{1}{E \cdot \alpha} \cdot \left( \sigma_{dop} - \frac{F \cdot L_E}{2 \cdot A_s} \right) = 130^{\circ}C - \frac{1}{2,52 \frac{MPa}{\%C}} \cdot \left( 190 \text{ MPa} - \frac{0,7 \cdot 3760 \frac{\%}{m} \cdot 89 \text{ m}}{2 \cdot 1539 \text{ mm}^2} \right) = 84,8^{\circ}C \approx 85^{\circ}C$$

Ponieważ maksymalna temperatura czynnika grzewczego w momencie uruchamiania rurociągu wynosi  $T = 90^{\circ}C$ , możliwe jest zatem zastosowanie metody ograniczenia naprężeń za pomocą kompensatorów jednorazowych E.

Temperaturę w której należy zaspawać/zamknąć kompensator należy przyjąć  $T_{pod} = 85^{\circ}C$ .

Obliczenia  
wielkości ściśnięcia  
E-mufy

Wartość ściśnięcia kompensatora jednorazowego niezbędną do uzyskania właściwego naciągu wstępnego obliczamy za pomocą wzoru:

$$\Delta L_E = 2 \cdot \left[ \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_E}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_E)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} \right]$$

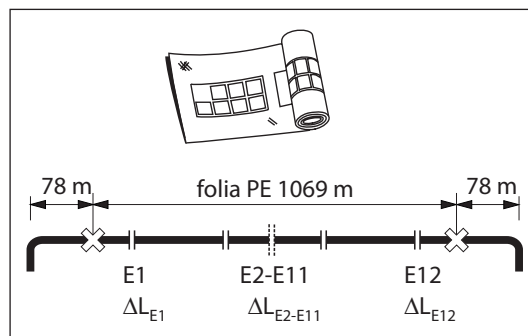
Na odcinku 1069 m pomiędzy kompensatorami E zastosowano folię PE, zatem jednostkowa siła tarcia gruntu o płaszczyznę rury będzie mniejsza o 30% niż podana w tabelach na stronach 3.1.8 i 3.1.9.

Wymagane wartości ściśnięcia kompensatorów jednorazowych  $L_E$  i  $L_B$  wynoszą odpowiednio:

$$\Delta L_E = 2 \cdot \left[ \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_E}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_E)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} \right] = 2 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\%}{\%C} \cdot (85^{\circ}C - 10^{\circ}C) \cdot \frac{89 \text{ m}}{2} - \frac{0,7 \cdot 3760 \frac{\%}{m} \cdot \left( \frac{89 \text{ m}}{2} \right)^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\%}{\text{mm}^2} \cdot 1539 \text{ mm}^2} \right] = 64 \text{ mm}$$

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_B}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_B)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{\Delta L_E}{2}$$

$$\Delta L_B = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\%}{\%C} \cdot (85^{\circ}C - 10^{\circ}C) \cdot \frac{123 \text{ m}}{2} - \frac{0,7 \cdot 3760 \frac{\%}{m} \cdot \left( \frac{123 \text{ m}}{2} \right)^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\%}{\text{mm}^2} \cdot 1539 \text{ mm}^2} + \frac{64 \text{ mm}}{2} = 72 \text{ mm}$$





## Przykład 4b ograniczenia naprężeń za pomocą E-muf

Przykład 4b  
parametry pracy

Niniejszy przykład przedstawia dobór rozstawu kompensatorów jednorazowych i wielkości ściśnięcia (nastawy) E-muf dla warunków podanych na stronie 3.1.19÷3.1.20.

Długość odcinka rurociągu 2500 m  
Średnice rur  $\phi 457$  mm; seria 1  
Przykrycie gruntem rur  $H = 1,0$  m  
Max. temperatura pracy:  $T_{\max} = +100^{\circ}\text{C}$   
Min. temperatura pracy:  $T_{\min} = +5^{\circ}\text{C}$   
Temp. gruntu przy montażu:  $T_{\text{ins}} = +10^{\circ}\text{C}$   
Temperatura czynnika możliwa do uzyskania przy uruchamianiu:  $T = +70^{\circ}\text{C}$   
Zastosowano folię PE w celu redukcji siły tarcia pomiędzy kompensatorami E.

Dla parametrów jak wyżej maksymalne osiowe naprężenia ściskające wynoszą:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

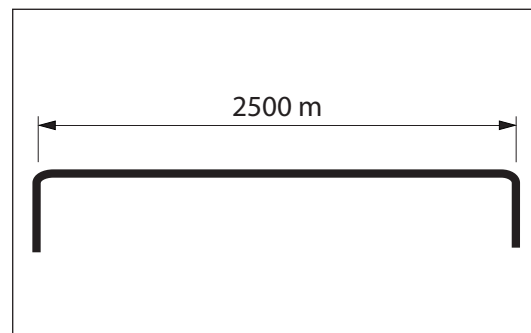
$$\sigma_{\max} = (100^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 226,8 \text{ MPa.}$$

Zgodnie z wytycznymi str. 3.1.2 rurociąg  $\phi 139,7$  mm można układać bez ograniczenia naprężeń osiowych.

Inwestor wymaga, aby max. naprężenia osiowe nie przekraczały wartości 190 MPa.

Z tabeli na str. 3.1.8 odczytujemy:

$$L_{190} = 131 \text{ m}; A_s = 8920 \text{ mm}^2; F = 12,97 \text{ kN}$$

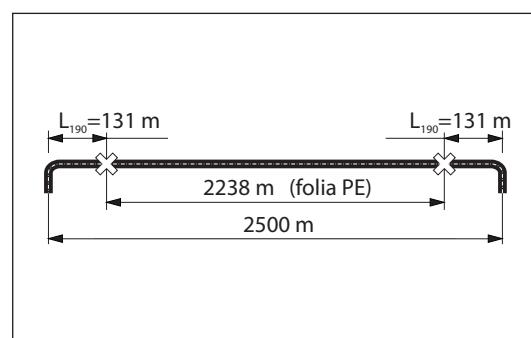
Odległości między kompensatorami jednorazowymi  $L_E$ 

Max. odległość pomiędzy kompensatorami jednorazowymi  $L_E$  obliczamy zgodnie z zasadami podanymi w normie PN-EN 13941-1 przy założeniu, że naprężenia dopuszczalne w stanie zimnym i gorącym mają jednakową wartość bezwzględną i wynoszą  $\sigma_{\text{dop}} = 190 \text{ MPa}$ .

Przyjmując dodatkowo redukcję siły tarcia przez zastosowanie folii PE, odległość pomiędzy E-mufami  $L_E$  oblicza się jak niżej:

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot \sigma_{\text{dop}} - \alpha \cdot E \cdot (T_{\max} - T_{\min})) \cdot A_s}{F}$$

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot 190 \text{ MPa} - 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C})) \cdot 8920 \text{ mm}^2}{0,7 \cdot 12970 \text{ N/m}} = 256,7 \text{ m} \approx 257 \text{ m}$$

Obliczenia temperatury podgrzewu  $T_{\text{pod}}$ 

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 3.1.22 należy sprawdzić wartości temperatur:

- $T_{\text{pod-max}}$  max. dopuszczalną temperaturę podgrzewu ze względu na naprężenia rozciągające
- $T_{\text{pod-min}}$  min. temperaturę podgrzewu ze względu na naprężenia ściskające w stanie gorącym

$$T_{\text{pod-max}} = T_{\min} + \frac{\sigma_{\text{dop}}}{\alpha \cdot E} = T_{\min} + \frac{\sigma_{\text{dop}}}{2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}} = 5^{\circ}\text{C} + \frac{190 \text{ MPa}}{2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}} = 80,4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{pod-min}} = T_{\max} - \frac{1}{E \cdot \alpha} \cdot \left( \sigma_{\text{dop}} - \frac{F \cdot L_E}{2 \cdot A_s} \right) = 100^{\circ}\text{C} - \frac{1}{2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}} \cdot \left( 190 \text{ MPa} - \frac{0,7 \cdot 12970 \text{ N/m} \cdot 257 \text{ m}}{2 \cdot 8920 \text{ mm}^2} \right) = 76,5^{\circ}\text{C} \approx 77^{\circ}\text{C}$$

## Przykład 4b ograniczenia naprężeń za pomocą E-muf

Obliczenia temperatury podgrzewu  $T_{pod}$  ciągu dalszy

Ponieważ możliwa do podania maksymalna temperatura czynnika grzewczego w momencie uruchamiania rurociągu wynosi  $T = 70^{\circ}\text{C}$ , zatem zastosowanie metody ograniczenia naprężeń osiowych za pomocą kompensatorów jednorazowych E wymaga korekty obliczeń odległości  $L_E$  pomiędzy kompensatorami.

Odległość tą oblicza się w oparciu o rzeczywistą temperaturę w której nastąpi zaspawanie/zamknięcie kompensatora czyli  $T_{pod} = 70^{\circ}\text{C}$ :

$$L_{E-max} = \frac{2 \cdot A_s}{F} \cdot [\sigma_{dop} - E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod})]$$

$$L_{E-max} = \frac{2 \cdot 8920 \text{ mm}^2}{0,7 \cdot 12970 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot [190 \text{ MPa} - 2,52 \frac{\text{MPa}}{\% \text{C}} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C})] = 224,8 \text{ m} \approx 225 \text{ m}$$

## Obliczenia rozstawu kompensatorów jednorazowych

Ilość kompensatorów jednorazowych typu E obliczamy ze wzoru:

$$n = \frac{L - 2 \cdot L_{190}}{L_E} = \frac{2500 \text{ m} - 2 \cdot 131 \text{ m}}{225 \text{ m}} = 9,94 \rightarrow 10$$

Ponieważ skrajne E-mufy przylegają do łuków kompensacyjnych, zatem rurociąg należy podzielić na:

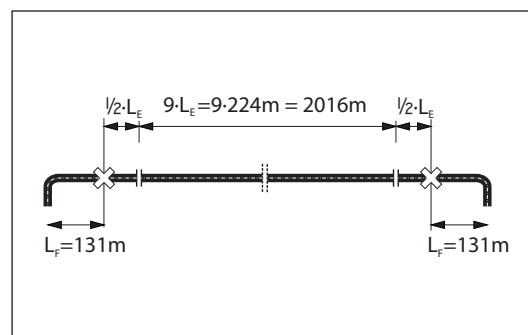
- dwie sekcje od strony kolan kompensacyjnych, każda o długości:

$$L_B = \frac{1}{2} \cdot L_E + L_{190} = \frac{1}{2} \cdot 225 \text{ m} + 131 \text{ m} = 243,5 \text{ m}$$

- $(n - 1) = 9$  sekcji pomiędzy E-mufami, każda o długości:

$$L_E = (2500 \text{ m} - 2 \cdot 243,5 \text{ m}) / 9 = 223,7 \text{ m} \approx 224 \text{ m}$$

Rzeczywiste długości  $L_E$  między E-mufami oraz  $L_B$  od łuków zaleca się dostosować indywidualnie do typowych długości rur, kolan, trójników tak, aby unikać niepotrzebnego docinania rur.



## Obliczenia wielkości ściśnięcia E-muf

Wielkości ściśnięcia kompensatorów jednorazowych obliczamy za pomocą wzoru:

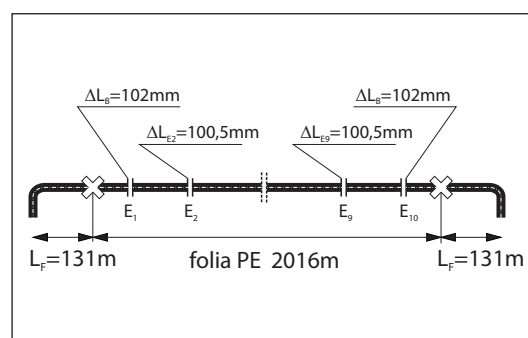
$$\Delta L_E = 2 \cdot \left[ \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_E}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_E)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} \right]$$

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{pod} - T_{ins}) \cdot \frac{L_B}{2} - \frac{F \cdot (\frac{1}{2} L_B)^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{\Delta L_E}{2}$$

Biorąc pod uwagę redukcję siły tarcia przez zastosowanie folii PE, wymagane wartości ściśnięcia kompensatorów jednorazowych  $L_E$  i  $L_B$  wyniosą odpowiednio:

$$\Delta L_E = 2 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\% \text{C}} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{224 \text{ m}}{2} - \frac{0,7 \cdot 12970 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \left(\frac{224 \text{ m}}{2}\right)^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 8920 \text{ mm}^2} \right] = 100,5 \text{ mm}$$

$$\Delta L_B = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\% \text{C}} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{243,5 \text{ m}}{2} - \frac{0,7 \cdot 12970 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \left(\frac{243,5 \text{ m}}{2}\right)^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 8920 \text{ mm}^2} + \frac{100,5 \text{ mm}}{2} = 102 \text{ mm}$$



## Przykład 4b ograniczenia naprężeń za pomocą E-muf

Naprężenia osiowe  
w rurociągu

Rozkład naprężeń osiowych w rurociągu pokazany jest na rysunku obok:

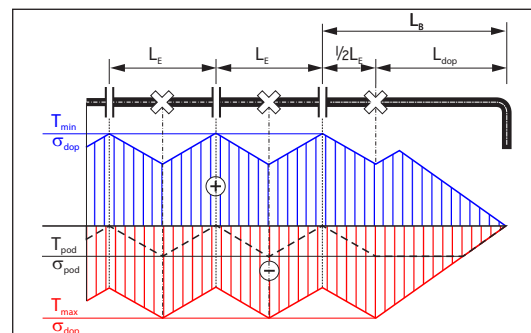
- $\sigma_{pod}$  naprężenia podczas uruchamiania rurociągu
- $\sigma_{max}$  naprężenia w stanie gorącym
- $\sigma_{min}$  naprężenia w stanie zimnym

Maksymalne wartości tych naprężeń wynoszą:

$$\sigma_{pod} = \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_E}{A_s} = \frac{0,7 \cdot 12970 \frac{N}{m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 224 m}{8920 mm^2} = 114 MPa$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{pod} + E \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_{pod}) = 114 MPa + 2,52 \frac{MPa}{\%C} \cdot (100^{\circ}C - 70^{\circ}C) = 189,6 MPa$$

$$\sigma_{min} = E \cdot \alpha \cdot (T_{pod} - T_{min}) = 2,25 \frac{MPa}{\%C} \cdot (70^{\circ}C - 5^{\circ}C) = 163,8 MPa$$



## Odniesienia

Katalog produktu	Kompensatory jednorazowe	2.1
Montaż i eksploatacja	Kompensatory jednorazowe	3.0



## Zmiany kierunków

### Informacje ogólne

---

#### Wprowadzenie

Poniższy rozdział zawiera wytyczne projektowania dotyczące zmian kierunków w systemie podziemnych rur preizolowanych zgodnych z normą PN-EN 13941-1.

Podaje on wskazówki w jaki sposób zaprojektować przebieg trasy rurociągu tak, aby spełnić zarówno wymagania związane z uwarunkowaniami terenowo prawnymi jak i aspektami poprawności technicznej i oraz możliwej optymalizacji ekonomicznej.

Zmiany kierunków rurociągów w gruncie powinny być wykonywane w ten sposób, aby interakcja gruntu wynikająca z przemieszczeń rur (w gruncie) nie powodowała przekroczenia naprężeń przyjętych za dopuszczalne przez normę PN-EN 13941-1.

Dotyczy to zarówno: osłony PE, izolacji PUR i rur stalowych, łuków, trójników, zwęzek i innych elementów systemu rur preizolowanych.

Poniższy rozdział zawiera wzory i tabele umożliwiające zaprojektowanie sieci cieplnej preizolowanej w taki sposób, aby spełniała wymagania normy PN-EN 13941-1 dla rurociągów w klasach projektowych A i B.

---

#### Spis treści

- 4.1.2 Gięcie elastyczne
  - 4.1.3 Prefabrykowane rury gięte
  - 4.1.10 Ukosowania na spoinach spawanych
  - 4.1.12 Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych
    - 4.1.12 Łuki 80-90° kompensacja typu L
    - 4.1.18 Łuki 80-90° kompensacja typu Z
    - 4.1.21 Łuki 80-90° kompensacja typu U
  - 4.1.24 Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych
-

## Zmiany kierunków Gięcia elastyczne

### Informacje ogólne

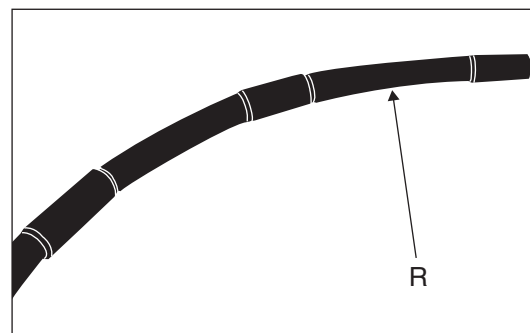
W technologii rur preizolowanych LOGSTOR podczas układania rur w wykopie, niewielkie zmiany kierunków można wykonać przez zastosowanie tzw. gięcia elastycznego.

W obliczeniach statycznych sieci ciepłych, rury gięte traktowane są jak proste odcinki rur. Zastosowanie gięcia elastycznego zamiast ukosowania na spoinach spawanych lub łuków preizolowanych o niewielkich kątach gięcia umożliwia eliminację spiętrzenia naprężeń w tych miejscach.

W takich przypadkach odległość pomiędzy sąsiednimi załamaniem kompensacyjnymi zależy tylko od długości instalacyjnych, czyli od przyjętych wartości dopuszczalnych naprężeń osiowych w rurach stalowych.

Podczas montażu proste odcinki rur łączy się ze sobą przez spawane i elastycznie dogina w trakcie wkładania do wykopu.

Po ułożeniu w wykopie rury należy stabilizować poprzez zastosowanie „poduszek” z zasypanego piasku lub w inny sposób np. poprzez zabicie palików o przekroju 10 cm (patrz Poradnik montażu rozdział 1.2).



### Zastosowanie

Gięcie elastyczne zaleca się do stosowania jako substytut ukosowań na spoinach spawanych i łuków preizolowanych o małych kątach gięcia.

Dla maksymalnej wartości naprężeń gnących w rurze stalowej 210 MPa, minimalny promień gięcia wynosi  $R_{\min} \leq 500 \cdot d$ ; gdzie  $d$  jest średnicą zewnętrzną rury stalowej. Tabela obok podaje min. promienie gięcia rur oraz odpowiadające im kąty gięcia dla rur pojedynczych.

Minimalny dopuszczalny promień gięcia dotyczy rur stalowych i jest jednakowy dla wszystkich serii izolacji.

Gięcie elastyczne ma zastosowanie do zmian kierunków w poziomie jak i w pionie, należy mieć na uwadze, że zasady gięcia elastycznego w pionie dla rur TwinPipe są nieco inne.

Dla gięcia w pionie należy również sprawdzić, czy przykrycie rur gruntem jest wystarczające dla zapewnienia stabilności lokalnej rurociągu.

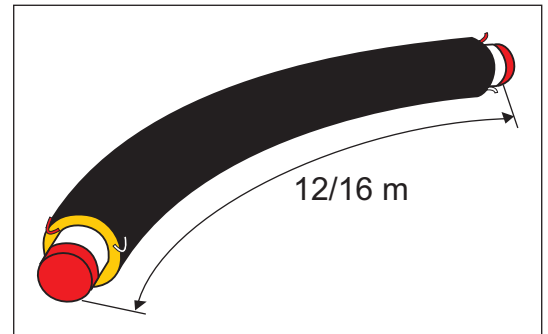
W razie pytań i wątpliwości prosimy o kontakt z działem technicznym LOGSTOR.

d mm	Min. dopuszczal- ny promień m	kąt dla rury > 12 m °	kąt dla rury > 16 m °
26.9	13.5	51	-
33.7	16.9	41	-
42.4	21.2	32	-
48.3	24.2	28	-
60.3	30.2	23	-
76.1	38.1	18	-
88.9	44.5	15	-
114.3	57.2	12	16
139.7	69.9	9.8	13
168.3	84.2	8.2	11
219.1	110	6.3	8.4
273	137	5.0	6.7
323.9	162	4.2	5.7
355.6	178	3.9	5.2
406.4	203	3.4	4.5
457	229	3.0	4.0
508	254	2.7	3.6
610	305	2.3	3.0

## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

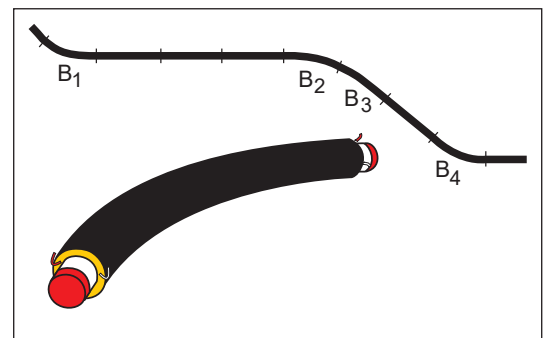
**Informacje ogólne** Prefabrykowane rury gięte można stosować wszędzie tam, gdzie wymagany kąt gięcia rur jest większy niż możliwy do uzyskania poprzez gięcie elastyczne.

Gotowe proste rury preizolowane uzyskuje się poprzez gięcie maszynowo w fabryce LOGSTOR prostych rur o długości 12 lub 16m.



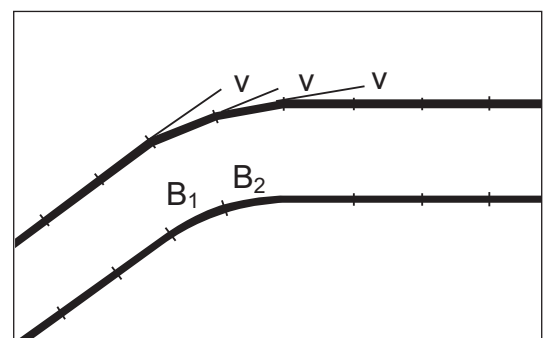
**Zastosowanie** Rury gięte stosowane mogą być też zamiast tradycyjnych łuków preizolowanych (kolan). Podobnie jak dla gięcia elastycznego, rury gięte traktowane są jak proste odcinki rur. Odległość pomiędzy sąsiednimi załamaniami kompensacyjnymi zależy wtedy od wartości przyjętych dopuszczalnych osiowych naprężeń ściskających od sił tarcia i ciśnienia wewnętrznego.

Ponieważ łuki o kątach gięcia  $5^{\circ} \div 80^{\circ}$  mają ograniczony zakres stosowania - patrz str. 4.1.24, rury gięte stosowane w ich zastępstwie pozwalają na eliminację ograniczeń odnośnie odległości od sąsiednich łuków kompensacyjnych ( $80^{\circ} \div 90^{\circ}$ ).

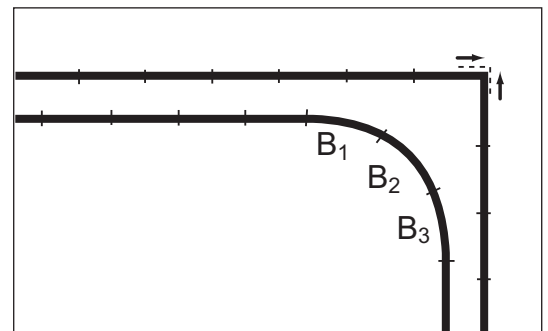


**Możliwości stosowania rur giętych**

- Zastąpienie ukosowań na połączeniach spawanych



- Zmiany kierunków



## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

### Możliwości stosowania rur giętych ciąg dalszy

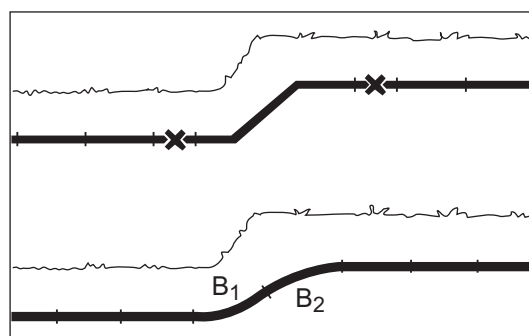
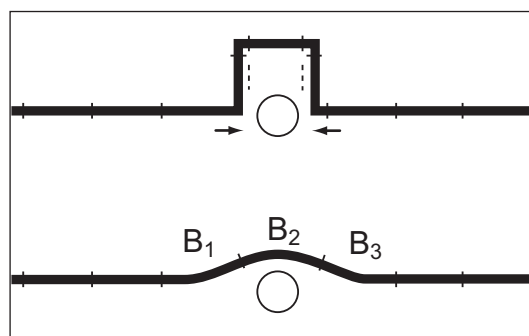
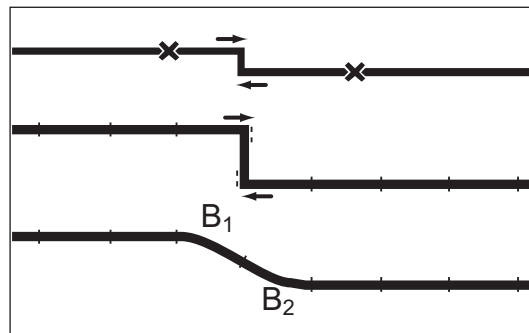
- Zastosowanie rur giętych pozwala również na eliminację kompensacji typu Z o zbyt krótkich ramionach.

Długość ramion kompensacyjnych zależy od wydłużeń termicznych rur odcinków położonych z obu stron Z-ki.

W przypadku, kiedy nie jest możliwe zastosowanie ramion poprzecznych Z-ki o minimalnej długości, użycie rur giętych pozwala na rozwiązanie problemu bez konieczności zabudowy preizolowanych punktów stałych lub pośrednich elementów kompensacyjnych (U-wydłużki lub osiowe kompensatory preizolowane).

- Ominięcie kolizji w poziomie lub w pionie.

- Zmiana głębokości rur w płaszczyźnie pionowej. Należy pamiętać o sprawdzeniu stabilności rurociągów w celu uniknięcia wyboczeń w pionie.





## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

### Rury gięte oznaczenia

Rury gięte fabrycznie z technologicznych względów dostarczane są z prostymi końcami z obu stron rury.

Długość  $L_1$  podana w tabeli na kolejnej stronie jest jednakowa na obu końcach rur.

W wyniku tego projektowy promień gięcia  $R_p$  różni się od rzeczywistego promienia  $R_s$ .

Rur gięte dokładnie definiuje się za pomocą następujących parametrów:

$V_p$ : projektowy kąt gięcia

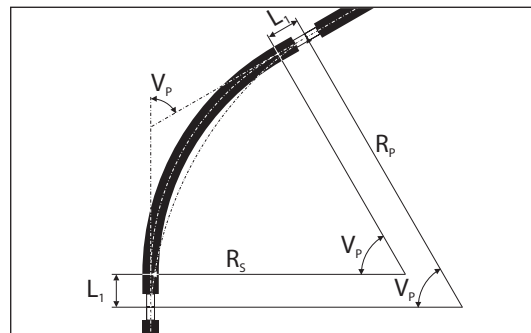
$R_p$ : projektowy promień gięcia rury

$R_s$ : rzeczywisty promień gięcia rury

$L_1$ : długość prostego odcinka rury

$T_{oi}$ : tolerancja kąta  $\pm$

(patrz Katalog Produktu str. 2.3.7).



### Zamawianie rur giętych

Przy zamawianiu rur giętych w fabryce, należy podać projektowy kąt gięcia oraz długość rury 12 lub 16m.

Mając na uwadze, że w izolacji rur umieszczone są przewody systemu nadzoru, należy również podać kierunek gięcia rury, to jest w lewo, w prawo do góry lub w dół patrz Katalog Produktu str. 2.3.8.

Wszystkie te informacje powinny być podane w momencie zamawiania rur giętych.

### Maksymalny kąt gięcia i naprężenia osiowe w rurach

Tabela na następnej stronie zawiera informacje na temat maksymalnych kątów gięcia wynikających zarówno z możliwości ich wykonania jak i również wartości naprężeń osiowych (zachowanie stateczności lokalnej).

Podane wartości dotyczą zmian kierunku w płaszczyźnie poziomej dla przykrycia gruntem o wartości  $0,6 \div 1,5$  m.

$V_{p,max}$ : Maksymalny projektowy kąt gięcia, na który można zgiąć rurę (dla danej średnicy)

$R_{p,min}$ : Minimalny projektowy promień gięcia odpowiadający max. projektowemu kątowi gięcia

$L_1$ : długość prostego końca rury giętej

$\sigma_{max}$ : Maksymalne naprężenia osiowe dla maksymalnego kąta gięcia. Dla innych wyższych wartości naprężeń wartość maksymalnego kąta gięcia należy zmniejszyć - patrz str. 4.1.7.

$p$ : Nacisk spoczynkowy gruntu, który stabilizuje rurociąg i zabezpiecza stateczność lokalną konstrukcji liniowej jaką jest rurociąg.

Wartość nacisku gruntu podana w tabeli jest wartością konieczną dla zachowania stanu granicznego C wg normy PN-EN 13941-1.

Dla podanej wartości naprężeń osiowych  $\sigma_{max}$  spełnione są wymagania odnośnie:

- zapewnienia oporu gruntu wystarczającego do zapewnienia stateczności rurociągu w gruncie (wyboczenia) przy założeniu, że poziom wody gruntowej znajduje się poniżej rur
- nieprzekroczenia dopuszczalnej wartości naprężeń ściskających w izolacji PUR

### Obliczenia $R_p$ w funkcji kąta gięcia rury $V_p$

Przeliczenia zamienne promienia i kąta można wykonać za pomocą wzoru jak niżej:

$$R_p = \frac{180 \cdot L_b}{\pi \cdot V_p}$$

gdzie:

$L_b$ : długość giętego odcinka rur (12 lub 16m).

## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

### 12 m rury gięte

d x t	$V_{p,max}$	$R_{p,min}$	$L_1$	$\sigma_{max}$	p nacisk gruntu
mm	°	m	m	MPa	MPa
76.1 x 2.9	25	27.5	0.58	334	0.068
88.9 x 3.2	33	20.8	0.60	270	0.083
114.3 x 3.6	38	18.1	0.56	207	0.086
139.7 x 3.6	43	16.0	0.63	175	0.093
168.3 x 4.0	45	15.3	0.67	148	0.101
219.1 x 5.0	41	16.8	0.89	135	0.104
273.0 x 5.0	36	19.1	1.02	134	0.102
323.9 x 5.6	29	23.7	1.21	139	0.108
355.6 x 5.6	25.5	27.0	1.16	157	0.107
406.4 x 6.3	18	38.2	1.47	160	0.117
457 x 6.3	8	85.9	1.48	238	0.122
508.0 x 7.1	3	229.2	1.38	244	0.109

Więcej informacji patrz Katalog Produktu str. 2.3.8.

### 16 m rury gięte

d x t	$V_{p,max}$	$R_{p,min}$	$L_1$	$\sigma_{max}$	p nacisk gruntu
mm	°	m	m	MPa	MPa
114.3 x 3.6	13	70.5	2.49	334	0.061
139.7 x 3.6	16	57.3	2.47	334	0.078
168.3 x 4.0	19	48.3	2.45	322	0.101
219.1 x 5.0	19	48.3	2.42	313	0.104
273 x 5.0	17	53.9	2.38	312	0.102
323.9 x 5.6	17	53.9	2.36	276	0.108
355.6 x 5.6	18	50.9	2.35	243	0.107
406.4 x 6.3	17	50.9	2.34	235	0.117
457 x 6.3	10	91.7	2.38	183	0.109
508 x 7.1	4	229.2	2.29	244	0.097
610 x 8.8	1.3	705.2	2.26	229	0.078

Więcej informacji patrz Katalog Produktu str. 2.3.8.

## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

**Max. projektowy  
kąt gięcia rur  
dla osiowych  
naprężeń o innych  
wartościach**

W przypadku gdy wartość naprężeń osiowych w rurach jest większa niż podana w tabelach na poprzedniej stronie, projektowy kąt gięcia  $V_p$  należy zredukować stosując poniższy wzór:

$$V_p = V_{p,max} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

gdzie:

$\sigma_{max}$  jest wartością maksymalnie dopuszczalnych naprężeń osiowych w rurze odczytana z tabeli na poprzedniej stronie

$\sigma$ : jest wartością naprężeń osiowych w rurze w miejscu położenia projektowanej rury giętej

$\sigma_{max} \leq 190$  MPa

W przypadku, kiedy dla projektowanego odcinka rurociągu maksymalna wartość osiowych naprężeń ściskających w stanie gorącym nie przekracza wartości 190 MPa, dopuszczalne wartości projektowego kąta i promienia gięcia należy dobrać zgodnie z tabelą poniżej.

Podane w tabeli wartości dotyczą zmian kierunku w płaszczyźnie poziomej dla osiowych naprężeń ściskających o wartości 190 MPa i dla przykrycia gruntem o wartości 0,6÷1,5 m przy założeniu, że poziom wody gruntowej znajduje się poniżej rur.

W przypadku kiedy rura gięta umieszczona jest w miejscu, gdzie wartość osiowych naprężeń ściskających jest mniejsza niż 190 MPa, nowe wartości projektowego kąta gięcia można obliczyć za pomocą wzoru podanego wyżej.

**Uwaga!** Nowo obliczony projektowy kąt gięcia nie może być większy niż kąt podany w tabeli na stronie 4.1.6 dla rur o długościach 12 i 16m.

d x t mm	rura gięta 12 m		rura gięta 16 m	
	$V_{p,max}$	$R_{p,min}$ m	$V_{p,max}$ o	$R_{p,min}$ m
76.1 x 2.9	25	27.5	-	-
88.9 x 3.2	33	22.2	-	-
114.3 x 3.6	38	18.1	13	70.5
139.7 x 3.6	39	17.3	16	57.3
168.3 x 4.0	35	19.6	19	48.3
219.1 x 5.0	29	23.5	19	48.3
273.0 x 5.0	25	27.1	17	53.9
323.9 x 5.6	21	32.4	17	53.9
355.6 x 5.6	20	34.4	18	50.9
406.4 x 6.3	15	45.8	17	53.9
457.0 x 6.3	8	85.9	10	91.7
508.0 x 6.3	3	229.2	4	229.2
610.0 x 7.1	-	-	1.3	705.2

## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte

### Wyznaczenie trasy rurociągu przy stosowaniu rur giętych

Aby w prawidłowy sposób wytyczyć trasę rur w terenie, niezbędne jest podanie punktów  $t_p$  początkowego i końcowego krzywizny łuku, punktu  $S_p$ , w którym przecinają się styczne przechodzące przez te punkty oraz wymiaru  $A$ .

W praktyce oznacza to, że spoiny łączące rury i złącza izolacyjne będą znajdować się w punktach oznaczonych jako  $t_p$  na planie trasy rurociągu.

Wymiar  $A$ , to jest odległość między punktami  $t_p$  i  $S_p$ ) oblicza się za pomocą wzoru poniżej:

$$A = R_p \cdot \tan\left(\frac{V_p}{2}\right)$$

gdzie:

$V_p$ : projektowy kąt gięcia

$R_p$ : projektowy promień gięcia rury

W przypadku montażu sieci cieplnej układa się dwie rury, z których każda jest gięta na taki sam kąt.

Ważne jest aby rury wewnętrzna i zewnętrzna, były ułożone z uwzględnieniem przesunięcia w punkcie  $t_p$  o wartości równej  $F$ , którą oblicza się za pomocą wzoru poniżej:

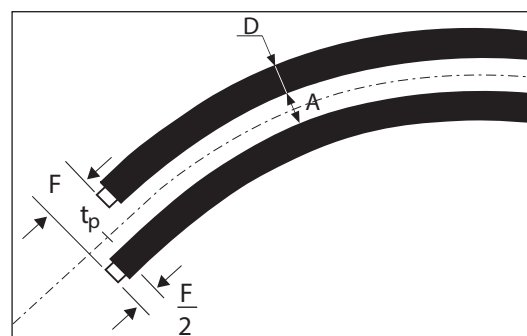
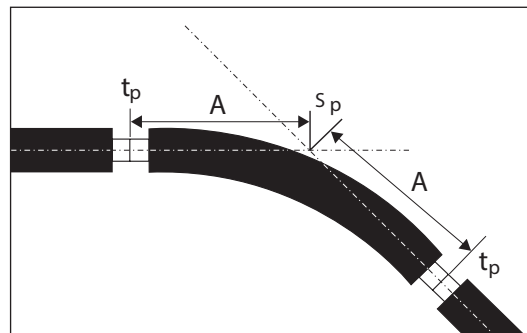
$$F = \frac{(D + A) \cdot V_p}{115}$$

gdzie:

$D$ : średnica płaszczki osłonowej rury

$A$ : odległość pomiędzy płaszczkami rury

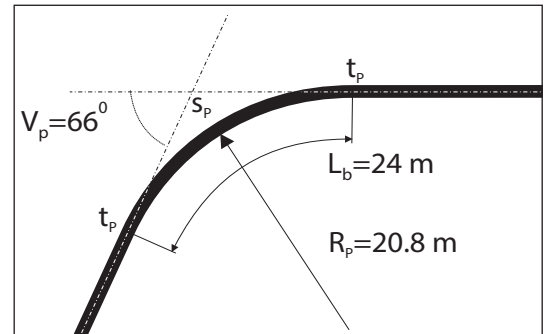
$V_p$ : projektowy kąt gięcia



## Zmiany kierunków Prefabrykowane rury gięte - przykłady

### Parametry pracy

Średnica rur:	$\phi 168,3$ seria 2
Przykrycie gruntem rur:	$H = 0,8$ m
Naprężenia osiowe:	$\sigma = 185$ MPa
Projektowy kąt gięcia:	$V_p = 66^\circ$
Długość łuku:	$L_b = 24$ m



Dla średnicy rur  $\phi 168,3/280$  mm z tabeli 4.1.6 można odczytać:

-  $V_{p,max} = 45^\circ$  maksymalnie dopuszczalny projektowy kąt gięcia

-  $\sigma_{max} = 148$  MPa maksymalnie dopuszczalna wartość naprężeń osiowych w rurze giętej

Ponieważ projektowy kąt gięcia  $V_p = 66^\circ$  jest większy niż maksymalnie dopuszczalny projektowy kąt gięcia  $V_{p,max} = 45^\circ$ , należy zastosować dwie 12m rury gięte na kąt  $33^\circ$  każda.

Wartość maksymalnie dopuszczalnych naprężeń osiowych dla kąta  $33^\circ$  można obliczyć jak niżej:

$$V_p = V_{p,max} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma = V_{p,max} \cdot \frac{\sigma_{max}}{V_p}$$

$$\sigma = 45^\circ \cdot \frac{148 \text{ MPa}}{33^\circ} = 202 \text{ MPa}$$

Naprężenia osiowe o wartości  $\sigma = 185$  MPa nie przekraczają obliczonych naprężeń dopuszczalnych 202 MPa, zatem nie ma przeciwwskazań w zastosowaniu 2 rur giętych o kącie  $33^\circ$  każda.

Projektowy promień gięcia rur o kącie  $33^\circ$  oblicza się ze wzoru:

$$R_p = \frac{180^\circ \cdot L_b}{\pi \cdot V_p}$$

$$R_p = \frac{180^\circ \cdot 12}{\pi \cdot 33^\circ} = 20,8 \text{ m}$$

Przy zamawianiu rur giętych należy podać długość rur (12 m) i kąt gięcia ( $33^\circ$ ).

Jeżeli zamawiane rury mają mieć przewody systemu nadzoru, dodatkowo należy podać kierunek gięcia rur zgodnie ze wskazówkami Katalogu Produktu str. 2.3.8.

Wymiar A (do trasowania wykopu) należy obliczyć zgodnie ze wzorem ze str. 4.1.8:

$$A = 20,8 \text{ m} \cdot \tan\left(\frac{66^\circ}{2}\right) = 13,5 \text{ m}$$

## Zmiany kierunków

### Ukosowanie na spoinach spawanych

#### Informacje ogólne

W technologii LOGSTOR zmiany kierunków rur zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej możliwe są (w ograniczonym zakresie) przez zastosowanie ukosowania na spoinach spawanych. Mając na uwadze spiętrzenie naprężeń na skutek ukosowania na spoinach spawanych oraz szczelność złączy izolacyjnych, LOGSTOR zaleca aby stosowanie ukosowań było wykonywane tylko w wyjątkowych sytuacjach, z zachowaniem zaleceń niniejszego poradnika projektowego, normy PN-EN 13941-1 lub po uzgodnieniu z naszą firmą. LOGSTOR rekomenduje (szczególnie dla rur o małych średnicach) zastąpienie ukosowań gięciem elastycznym rur na budowie.

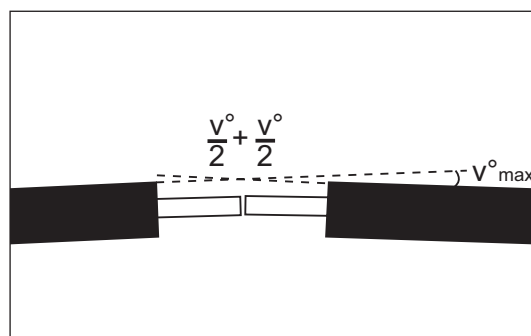
#### Zakres stosowania

Ponieważ LOGSTOR odradza wykonywanie kilku ukosowań w bezpośrednim sąsiedztwie jedno za drugim, poniższe zasady dotyczą pojedynczych ukosowań na spoinach spawanych:

- kąt ukosowania na spoinie spawanej należy dzielić zawsze po połowie na każdą rurę
- max. dopuszczalna wartość ukosowania na spoinie spawanej zależy od średnicy rury stalowej i maksymalnych naprężeń osiowych w miejscu wykonania ukosowania.

Wyróżnia się dwa zakresy temperatur rur:

1. sieci wysokotemperaturowe  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$   
( $\Delta T = 120^{\circ}\text{C}$ ;  $\sigma_{\max} = 190 \text{ MPa}$ )
2. sieci niskotemperaturowe  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
( $\Delta T = 70^{\circ}\text{C}$ ;  $\sigma_{\max} = 176 \text{ MPa}$ )



#### Ukosowania dla

$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\sigma_{\max} = 190 \text{ MPa}$

Tabela obok podaje max. dopuszczalne kąty ukosowania na spoinach spawanych dla sieci wysokotemperaturowych.

Obowiązują one dla warunków jak niżej:

- max. temperatura pracy  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
- max. wartość naprężeń osiowych ściskających  $\sigma_{\max} = 190 \text{ MPa}$
- przykrycie gruntem do wierzchu rur  $0,6 \div 1,5 \text{ m}$

W miejscach, gdzie wartość naprężeń osiowych jest inna niż podana w tabeli, max. wartość należy uzgodnić z LOGSTOR.

śred. nominalna rury stalowej mm	Max. dopuszczalne naprężenia osiowe MPa	$V_{\max}$ max. kąt ukosowania °
* DN 20 - 50	190	2
DN 65 - 100	190	2
DN 125 - 150	190	2.5
DN 200 - 300	190	3
DN 350 - 400	190	3.5
DN 450 - 600	190	4

\* stosowane dla przykrycia do wierzchu rur max. 1 m

#### Ukosowania dla

$T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\sigma_{\max} = 176 \text{ MPa}$

Tabela obok podaje max. dopuszczalne kąty ukosowania na spoinach spawanych dla sieci niskotemperaturowych.

Obowiązują one dla warunków jak niżej:

- max. temperatura pracy  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$
- max. wartość naprężeń osiowych ściskających  $\sigma_{\max} = 176 \text{ MPa}$
- przykrycie gruntem do wierzchu rur  $0,6 \div 1,5 \text{ m}$

śred. nominalna rury stalowej mm	Max. dopuszczalne naprężenia osiowe MPa	$V_{\max}$ max. kąt ukosowania °
* DN 20 - 50	176	3.0
DN 65 - 200	176	4.0
DN 250 - 600	176	5.0

\* stosowane dla przykrycia do wierzchu rur max. 1 m

## Zmiany kierunków Ukosowanie na spoinach spawanych

### Wymagania odnośnie ukosowań

W przypadku stosowania ukosowań na połączeniach spawanych na skutek spiętrzenia naprężeń oraz przemieszczeń bocznych rur dochodzi cyklicznie do przekroczenia granicy plastyczności w obrębie ukosowania, czego skutkiem jest praca rurociągu w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej (stan graniczny B wg EN 13941-1).

**Ważnym jest, aby nie stosować poduszek kompensacyjnych na ukosowaniach.**

Na uwadze należy również mieć wpływ kąta ukosowania na zachowanie szczelności różnych rodzajów złączy izolacyjnych.

Zalecane przez LOGSTOR ukosowania na złączach spawanych dla poszczególnych rodzajów złączy mufowych podane są w tabeli niżej:

°v	Max. mitre of straight casing joints				
	BXJoint	SX-WPJoint	BS-/B2SJoint	EWJoint	BandJoint
0	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
1	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
2	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
3	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 225-1000 mm	ø 225-1000 mm	ø 90-710 mm
4	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	-	ø 225-500 mm	ø 90-500 mm
5	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	-	-	-

Należy skontrolować stan naprężeń w rurze stalowej

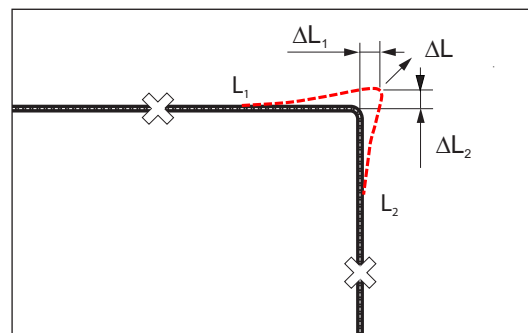
## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

## Zastosowanie

Wydłużenia termiczne prostych odcinków rur powodują powstanie poprzecznych przemieszczeń rurociągów na łukach w strefach kompensacyjnych oraz na trójnikach.

Skutkiem poprzecznych przemieszczeń rur w łożu piaskowym jest pojawienie się poprzecznego nacisku gruntu na płaszcz osłonowy rur i naprężeń ściskających w izolacji PUR.

W celu nie przekroczenia dopuszczalnej wartości tych naprężeń (norma EN-13941-1 określa je na poziomie  $\sigma_{PUR} \leq 0,15 \text{ MPa}$ ) stosowane są poduszki kompensacyjne ze sztywnej pianki polietylenowej (patrz rozdział 10).



## Naprężenia/ilość cykli obciążeń

W niniejszym poradniku wielkości przemieszczeń (wydłużeń termicznych) na łukach kompensacyjnych i trójnikach obliczane są w zależności od zmian temperatury, przykrycia gruntem oraz średnic rur.

Długości ramion kompensacyjnych oraz rozkład poduszek podane w niniejszym rozdziale dobierane są tak, aby ilość cykli i wielkości naprężeń zredukowanych w łukach i trójnikach nie przekraczały wartości maksymalnie dopuszczalnych dla stanu granicznego B (wytrzymałość zmęczeniowa) według normy EN 13941-1 dla klas projektowych B i C (patrz rozdział 1 Poradnika projektowego).

## Wymiary stref kompensacji

Do określenia wymiarów strefy kompensacji i rozkładu poduszek kompensacyjnych konieczne jest wcześniejsze obliczenie wartości wydłużeń osiowych prostych odcinków rur.

Szczegółowe wzory oraz tabele do obliczeń wydłużeń osiowych odcinków rur przedstawione są w rozdziale 1.1.16 Poradnika projektowania.

Wydłużenia termiczne  $\Delta L_1$ 

Dla odcinka rurociągu o długości  $L_1$  zgodnie z zasadami opisanymi w rozdziale 1.5 można obliczyć wielkość wydłużeń osiowych  $\Delta L_1$ .

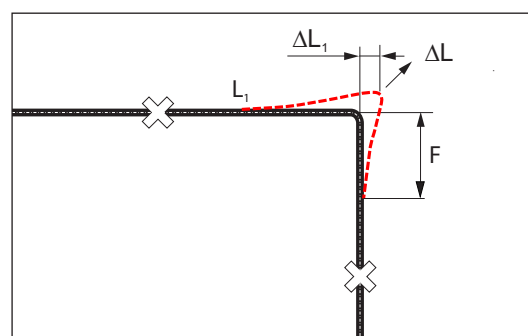
Na rys. obok pokazano pionowy odcinek F rurociągu na poprzecznym odcinku za łukiem kompensacyjnym, który umożliwia "przejęcie" wydłużeń termicznych odcinka  $L_1$  rurociągu.

F=odcinek rur za łukiem kompensacyjnym, na którym na całej jego długości stosuje się poduszki kompensacyjne redukujące naprężenia ściskające w izolacji PUR.

Przy obliczeniach wydłużeń osiowych należy brać pod uwagę zarówno przykrycie gruntem jak i średnicę płaszcz rur (seria izolacji).

Wydłużenia pionowego odcinka rur  $\Delta L_2$  oraz odpowiadający mu poziomy odcinek F nie są pokazane na rysunku obok.

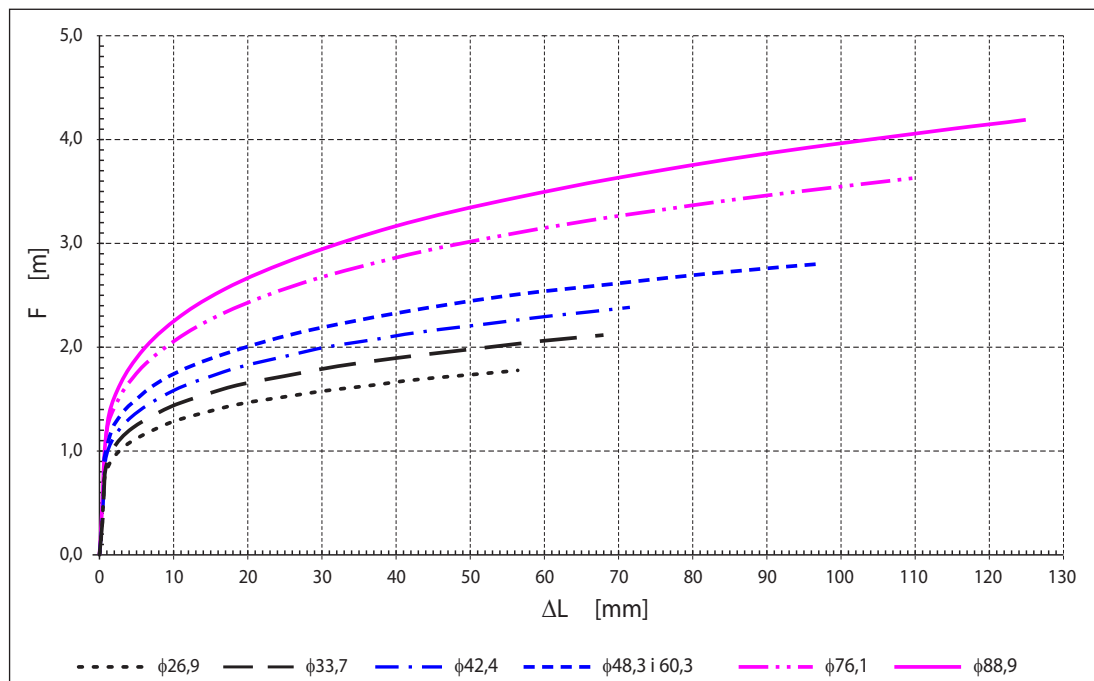
Jego długość obliczana jest w oparciu o wartość wydłużeń odcinka  $L_2$ .



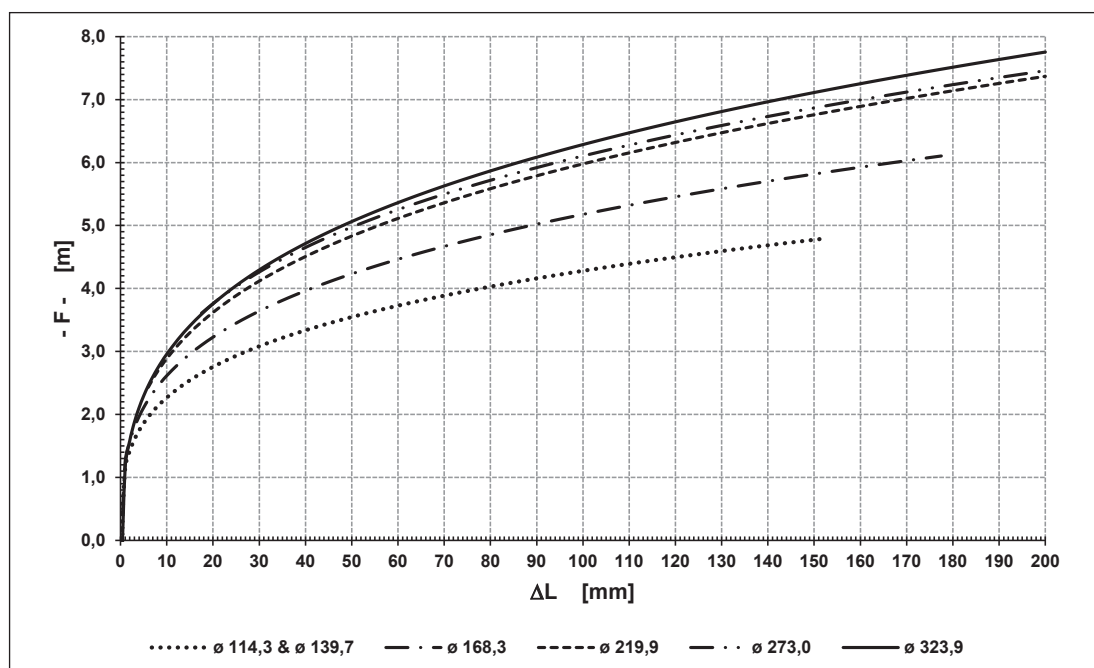


## Zmiany kierunków łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

Strefy kompensacji  
długość F  
ø 26.9 – ø 114.3  
Seria 1, 2 i 3



Strefy kompensacji  
długość F  
ø 139.7 – ø 323.9  
Seria 1, 2 i 3



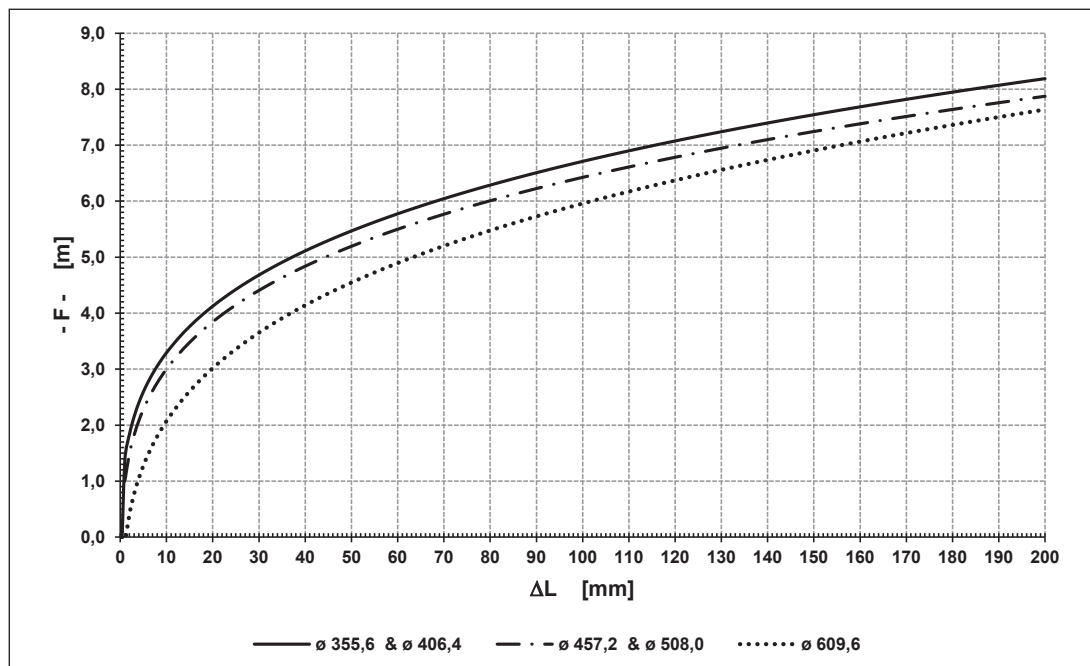
## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

## Strefy kompensacji

długość F

ø 355 – ø 610

Seria 1, 2 i 3



## Poduszki kompensacyjne

W celu określenia ilości poduszek oraz ich rozłożenia tak, aby było możliwe przejście wydłużeń termicznych z obu stron łuku, koniecznym jest określenie wypadkowej wartości wydłużeń wierzchołka łuku  $\Delta L_R$ :

$$\Delta L_R = \sqrt{(\Delta L_1)^2 + (\Delta L_2)^2}$$

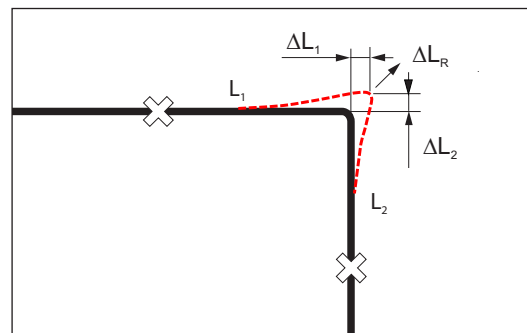
Ponieważ poduszki kompensacyjne nie mogą być ściskane więcej niż 70% ich pierwotnej grubości, minimalną grubość poduszek kompensacyjnych oblicza się ze wzoru:

$$t_F = \frac{\Delta L_R}{0,7}$$

Poduszki kompensacyjne dostarczane są w postaci arkuszy o wymiarach 1,0 m x 2,0 m i grubości 40 mm. Zatem grubość warstwy poduszek może wynosić 40, 80 lub 120 mm w zależności od ilości warstw nałożonych jedna obok drugiej (patrz rozdział 10.1 absorpcja wydłużeń).

**Uwaga:** Niniejszy Poradnik projektowania LOGSTOR bazuje na założeniu, że maksymalnie dopuszczalna grubość warstw poduszek kompensacyjnych wynosi 120 mm.

W przypadku konieczności stosowania grubszej warstwy poduszek kompensacyjnych prosimy o kontakt z LOGSTOR.



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

## Długość strefy z poduszkami kompensacyjnymi

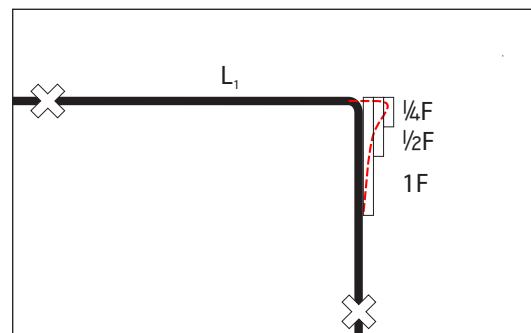
Poduszki kompensacyjne układa się na całej długości  $F$ .

Poduszki układa się warstwami jedna obok drugiej, przy czym długość każdej z warstw zależy od strzałki ugięcia rury w strefie kompensacji.

W praktyce wykonuje się to w ten sposób, że pierwsza 40 mm warstwa poduszek układana jest na całej długości  $F$  strefy kompensacji.

Druga 40 mm warstwa poduszek układana jest na długości  $1/2 F$  licząc od wierzchołka łuku, a trzecia na długości  $1/4 F$ .

Długość każdej z warstw zaokrągla się w górę do najbliższej wielokrotności 0,5 m.



## Rozmieszczenie poduszek kompensacyjnych

Na zewnętrznej stronie ramion łuków poduszki kompensacyjne układane są zawsze zgodnie z metodą podaną wyżej, w oparciu o wartości wydłużeń termicznych obu odcinków  $L_1$  i  $L_2$  obliczone dla  $\Delta T = T_{\max} - T_{\text{ins}}$  podczas pierwszego uruchomienia rurociągu.

Podczas ochładzania rurociąg cofa się, lecz na skutek działania siły tarcia przemieszczenia wsteczne są mniejsze niż wydłużenia w czasie pierwszego uruchomienia.

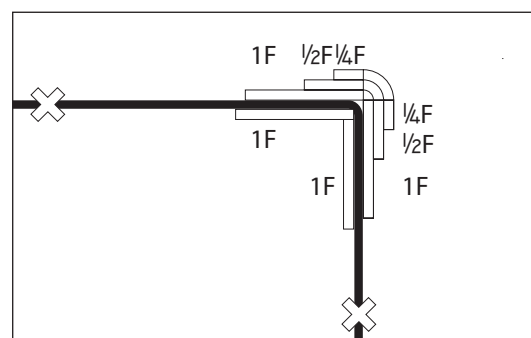
Dlatego rozkład poduszek kompensacyjnych na wewnętrznej stronie ramion łuków należy przyjąć w zależności od stosowanej techniki montażu:

1. Dla rurociągów układanych bez ograniczenia naprężeń osiowych lub z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych, kompensatorów mieszkowych preizolowanych lub kompensatorów jednorazowych typu E, na wewnętrznej stronie ramion łuku, na całej długości  $F_1$  i  $F_2$  układa się wyłącznie po jednej warstwie poduszek kompensacyjnych o grubości 40 mm.
2. W przypadku rurociągów układanych metodą podgrzewu wstępnej długości stref, rozkład poduszek kompensacyjnych oraz grubość po obu stronach ramion łuku dobierane są w oparciu o wydłużenia termiczne pochodzące od różnic temperatur:

$$\text{podczas grzania} \quad \Delta T_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{pod}})$$

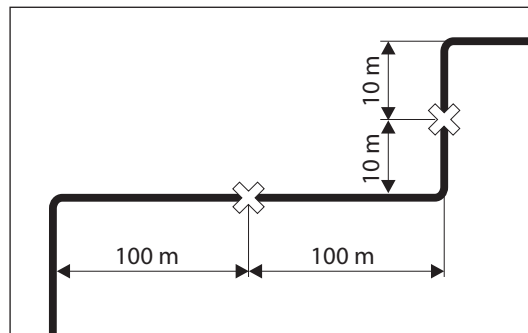
$$\text{podczas chłodzenia} \quad \Delta T_{\min} = (T_{\text{pod}} - T_{\min})$$

gdzie  $T_{\text{pod}}$  jest temperaturą podgrzewu rur w otwartym wykopie.



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych - przykłady

Dane do obliczeń	<p> <math>\varnothing</math> 60,3 mm, izolacja seria 2            Przykrycie gruntem do wierzchu rur <math>H = 0,8</math> m            Masymalna temperatura pracy: <math>T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}</math>            Minimalna temperatura: <math>T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}</math>            Temperatura montażu: <math>T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}</math>  <math>L_1 = 100</math> m  <math>L_2 = 10</math> m            Dla <math>\varnothing 60,3</math>mm, izolacja seria 2 strona 3.2.2.2:  <math>F = 2,03</math> kN/m; <math>A_s = 523</math> mm<sup>2</sup> </p>
------------------	---



## Maksymalne naprężenia osiowe

Maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  obliczamy stosując wzory ze strony 1.8.1.1:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 239,4 \text{ MPa}$$

Długość tarcia  $L_F$  wynosi zgodnie ze str. 1.8.1.1:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F} = \frac{239,4 \text{ MPa} \cdot 524 \text{ mm}^2}{2030 \text{ N/m}} = 61,8 \text{ m}$$

## Obliczenia wydłużeń rur

Ponieważ długość tarcia  $L_F < L_1 = 100$  m, do obliczeń wydłużeń odcinka  $L_1$  należy użyć długość równą długości tarcia  $L_F$ .

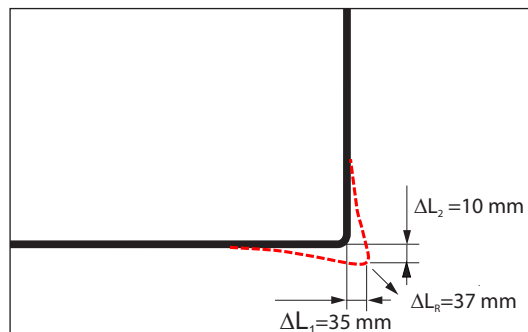
$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_1 = 61,8 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2030 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (61,8 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 523 \text{ mm}^2} = 35,2 \text{ mm} \approx 35 \text{ mm}$$

Ponieważ długość tarcia  $L_F > L_2 = 10$  m, do obliczeń wydłużeń odcinka  $L_2$  należy użyć długość  $L_2 = 10$  m:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_2 = 10 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2030 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (10 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 523 \text{ mm}^2} = 10,5 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

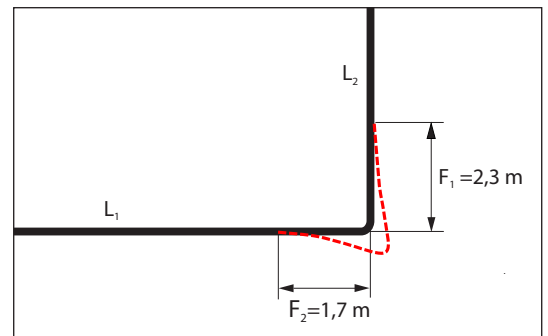
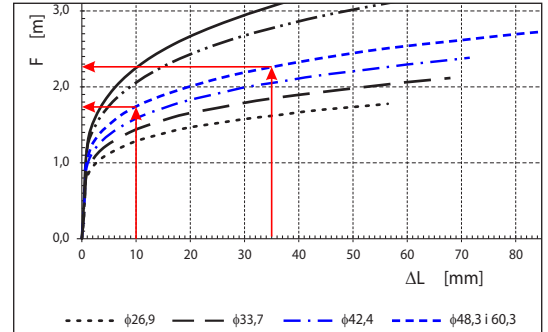


## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych - przykłady

Obliczenia  
długości stref  
poduszek F

Z wykresu na str. 4.5.1.2 odczytujemy:

- dla  $\Delta L_1 \approx 35$  mm  $F_1 = 2,3$  m
- dla  $\Delta L_2 \approx 10$  mm  $F_2 = 1,7$  m

Obliczenia grubości  
poduszek kompen-  
sacyjnych

Wypadkowe przemieszczenia wierzchołka łuku wyniosą:

$$\Delta L_R = \sqrt{(\Delta L_1)^2 + (\Delta L_2)^2} = \sqrt{35^2 + 10^2} = 37 \text{ mm}$$

Min. grubość poduszek kompensacyjnych:

$$t = \frac{\Delta L_R}{0,7} = \frac{37 \text{ mm}}{0,7} = 53 \text{ mm}$$

Ilość warstw poduszek o grubości 40 mm

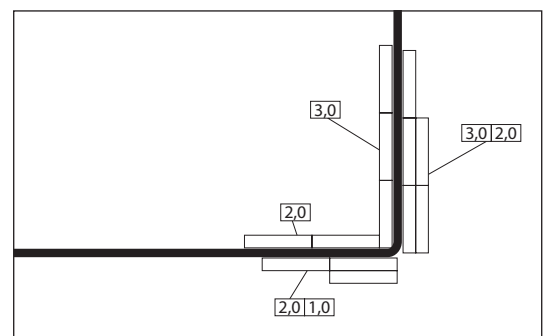
$$n = \frac{t}{40} = \frac{53 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} \approx 2 \text{ warstwy}$$

Rozkład poduszek  
kompensacyjnych

Na zewnętrznej stronie ramion łuku poduszki kompensacyjne układa się w następujący sposób:

- pierwszą warstwę układa się na całej długości F zakorąglając w górę do wielokrotności 0,5 m.
- długość kolejnych warstw przyjmuje się jako równą połowie długości warstwy wcześniejszej zakorąglając w górę do wielokrotności 0,5 m.

Na wewnętrznej stronie ramion łuku układa się tylko jedną warstwę poduszek na całej długości F.



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja typu Z

## Informacje ogólne

Ponieważ możliwości przejścia wydłużeń termicznych kompensatorów typu Z są większe niż pojedynczych załamań kompensacyjnych typu L, minimalną wysokość Z-ki oblicza się za pomocą wzoru:

$$Z_{\min} = 0,45 \cdot (F_1 + F_2)$$

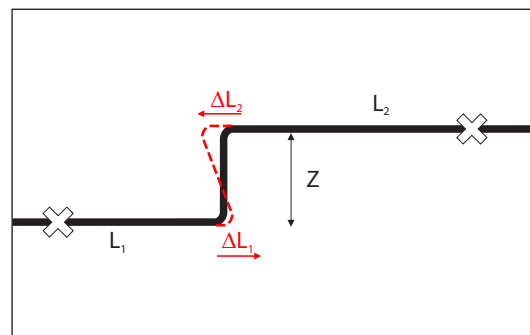
Gdzie:

$F_1$  = długość F liczona dla wydłużeń odcinka  $L_1$   
(od punktu stałego od załamania 90°)

$F_2$  = długość F liczona dla wydłużeń odcinka  $L_2$   
(od punktu stałego od załamania 90°)

Wydłużenia termiczne odcinków  $L_1$  i  $L_2$  oraz odpowiadające im długości stref poduszek kompensacyjnych obliczane są identycznie jak podano na str. 4.1.12 ÷ 4.1.17.

Również ilość i grubość warstw poduszek dobierana jest w sposób podobny jak opisano na stronie 4.1.17.



## Długości stref i rozmieszczenie poduszek kompensacyjnych

Dla niektórych przypadków, dla kompensacji Z długość strefy poduszek kompensacyjnych może być mniejsza niż suma długości  $F_1 + F_2$  wynikających z wydłużeń odcinków  $L_1$  i  $L_2$ .

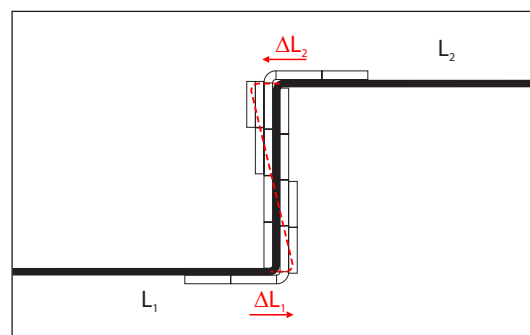
Minimalna długość strefy poduszek na pionowym ramieniu Z-ki nie może być nigdy krótsza niż obliczona wielkość  $Z_{\min}$ .

W przypadku, kiedy rzeczywista długość Z ramienia Z-ki jest:  $Z_{\min} \leq Z \leq (F_1 + F_2)$ , rozkład poduszek na pionowym ramieniu przyjmuje się w następujący sposób:

- pierwszą warstwę 40 mm poduszek układa się na całej długości ramienia Z-ki
- każdą kolejną 40 mm warstwę poduszek układa się na 1/2 długości wcześniejszej warstwy z zaokrągleniem do 0,5 m w górę
- grubość warstwy poduszek na każdym końcu ramienia zależy od wartości  $\Delta L_1$  i  $\Delta L_2$ .

Na poprzecznych ramionach Z-ki, (tylko na zewnętrznej stronie) układana jest jedna warstwa 40 mm poduszek kompensacyjnych na długości zależnej od średnicy rur:

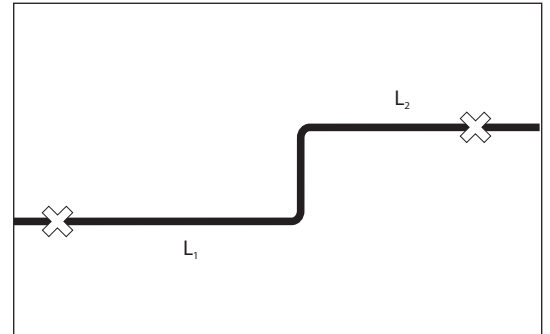
- $\leq$  DN50  
1 warstwa 40 mm na długości 1 m
- DN65 ÷ DN125:  
1 warstwa 40 mm na długości 2 m
- DN150 ÷ DN600:  
1 warstwa 40 mm na długości 3 m



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja Z - przykłady

## Dane do obliczeń

$\varnothing$  273 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 1,0$  m  
 Masymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 78$  m  
 $L_2 = 21$  m  
 Dla  $\varnothing 273\text{mm}$ , izolacja seria 2 strona 3.1.9:  
 $F = 8,75$  kN/m;  $A_s = 4210$  mm<sup>2</sup>



## Maksymalne naprężenia osiowe

Zgodnie z Tabelą ze str 3.1.9, długość instalacyjna  $L_{190} = 91$  m, zatem maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  nie przekroczą wartości 190 MPa. Obliczyć je można ze wzoru:

$$\sigma_{\max} = 190 \text{ MPa} \cdot \frac{L}{L_{190}}$$

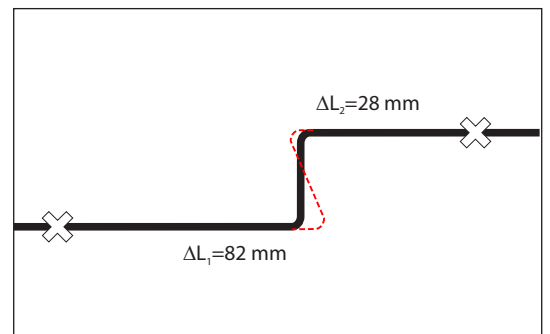
$$\sigma_{\max L_1} = 190 \text{ MPa} \cdot \frac{21 \text{ m}}{91 \text{ m}} = 43,8 \text{ MPa}; \quad \sigma_{\max L_2} = 190 \text{ MPa} \cdot \frac{78 \text{ m}}{91 \text{ m}} = 162,9 \text{ MPa}$$

## Wydłużenia osiowe odcinków rur

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_1 = 78 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{8750 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (78 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4210 \text{ mm}^2} = 82,2 \text{ mm} \approx 82 \text{ mm}$$

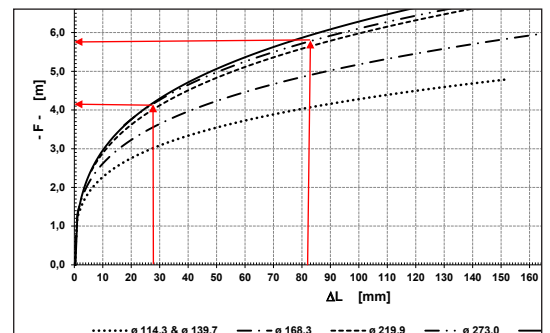
$$\Delta L_2 = 21 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{8750 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (21 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4210 \text{ mm}^2} = 28 \text{ mm}$$



## Obliczenia długości stref poduszek kompensacyjnych F

Z wykresu na str. 4.1.13 odczytujemy:

- dla  $\Delta L_1 \approx 82$  mm  $F_1 = 5,8$  m
- dla  $\Delta L_2 \approx 28$  mm  $F_2 = 4,2$  m



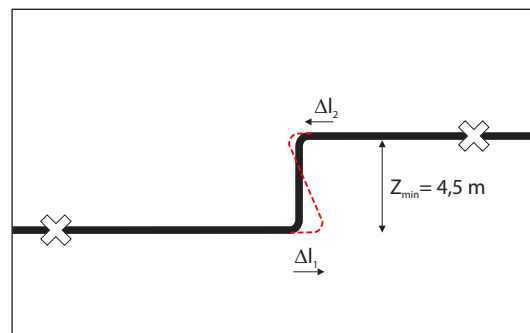
## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja Z - przykład

Minimalna  
wysokość Z-ki

Zgodnie z wytycznymi ze str. 4.5.2.1:

$$Z_{\min} = 0,45 \cdot (F_1 + F_2)$$

$$Z_{\min} = 0,45 \cdot (5,8 \text{ m} + 4,2 \text{ m}) = 4,5 \text{ m}$$

Obliczenia  
grubości poduszek  
kompensacyjnych

Minimalną grubość warstw poduszek kompensacyjnych oblicza się w oparciu o przemieszczenia wypadkowe wierzchołka łuku  $\Delta L_r$ , które dla Z-ki przyjmuje się jako równe wydłużeniom osiowym odcinków rur (przemieszczenia poprzeczne krótkiego odcinka ramienia Z są pomijalnie małe).

Dla odcinka  $L_1$  minimalna grubość warstwy poduszek i ilość warstw wynoszą:

$$t_1 = \frac{\Delta L_1}{0,70} = \frac{82 \text{ mm}}{0,70} = 117 \text{ mm}; \quad \frac{t_1}{40 \text{ mm}} = \frac{117 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 2,93 \rightarrow 3 \text{ warstwy}$$

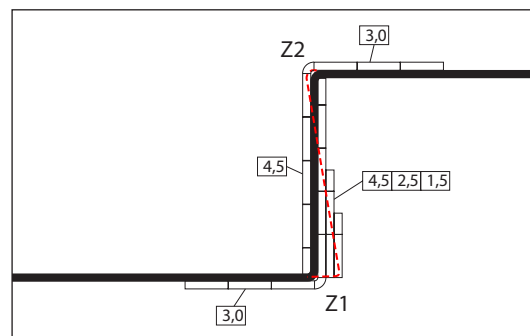
Dla odcinka  $L_2$  minimalna grubość warstwy poduszek i ilość warstw wynoszą:

$$t_2 = \frac{\Delta L_2}{0,70} = \frac{28 \text{ mm}}{0,70} = 40 \text{ mm}; \quad \frac{t_2}{40 \text{ mm}} = \frac{40 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1 \text{ warstwa}$$

Rozmieszczenie  
poduszek kompen-  
sacyjnych

Rozkład poduszek na pionowym ramieniu przyjmuje się w następujący sposób:

1. Na pionowym ramieniu Z-ki na zewnętrznej stronie w kierunku od łuku Z1 w stronę Z2:
  - pierwszą warstwę 40 mm poduszek układa się na całej długości ramienia 4,5 m
  - drugą 40 mm warstwę poduszek układa się na długości 2,5 m od Z1 do Z2
  - trzecią 40 mm warstwę poduszek układa się na długości 1,5 m Z1 do Z2
2. Na pionowym ramieniu Z-ki na wewnętrznej stronie w kierunku od łuku Z2 w stronę Z1, jedną warstwę 40 mm poduszek układa się na całej długości ramienia 4,5 m
3. Na poprzecznych ramionach Z-ki, na zewnętrznych stronach układana jest jedna warstwa 40 mm poduszek kompensacyjnych na długości 3 m.  
Na wewnętrznej stronie poprzecznych ramion Z-ki poduszek kompensacyjnych nie stosuje się.





## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja typu U

## Informacje ogólne

Ponieważ możliwości przejścia wydłużeń termicznych kompensatorów typu U są większe niż dla pojedynczych załamań kompensacyjnych typu L, minimalną wysokość kształtki U oblicza się za pomocą wzoru:

$$U_{\min} = 0,8 \cdot F_{\max}$$

Gdzie:

$F_{\max}$  = większa z długości  $F_1$  lub  $F_2$  obliczona dla wydłużeń odcinków  $L_1$  i  $L_2$ .

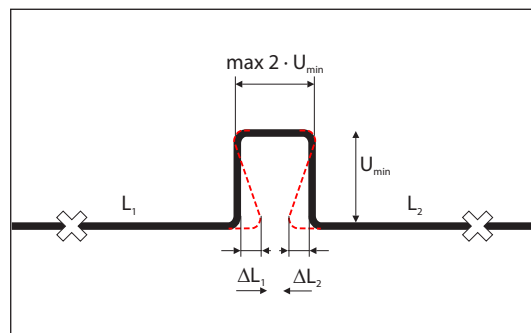
Długość poziomego ramienia U-wydłużki przyjmowana jest:

- min. = 2 x długość ramion preizolowanego łuku (kolana)
- max. = 2 x  $U_{\min}$

Dla przypadku, kiedy długość poziomego ramienia U-wydłużki jest  $> 2 \times U_{\min}$ , U-wydłużkę należy zastąpić dwoma Z-kami.

Wydłużenia termiczne odcinków  $L_1$  i  $L_2$  oraz odpowiadające im strefy poduszek oblicza się w sposób podany na str. 4.1.12 ÷ 4.1.17.

Również ilość i grubość warstw poduszek dobierana jest w sposób podobny jak opisano na stronie 4.1.17.



## Długości stref i rozmieszczenie poduszek kompensacyjnych

Minimalna długość strefy poduszek na pionowych ramionach U-wydłużki nie może być nigdy krótsza niż obliczona wielkość  $U_{\min}$ .

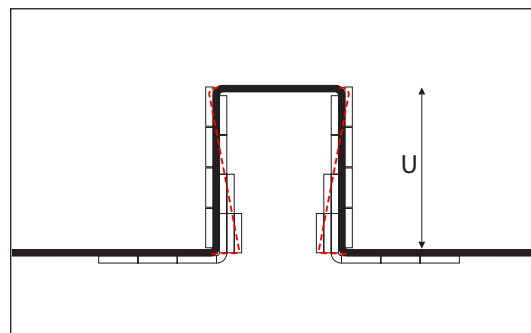
W przypadku, kiedy rzeczywista wysokość ramienia U-wydłużki  $U_{\min} \leq U \leq \max(F_1; F_2)$ , rozkład poduszek na pionowym ramieniu przyjmuje się w następujący sposób:

- pierwszą warstwę 40 mm poduszek układa się na całej wysokości ramienia U
- każdą kolejną 40 mm warstwę poduszek układa się na 1/2 długości wcześniejszej warstwy z zaokrągleniem do 0,5 m w górę
- grubości warstw poduszek na każdym z pionowych ramion zależą od  $\Delta L_1$  i  $\Delta L_2$ .

Na poprzecznych dolnych ramionach U-wydłużki, (tylko na zewnętrznej stronie łuków przy odcinkach  $L_1$  i  $L_2$ ) poduszki kompensacyjne układa się jak niżej:

- $\leq$  DN50:  
1 warstwa 40 mm na długości 1 m
- DN65 ÷ DN125:  
1 warstwa 40 mm na długości 2 m
- DN150 ÷ DN600:  
1 warstwa 40 mm na długości 3 m

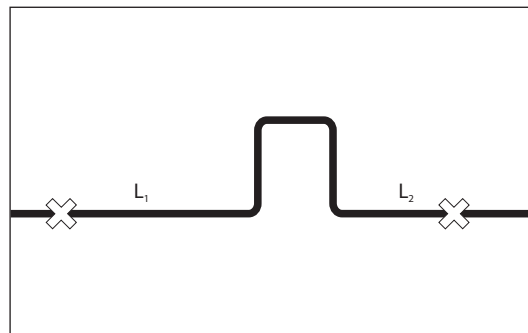
Na górnym poprzecznym ramieniu poduszek kompensacyjnych nie stosuje się.



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja U - przykład

Dane do obliczeń

$\varnothing$  114,3 mm, izolacja seria 1  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Masymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 110^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 120$  m  
 $L_2 = 65$  m  
 Dla  $\varnothing 114,3$  mm, izolacja seria 1 strona 3.1.8:  
 $F = 2,97$  kN/m;  $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



## Maksymalne naprężenia osiowe

Zgodnie z Tabelą ze str 3.1.8, długość instalacyjna  $L_{190} = 80$  m, zatem max. naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  na odcinku  $L_1$  przekroczą wartości 190 MPa. Wynoszą one:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \frac{\text{MPa}}{\% \text{C}}$$

$$\sigma_{\max} = (110^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \frac{\text{MPa}}{\% \text{C}} = 252 \text{ MPa}$$

Długość tarcia dla odcinka  $L_1$  wyniesie:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{252 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2}{2970 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 106,2 \text{ m}$$

## Wydłużenia osiowe odcinków rur

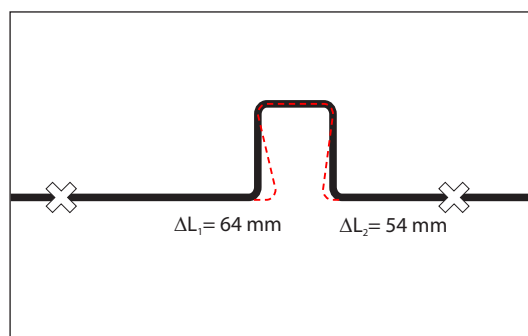
$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

Ponieważ długość tarcia  $L_F < L_1$ , do obliczeń wydłużeń  $\Delta L_1$  bierze się długość  $L_F$  a nie  $L_1$ .  
Wydłużenia odcinka  $L_1$  wyniosą:

$$\Delta L_1 = 106,2 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\%}{\text{C}} \cdot (110^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2970 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (106,2 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 64 \text{ mm}$$

Ponieważ długość tarcia  $L_F > L_2$ , do obliczeń wydłużeń  $\Delta L_2$  bierze się długość  $L_2$ :

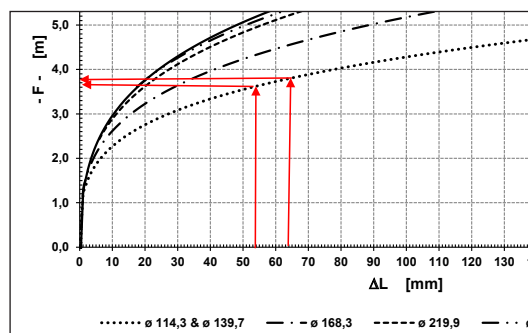
$$\Delta L_2 = 65 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{\%}{\text{C}} \cdot (110^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2970 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (65 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1252 \text{ mm}^2} = 54 \text{ mm}$$



## Obliczenia długości stref poduszek kompensacyjnych F

Z wykresu na str. 4.1.13 odczytujemy:

- dla  $\Delta L_1 = 64$  mm  $F_1 = 3,8$  m
- dla  $\Delta L_2 = 54$  mm  $F_2 = 3,6$  m



## Łuki 80-90° z zastosowaniem poduszek - kompensacja U - przykład

Wymiary  
U-wydłużki

Wymiary pionowego ramienia U-wydłużki:

$$U_{\min} = 0,8 \cdot F_{\max}$$

$$U_{\min} = 0,8 \cdot 3,8 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

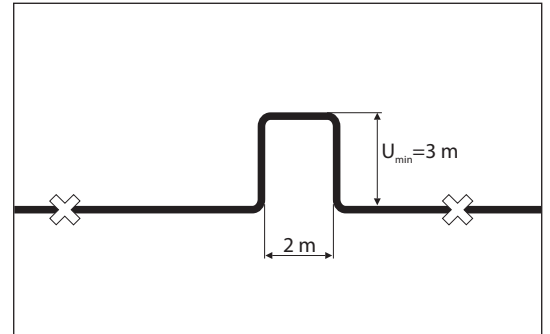
Wymiary poprzecznego ramienia U-wydłużki:

- max. długość poprzecznego ramienia:

$$2 \cdot U_{\min} = 6 \text{ m}$$

- min. długość poprzecznego ramienia:

$$2 \cdot 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Obliczenia  
grubości poduszek  
kompensacyjnych

Minimalną grubość warstwy poduszek kompensacyjnych oblicza się w oparciu o przemieszczenia wypadkowe wierzchołka łuku  $\Delta L_R$ , które dla U-wydłużki przyjmuje się jako równe wydłużeniom osiowym odcinków rur.

Dla odcinka  $L_1$  minimalna grubość warstwy poduszek i ilość warstw wynoszą:

$$t_1 = \frac{\Delta L_1}{0,70} = \frac{64 \text{ mm}}{0,70} = 91 \text{ mm}; \quad \frac{t_1}{40 \text{ mm}} = \frac{91 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 2,28 \rightarrow 3 \text{ warstwy}$$

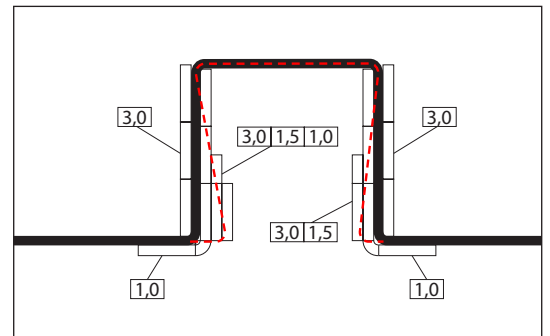
Dla odcinka  $L_2$  minimalna grubość warstwy poduszek i ilość warstw wynoszą:

$$t_2 = \frac{\Delta L_2}{0,70} = \frac{54 \text{ mm}}{0,70} = 77 \text{ mm}; \quad \frac{t_1}{40 \text{ mm}} = \frac{77 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1,92 \rightarrow 2 \text{ warstwy}$$

Rozmieszczenie  
poduszek kompen-  
sacyjnych

Rozkład poduszek na pionowym ramieniu przyjmuje się w następujący sposób:

- Na pionowym ramieniu U-wydłużki na wewnętrznej stronie w kierunku od  $L_1$ :
  - pierwszą warstwę 40 mm poduszek układa się na całej długości 3 m ramienia
  - drugą 40 mm warstwę poduszek układa się na długości 1,5 m
  - trzecią 40 mm warstwę poduszek układa się na długości 1,0 m.
- Na pionowym ramieniu U-wydłużki na wewnętrznej stronie w kierunku od  $L_2$ :
  - pierwszą warstwę 40 mm poduszek układa się na całej długości 3 m ramienia
  - drugą 40 mm warstwę poduszek układa się na długości 1,5 m
- Na obu pionowych ramionach U-wydłużki na jej zewnętrznych stronach układa się na całej długości 3 m po jednej warstwie 40mm poduszek kompensacyjnych
- Na zakończeniu obu odcinków  $L_1$  i  $L_2$  na dolnych kolanach, na zewnętrznej stronie ramion układa się jedną warstwę poduszek kompensacyjnych (40 mm) na długości 1 m.
- Na górnym, poprzecznym ramieniu U-wydłużki poduszek nie stosuje się.



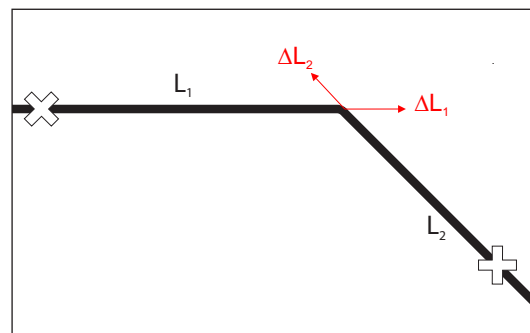
## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

## Informacje ogólne

Wydłużenia termiczne prostych odcinków rur powodują w strefach kompensacji powstanie poprzecznych przemieszczeń rurociągów na ramionach łuków.

Skutkiem poprzecznych przemieszczeń rur w łożu piaskowym jest pojawienie się naprężeń w łukach stalowych, i naprężeń ściskających w izolacji PUR.

Aby niedopuszczyć do przekroczenia wartości dopuszczalnej obu tych naprężeń, stosowane są poduszki kompensacyjne ze sztywnej pianki polietylenowej (patrz rozdział 10).



## Zasady stosowania

Zasady opisane w niniejszym rozdziale poradnika dotyczą zmian kierunków rurociągów o kątach od 5° do 80° wykonanych za pomocą łuków stalowych giętych przy uwzględnieniu pierwotnych wydłużeń termicznych odcinków rur liczonych dla różnicy temperatur  $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ .

Opisane zasady nie dotyczą zmian kierunków wykonanych za pomocą ukosowań na spoinach spawanych.

Dla zmian kierunków rurociągów w zakresie od 5° do 10° przyjmuje się założenie, że poprzeczny nacisk gruntu gruntu jest na tyle duży, że przemieszczenia boczne rur nie występują i rurociągi przemieszczają się tylko w kierunku osiowym - zachowują się jak odcinek rur prostych.

Przy zmianach kierunków rurociągów o kątach 5° ÷ 10° poduszek kompensacyjnych nie stosuje się.

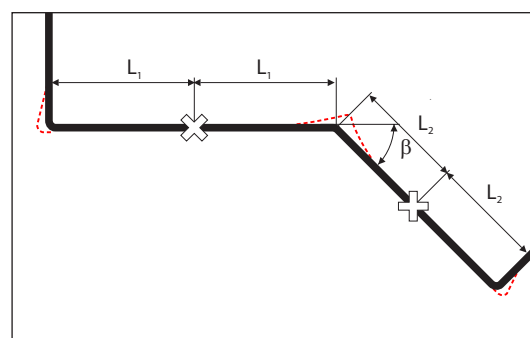
Dla zmian kierunków rurociągów w zakresie 10° ÷ 80° należy stosować poduszki kompensacyjne w sposób opisany w niniejszym rozdziale.

Przy zmianach kierunków rur o kątach od 80° do 90° stosuje się zasady identyczne jak dla łuków 90° (patrz str. 4.1.12 ÷ 4.1.23).

W przypadku stosowania zmian kierunków rur o kątach od 5° do 10° dla rurociągów układanych z zastosowaniem podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie prosimy o kontakt z LOGSTOR.

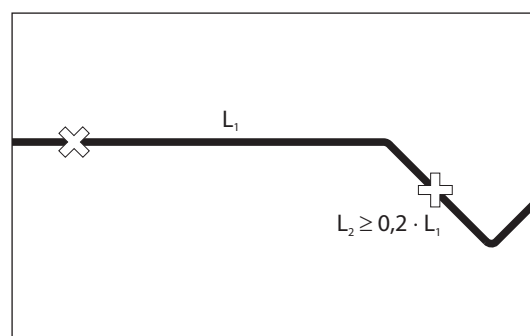
W celu obliczenia wydłużeń termicznych łuku na załamaniu, przyjmowane jest założenie, że umowne punkty stałe powstają na środku odcinków między kolanami (rys. obok).

Wydłużenia osiowe odcinków  $L_1$  i  $L_2$  oblicza się jak dla odcinków rur o swobodnych końcach, korzystając ze wzorów podanych na str. 1.8.2.1 Poradnika projektowania.



Długości odcinków  $L_1$  i  $L_2$  mogą być różne, natomiast należy mieć na uwadze, że podany model obliczeniowy jest prawidłowy, jeżeli długość odcinka  $L_2$  jest nie mniejsza niż 20% długości  $L_1$ .

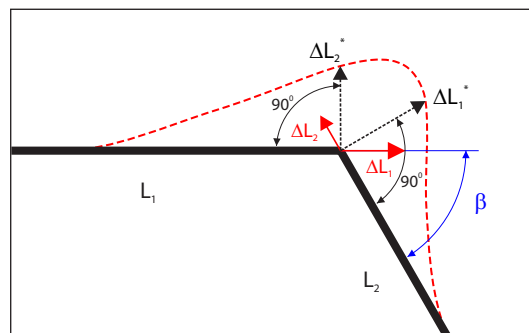
$$L_2 \geq 0,2 \cdot L_1$$



## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

## Zasady stosowania ciąg dalszy

Dla łuków o kątach zawartych w zakresie 5÷80°, konieczne jest obliczenie przemieszczeń prostopadłych do rur  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$ , których wartości zależą od przemieszczeń osiowych rur  $\Delta L_1$  i  $\Delta L_2$  oraz od wielkości kąta łuku  $\beta$ .



## Naprężenia/ilość cykli obciążeń

Przemieszczenia osiowe prostych odcinków rur skutkują poprzecznymi przemieszczeniami łuków kompensacyjnych i trójkątów, a wartości tych przemieszczeń obliczane są w zależności od zmian temperatury, przykrycia gruntem oraz średnic rur. Długości stref kompensacyjnych oraz rozkład poduszek opisane w niniejszym rozdziale dobierane są tak, aby ilość cykli i wielkości naprężeń zredukowanych w łukach i trójkątach nie przekraczały wartości maksymalnie dopuszczalnych dla stanu granicznego B (wytrzymałość zmęczeniowa) według normy EN 13941-1 dla klas projektowych B i C (patrz rozdz. 1 Poradnika projektowego).

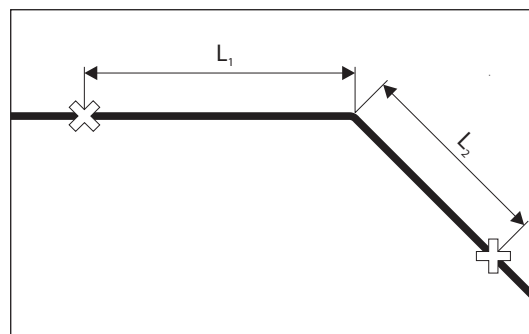
## Maksymalne długości odcinków rur

Zmiany kierunków rurociągów o kątach w zakresie od 5° do 80° powodują, że w łukach stalowych powstają dodatkowe spiętrzenia naprężeń, czego skutkiem może być przekroczenie wartości naprężeń dopuszczalnych.

Wielkość naprężeń w łukach stalowych zależy zarówno od kąta gięcia, jak i od przemieszczeń (osiowych i poprzecznych) odcinków rurociągu z obu stron załamania/łuku.

Dla każdego kąta gięcia łuku z zakresu 5°÷80° ważne jest, aby suma przemieszczeń osiowych  $\Delta L_1 + \Delta L_2$  nie była większa niż podana na wykresie na następnej stronie poradnika.

Jako długości odcinków  $L_1$  i  $L_2$  przyjmuje się odległości od punktów stałych (patrz str. 4.6.1.2 do załamania/łuku (rys. obok).



## Przemieszczenia osiowe

Przemieszczenia osiowe odcinków rur  $\Delta L_1$  i  $\Delta L_2$  oblicza się jak niżej:

$$\Delta L_x = L_x \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_x^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

Szczegółowe wzory oraz tabele do obliczeń wydłużeń osiowych odcinków rur przedstawione są w rozdziale 1.8.2 Poradnika projektowania.

Suma przemieszczeń osiowych obu odcinków rur wynosi:

$$\Sigma \Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

Wykres na następnej stronie przedstawia zależność pomiędzy sumą przemieszczeń osiowych rur i minimalnym kątem gięcia łuku.

Jeżeli wartości wydłużeń odcinków rur ( $\Delta L_1 + \Delta L_2$ ) są mniejsze niż odczytane z wykresu dla interesującego nas kąta gięcia łuku, wymagania dotyczące poprawności konstrukcji są spełnione.

## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

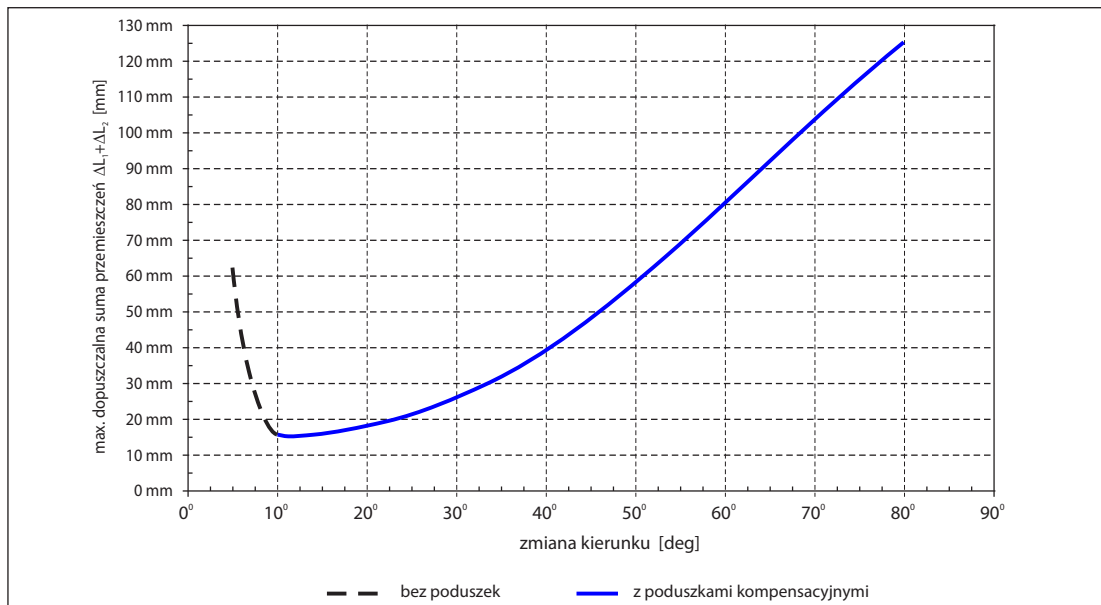
## Przesunięcia osiowe ciąg dalszy

Na poziomej osi wykresu poniżej podane są wartości kątowe zmiany kierunków rur dla stalowych łuków o promieniach gięcia i grubościach ścianek zgodnych ze standardem LOGSTOR.

Punkt przecięcia się krzywej wykresu z pionową prostą poprowadzoną dla każdego kąta pokazuje maksymalnie dopuszczalną sumę przemieszczeń osiowych odcinków rur z obu stron łuku.

Wykres obowiązuje dla wszystkich średnic rur stalowych od  $\varnothing 26,9$  ÷  $\varnothing 610$  mm, izolacji seria 1, 2 i 3 oraz dla przykrycia rur 0,6 ÷ 1,5 m.

W przypadku innych parametrów prosimy o kontakt z LOGSTOR.

Wykres zależności kąta od sumy przemieszczeń dla  $\varnothing 26,9$  ÷  $\varnothing 610$  mm, izolacji seria 1, 2 i 3 oraz H=0,6 ÷ 1,5 m

## Obliczenia długości stref poduszek

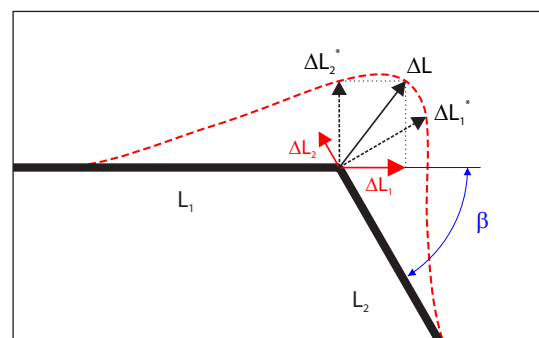
Do określenia długości stref kompensacji czyli długości stref poduszek kompensacyjnych koniecznym jest obliczenie przemieszczeń prostopadłych do odcinków rur:

$$\Delta L_1^* = \frac{\Delta L_2}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_1}{\sin \beta}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{\Delta L_1}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_2}{\sin \beta}$$

Wynikowe przemieszczenia wierzchołka łuku  $\Delta L$  wylicza się ze wzoru:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_1)^2 + (\Delta L_2)^2}$$



## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych

Obliczenia  
długości stref  
poduszek ciąg  
dalszy

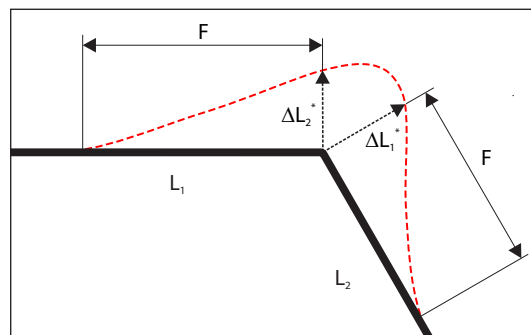
Korzystając z obliczonych prostopadłych przemieszczeń rur  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$ , z wykresów na str. 4.1.13 i 4.1.14 można odczytać długości F stref kompensacji (poduszek).

$\Delta L_1^*$  służy do określenia długości strefy F na ramieniu  $L_2$  łuku

$\Delta L_2^*$  służy do określenia długości strefy F na ramieniu  $L_1$  łuku

F – długość strefy kompensacji, liczona jest od wierzchołka łuku. Aby zmniejszyć naprężenia ściskające w izolacji PUR, należy obowiązkowo zastosować poduszki kompensacyjne na całej jej długości.

Obliczone wartości  $\Delta L^*$  - prostopadłych przemieszczeń łuku należy nanieść na poziomą oś wykresów na str. 4.5.1.2 i 4.5.1.3 i po przecięciu pionowej prostej z krzywą dopowiadającą średnicy stalowej rury przewodowej odczytać długość strefy kompensacji F.

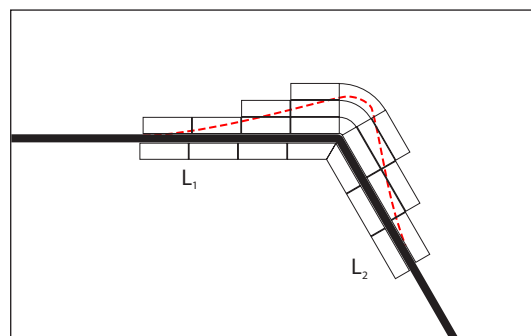
Rozmieszczenie  
poduszek kompen-  
sacyjnych

Minimalna grubość i ilość warstw poduszek kompensacyjnych niezbędnych do absorpcji wydłużeń zależy od wartości  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$ .

W przypadku, kiedy długości  $L_1$  i  $L_2$  z obu stron łuku są różne, do obliczeń minimalnej grubości poduszek i ilości ich warstw przyjmuje się większą z wartości  $\Delta L_1^*$  lub  $\Delta L_2^*$ .

Obliczenia grubości poduszek, ilość warstw i rozkład na zewnętrznej stronie ramion łuku należy wykonać zgodnie z wytycznymi na str. 4.1.15 i 4.1.17.

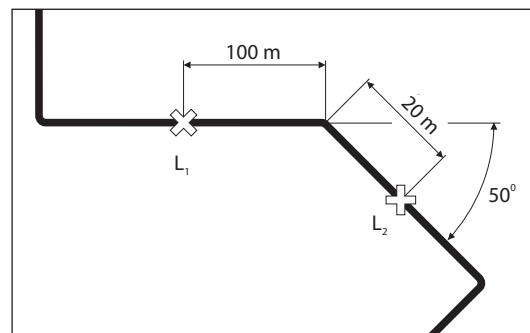
Na wewnętrznej stronie ramion łuku, układa się jedną warstwę poduszek kompensacyjnych na całej długości strefy kompensacji F.



## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych - przykłady

Dane do obliczeń

$\varnothing$  60,3 mm, izolacja seria 2  
 Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m  
 Masymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}$   
 Minimalna temperatura:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 100$  m  
 $L_2 = 20$  m  
 kąt  $\beta = 50^{\circ}$   
 Dla  $\varnothing 60,3$  mm, izolacja seria 2 strona 3.1.9:  
 $F = 2,03$  kN/m;  $A_s = 523$  mm<sup>2</sup>



## Maksymalne naprężenia osiowe

Zgodnie z Tabelą ze str 3.2.2.2, długość instalacyjna  $L_{190} = 49$  m, zatem max. naprężenia osiowe ściskające w temperaturze  $T_{\max}$  na odcinku  $L_1$  przekroczą wartości 190 MPa. Wyniosą one:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\max} = (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 239,4 \text{ MPa}$$

Długość tarcia dla odcinka  $L_1$  wyniesie:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{239,4 \text{ MPa} \cdot 523 \text{ mm}^2}{2030 \text{ N/m}} = 61,7 \text{ m}$$

## Wydłużenia osiowe odcinków rur

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

Ponieważ długość tarcia  $L_F < L_1$ , do obliczeń wydłużeń  $\Delta L_1$  bierze się długość  $L_F$  a nie  $L_1$ .  
Wydłużenia osiowe odcinka  $L_1$  wyniosą:

$$\Delta L_1 = 61,7 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } /^{\circ}\text{C} \cdot (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2030 \text{ N/m} \cdot (61,7 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \cdot 523 \text{ mm}^2} = 35,1 \text{ mm}$$

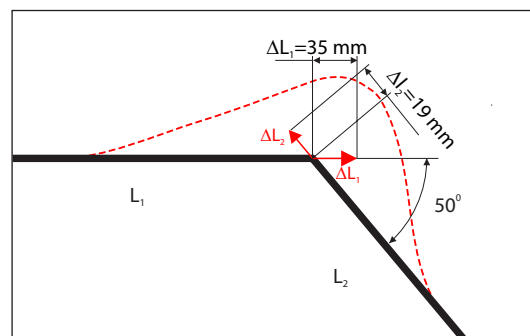
Ponieważ długość tarcia  $L_F > L_2$ , do obliczeń wydłużeń  $\Delta L_2$  bierze się długość  $L_2$ :

$$\Delta L_2 = 20 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } /^{\circ}\text{C} \cdot (105^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) - \frac{2030 \text{ N/m} \cdot (20 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \cdot 523 \text{ mm}^2} = 19,1 \text{ mm}$$

Suma osiowych wydłużeń odcinków rur  $L_1$  i  $L_2$  wyniesie:

$$\Sigma \Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

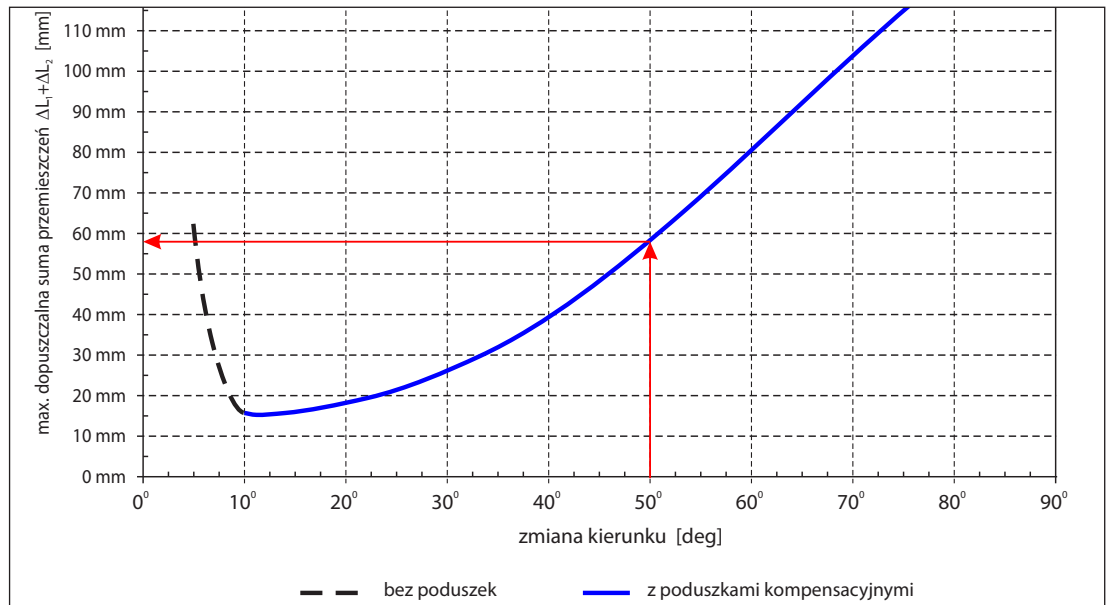
$$\Sigma \Delta L = 35,1 \text{ mm} + 19,1 \text{ mm} = 54,2 \text{ mm} \approx 54 \text{ mm}$$





## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych - przykłady

Kontrola wydłużeń maksymalnych w zależności od kąta gięcia łuku



Zgodnie z wykresem, dla kąta 50° maksymalnie dopuszczalna suma wydłużeń osiowych odcinków  $L_1$  i  $L_2$  z obu stron łuku wynosi:

$$\Sigma \Delta L_{\max} = 58 \text{ mm}$$

Zatem zmiana kierunku za pomocą łuku o kącie gięcia 50° jest w tym miejscu prawidłowa.

Obliczenia wydłużeń prostopadłych

Obliczenie przemieszczeń prostopadłych do odcinków rur, to jest  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$  wykonuje się zgodnie ze wzorami ze str. 4.6.1.3:

$$\Delta L_1^* = \frac{\Delta L_2}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_1}{\sin \beta}$$

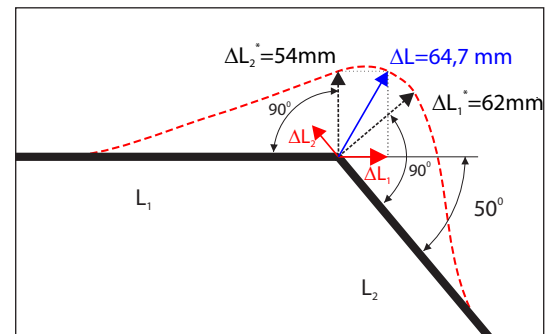
$$\Delta L_1^* = \frac{19,1 \text{ mm}}{\tan(50^\circ)} + \frac{35,1 \text{ mm}}{\sin(50^\circ)} = 61,8 \approx 62 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{\Delta L_1}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_2}{\sin \beta}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{35,1 \text{ mm}}{\tan(50^\circ)} + \frac{19,1 \text{ mm}}{\sin(50^\circ)} = 54,4 \approx 54 \text{ mm}$$

Wynikowe przemieszczenia wierzchołka łuku  $\Delta L$  wylicza się ze wzoru:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_1)^2 + (\Delta L_2^*)^2} = \sqrt{35,1^2 + 54,4^2} = 64,7 \text{ mm}$$



Obliczenia grubości poduszek kompensacyjnych

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 4.6.1.4, do obliczenia grubości poduszek kompensacyjnych bierzemy max. z wartości  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$ :

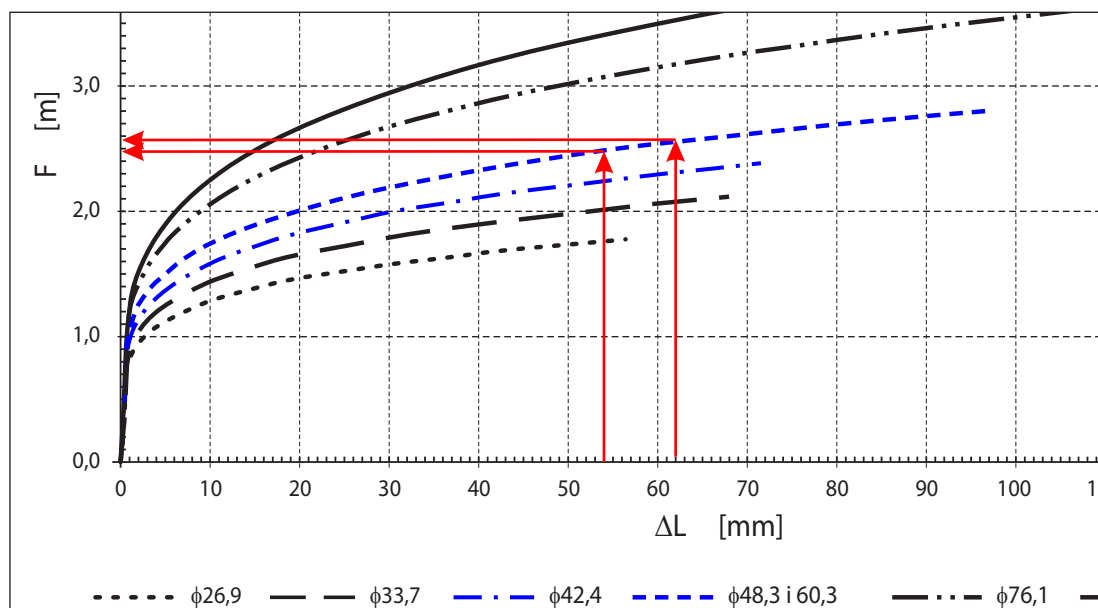
$$t = \frac{\Delta L_{\max}^*}{0,70} = \frac{62 \text{ mm}}{0,70} = 89 \text{ mm}$$

Ilość warstw poduszek kompensacyjnych o grubości 40 mm wynosi:

$$n = \frac{t}{40} = \frac{89 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 3 \text{ warstwy}$$

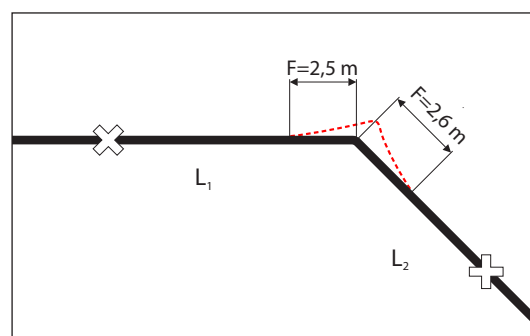
## Łuki 5-80° z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych - przykłady

Długość stref kompensacji F



Dla obliczonych przemieszczeń  $\Delta L_1^*$  i  $\Delta L_2^*$  z wykresu na stronie 4.1.13 można odczytać długości stref poduszek kompensacyjnych:

- dla 54 mm  $F = 2,5$  m
- dla 62 mm  $F = 2,6$  m

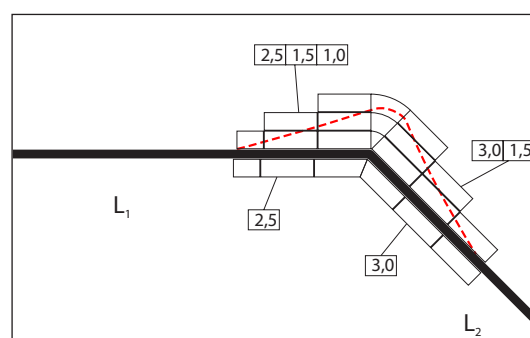


Rozmieszczenie poduszek kompensacyjnych

Na zewnętrznej stronie ramion łuku poduszki kompensacyjne układu się w następujący sposób:

- pierwszą warstwę układu się na całej długości F z zakorąglając w górę do wielokrotności 0,5 m.
- długość kolejnych warstw przyjmuje się jako równą połowie długości warstwy wcześniejszej

Na wewnętrznej stronie ramion łuku układu się tylko jedną warstwę poduszek na całej długości F.



**Wprowadzenie**

Poniższy rozdział zawiera wytyczne dotyczące sposobu projektowania odgałęzień w systemie podziemnych rur preizolowanych LOGSTOR.

Podaje on wskazówki w jaki sposób projektować odgałęzienia, aby zarówno naprężenia w izolacji PUR jak i naprężenia w części stalowej nie przekraczały wartości przyjętych za dopuszczalne przez normę PN-EN 13941-1.

Obliczenia naprężeń w części stalowej trójników oparte są na skomplikowanym modelu opisanym w normie PN-EN 13941-1, który uwzględnia złożony stan naprężeń zarówno w rurze głównej jak i w rurze odgałęźnej.

Poniższy rozdział opisuje (w oparciu o wiedzę i doświadczenie LOGSTOR) proste zasady pozwalające na zaprojektowanie odgałęzień bez konieczności wykonywania skomplikowanych obliczeń tak, aby spełniały one wymagania normy PN-EN 13941-1 dla klas projektowych A i B.

W razie nietypowych rozwiązań wykraczających poza zakres opisany w Poradniku projektowania prosimy o kontakt z LOGSTOR.

---

**Spis treści**

- 5.1.2 Wymagania ogólne
  - 5.1.4 Zastosowanie
  - 5.1.5 Warunki
  - 5.1.6 Odgałęzienia prostopadłe 45°
    - 5.1.11 Odgałęzienia równoległe 90°
  - 5.1.23 Odgałęzienia prostopadłe proste
  - 5.1.24 Nakładki wzmacniające dla złączy odgałęźnych
-

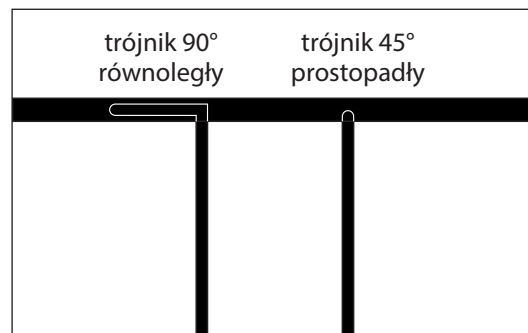
## Odgałęzienia

### Informacje ogólne

#### Informacje ogólne

W technologii rur preizolowanych LOGSTOR odgałęzienia od rurociągów można wykonać standardowo jako równoległe 90° lub jako prostopadłe 45° i prostopadłe proste.

Wszystkie te rodzaje odgałęzień można wykonać zarówno jako odgałęzienia fabrycznie preizolowane lub na budowie za pomocą złączy odgałęźnych (patrz Katalog produktu rozdział 2.4).



#### Naprężenia osiowe w rurociągu głównym

Generalnie dla rurociągów głównych o średnicy rur stalowych  $\leq$  DN400, wszystkie odgałęzienia preizolowane mogą być wykonywane w dowolnym miejscu rurociągu niezależnie od wartości naprężeń osiowych w rurze głównej. Oznacza to, że można je stosować we wszystkich metodach układania włącznie z montażem bez odganczenia naprężeń osiowych - patrz str. 3.1.2.

W przypadku, kiedy średnica rury głównej i rury odgałęźnej są identyczne, odgałęzienia muszą znajdować się w strefie naprężeń osiowych (rura główna) do max. 190 MPa.

W przypadku wykonywania odgałęzień na budowie za pomocą złączy odgałęźnych SXT, SXTWP, TX, zgrzewanych BandJoint lub TSJoint, należy stosować nakładki wzmacniające zgodnie z zasadami opisanymi na str. 5.1.25.

#### Wytrzymałość zmęczeniowa (naprężenia/iłość cykli)

Opisane w niniejszym rozdziale sposoby projektowania i wykonania odgałęzień, ich miejsce położenia na rurociągu głównym oraz długości prostych docinków rur odgałęźnych gwarantują, że max. naprężenia zredukowane w części stalowej trójników nie przekroczą dopuszczalnych wartości określonych w normie PN-EN 13941-1 dla stanu granicznego B, to jest wytrzymałości zmęczeniowej dla klas projektowych B i C (patrz str. 1.1.8).

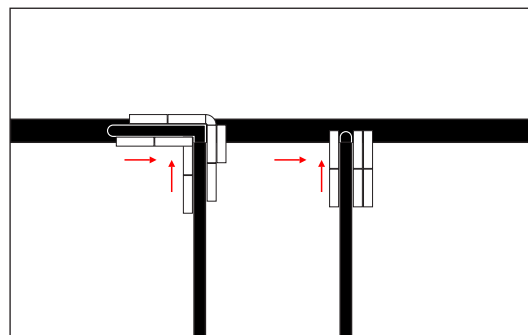
Stosowanie poduszek kompensacyjnych zgodnie z wytycznymi Poradnika powoduje również, że naprężenia ściskające w izolacji PUR na trójnikach nie przekroczą wartości  $\sigma_{PUR} = 0,15$  MPa, to jest dopuszczalnych wg. PN-EN 13941-1.

#### Wydłużenia termiczne rur

Na trójnik odgałęźny oddziałują zarówno osiowe wydłużenia rury głównej w miejscu jego montażu jak i wydłużenia odcinka rurociągu odgałęźnego prostopadłego do rury głównej.

W oparciu o parametry pracy rurociągu oraz jego głębokość i średnice obliczane są osiowe wydłużenia rury głównej w miejscu zabudowy trójnika, i wydłużenia rurociągu odgałęźnego. Bazując na obliczonych wartościach określa się długości stref kompensacji, grubość i rozkład poduszek kompensacyjnych na rurociągu odgałęźnym.

W przypadku bardzo dużych przemieszczeń osiowych rury głównej możliwe jest zaistnienie konieczności przesunięcia miejsca wykonania odgałęzienia na rurze głównej.



**Długość stref  
kompensacji**

Do określenia wymiarów stref kompensacji i rozkładu poduszek kompensacyjnych konieczne jest wcześniejsze obliczenie wartości wydłużeń osiowych rury głównej i rury odgałęźnej.

Oblicza się je w oparciu o parametry pracy rurociągu, przykrycie gruntem oraz jego średnice.

Szczegółowe wzory do obliczeń wydłużeń osiowych rury głównej ( $\Delta L_r$ ) podane są na str. 1.1.17 Poradnika projektowania.

Wzory do obliczenia wydłużeń osiowych rury odgałęźnej ( $\Delta L_g$ ) na kolanie 90° odgałęzienia równoległego podane są na str. 1.1.16 Poradnika projektowania.

Długość strefy kompensacji F dobiera się korzystając z wykresów na str. 4.1.13 i 4.1.14

Patrz również przykłady ze str. 5.1.8 i 5.1.13.

---

## Odgałęzienia Zastosowanie

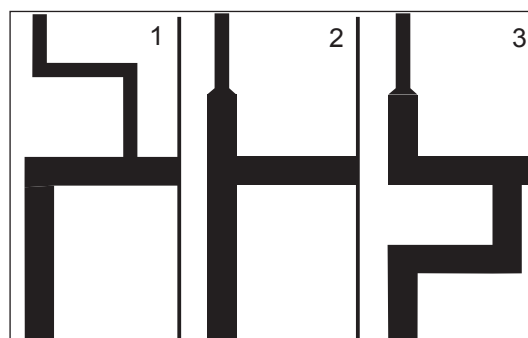
---

### Zastosowanie

Ze względu na lokalne straty ciśnienia zaleca się zazwyczaj, aby przebieg trasy rurociągów dużych średnic prowadzić z możliwie najmniejszą ilością zmian kierunków (zarówno rurociągu głównego jak i odgałęźnego).

Sposób wykonania trójnika, oraz przebieg trasy rurociągu głównego i odgałęźnego mają również wpływ na stan naprężeń w części stalowej trójnika.

Rysunek obok przedstawia trzy różne sposoby wykonania odgałęzień od rury głównej



Wszystkie trzy sposoby wykonania odgałęzień opisane są w niniejszym rozdziale poradnika.

Jednak z uwagi na opisane wyżej aspekty LOGSTOR rekomenduje stosowanie wariantu Nr.1, który niesie ze sobą niską wartość naprężeń ściskających osiowych i mniejsze lokalne straty ciśnienia.

---

**Warunki**

Zasady projektowania odgałęzień podane w niniejszym rozdziale Poradnika oparte są na następujących podanych niżej warunkach:

- maksymalna temperatura robocza:  $+110^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta T \leq 100^{\circ}\text{C}$ )
- przykrycie gruntem do wierzchu płaszcza rury głównej:  $0,6 \div 1,0$  m
- przykrycie gruntem do wierzchu płaszcza rury odgałęźnej: min. 0,5 m
- dla wszystkich trójników wykonanych na budowie z zastosowaniem złączy odgałęźnych stosowane są nakładki wzmacniające (patrz rozdz. 5.1.24 Złącza odgałęźne)

W przypadku wykonania odgałęzień od rurociągu głównego układanego z zastosowaniem podgrzewu wstępnego w otwartym wykopie oraz dla innych parametrów pracy (temperatura i przykrycie) prosimy o kontakt z LOGSTOR.

Długości charakterystyczne trójników preizolowanych (wymiary) należy przyjmować zgodnie z Katalogiem produktu rozdział 2.4.

---

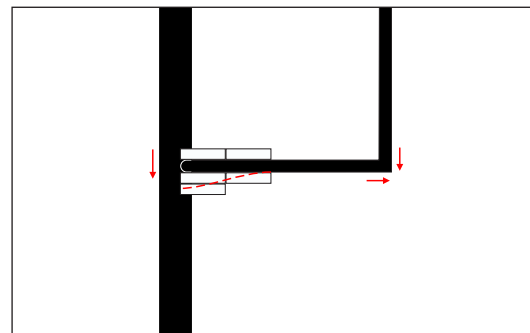
## Odgałęzienia prostopadłe 45°

## Przesunięcia osiowe - poduszki kompensacyjne

Na trójniki odgałęźne oddziałują obciążenia pochodzące od wydłużeń rurociągu głównego w miejscu montażu trójnika i obciążenia od sił i przemieszczeń rur odgałęźnych na odcinku od trójnika do najbliższego łuku kompensacyjnego.

Wydłużenia osiowe rury głównej powodują powstanie poprzecznych przemieszczeń rury odgałęźnej, które muszą być przejęte przez poduszki kompensacyjne założone na rurę odgałęźną w strefie jej kompensacji F.

Długość strefy kompensacji/poduszek na łuku odgałęzienia zależy od przemieszczeń osiowych rury głównej w miejscu wykonania trójnika.



## Długości prostopadłych odcinków rur odgałęźnych

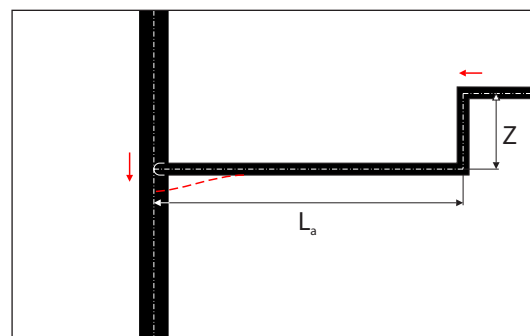
Ponieważ naprężenia w części stalowej trójnika zależą również od obciążeń/wymuszeń pochodzących od wydłużeń rury odgałęźnej, dlatego też długości odcinków rury odgałęźnej od miejsca włączenia do rury głównej do najbliższego załamania kompensacyjnego są ściśle limitowane.

Max. dopuszczalne długości  $L_a$  prostopadłych odcinków odgałęzień 45° (od trójnika na rurze głównej do najbliższego załamania kompensacyjnego na rurociągu odgałęźnym) podane są w tabeli obok.

Odgałęzienie, $\varnothing$ zewn. mm	$L_{a,min}$	$L_{a,max}$
26,9 ÷ 60,3	długość F	20 m
76,1 ÷ 139,7	długość F	12 m
168,3 ÷ 323,9	długość F	8 m

W przypadku, kiedy długość rury odgałęźnej jest większa niż  $L_{a,max}$ , należy zaprojektować Z-kę jak pokazano na rysunku obok.

Alternatywnie zamiast odgałęzienia 45° można zastosować trójnik równoległy 90°.

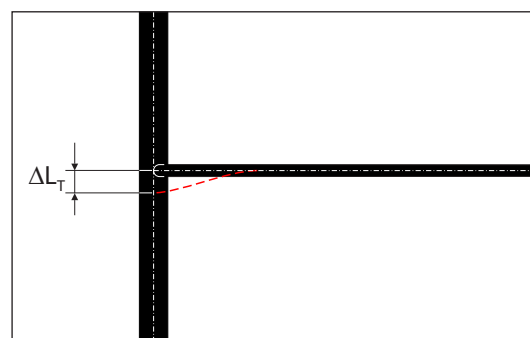


## Położenie odgałęzień

Położenie odgałęzień prostopadłych 45° na rurociągu głównym uwarunkowane jest wartością max. dopuszczalnych przemieszczeń poprzecznych rury odgałęźnej w miejscu wykonania trójnika.

Z uwagi, że na rurze odgałęźnej można założyć max. 2 warstwy poduszek kompensacyjnych, wartość przemieszczeń rury głównej w miejscu wykonania trójnika  $\Delta L_T \leq 56$  mm.

W przypadku, gdy konieczna jest zabudowa trójnika w miejscu, gdzie przemieszczenia rurociągu głównego  $\Delta L_T > 56$  mm. prosimy o kontakt z LOGSTOR.



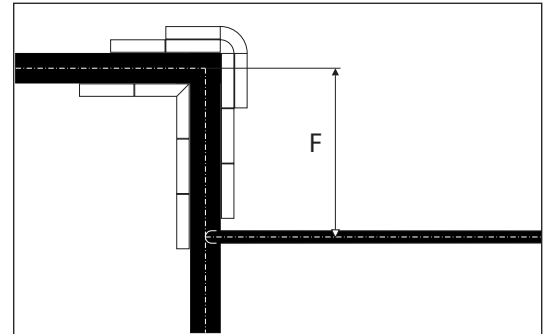


## Odgałęzienia

### Odgałęzienia prostopadłe 45°

#### Położenie odgałęzień ciąg dalszy

W przypadku, kiedy trójnik odgałęźny jest projektowany w pobliżu łuku kompensacyjnego na rurociągu głównym, należy przestrzegać zasady, że powinien on znajdować się poza strefą kompensacji (ułożenia poduszek), czyli dalej niż obliczona długość  $F$  dla rury głównej. Obliczenia długości  $F$  - patrz rozdział 4.1.12.



## Odgałęzienia prostopadłe 45° - przykłady

## Dane do obliczeń

Masyalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 95^{\circ}\text{C}$

Minimalna temperatura pracy:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$

Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

rurociąg główny:

$\varnothing 88,9/160$  mm, izol. seria 1

$L = 84$  m

przykrycie gruntu do wierzchu rur  $H = 0,8$  m

rurociąg odgałęźny:

$\varnothing 60,3/140$  mm, izol. seria 1

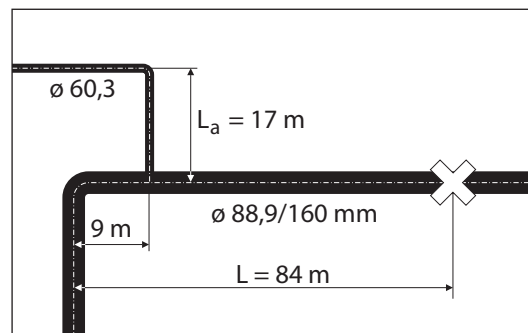
$L_a = 17$  m

przykrycie gruntu do wierzchu rur  $H_a = 0,6$  m

Wszystkie elementy są fabrycznie przizolowane.

Zgodnie z tabelą strona 3.1.8 dla rurociągu głównego:

$F = 2,35$  kN/m;  $A_s = 862$  mm<sup>2</sup>



## Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania odgałęzienia polega na sprawdzeniu 2 parametrów:

- wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika: należy sprawdzić, czy  $\Delta L_T \leq 56$  mm
- długości prostopadłego odcinka rury odgałęźnej  $L_a$ : należy sprawdzić, czy długość  $L_a$  nie przekracza wartości podanych na str. 5.1.6

Wykonać to należy w sposób jak podano poniżej.

## Maksymalne naprężenia osiowe i długości tarcia

Zgodnie z tabelą ze str 3.2.2.1 dla  $\varnothing 88,9/160$  mm i  $H=0,8$  m, długość instalacyjna  $L_{190} = 70$  m, zatem maksymalne naprężenia osiowe ściskające w temp.  $T_{\max}$  na odcinku  $L = 84$  m przekroczy wartość 190 MPa. Naprężenia i długość tarcia obliczane są jak niżej:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\max} = (95^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 214,2 \text{ MPa}$$

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

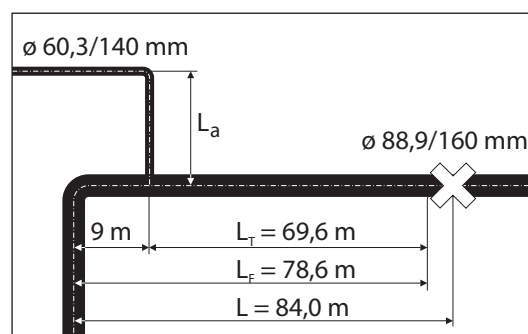
$$L_F = \frac{214,2 \text{ MPa} \cdot 862 \text{ mm}^2}{2350 \text{ N/m}} = 78,6 \text{ m}$$

Ponieważ  $L > L_F$ , do obliczenia wydłużeń przyjmowana jest długość  $L_T = L_F = 78,6$  m.

Obliczenia długości  $L_T$ 

Długość  $L_T$  wynosi:

$$L_T = 78,6 \text{ m} - 9 \text{ m} = 69,6 \text{ m}$$



## Odgałęzienia prostopadłe 45°- przykłady

Przeszacowanie osiowe rury głównej w miejscu wykonania trójnika

Wydłużenia osiowe rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika oblicza się zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.1.16 Poradnika projektowania:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } \frac{1}{\text{K}} \cdot (95^\circ \text{C} - 10^\circ \text{C}) \cdot 69,6 \text{ m} - \frac{2350 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot (2 \cdot 78,6 \text{ m} - 69,6 \text{ m}) \cdot 69,6 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 862 \text{ mm}^2} = 31,4 \text{ mm}$$

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania polega na sprawdzeniu 2 parametrów:

- kontrola wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika:

$$\Delta L_T \leq 56 \text{ mm}$$

obliczona wartość  $\Delta L_T = 31,4 \text{ mm} < 56 \text{ mm}$  - warunek jest spełniony

- kontrola długości prostopadłego odcinka rury odgałęźnej  $L_a$ :

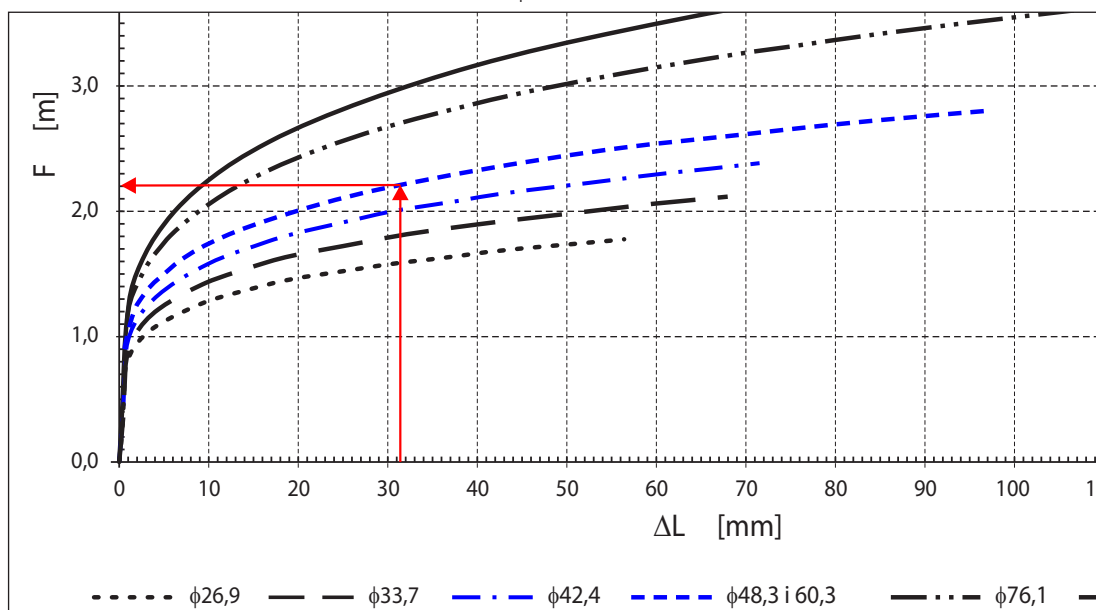
zgodnie z tabelą na str. 5.1.6  $L_{a \text{ max}} = 20 \text{ m}$

ponieważ aktualna długość  $L_a = 17 \text{ m} < 20 \text{ m}$  - warunek jest spełniony.

Długość strefy kompensacji F

Długość strefy kompensacji (ułożenia poduszek) określa się zgodnie z wykresem na str. 4.1.13:

dla  $\phi 60,3$  oraz obliczonych przeszacowań  $\Delta L_T = 31,4 \text{ mm} \rightarrow F = 2,2 \text{ m}$



Obliczenia grubości poduszek kompensacyjnych

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 4.1.12 do obliczenia grubości poduszek kompensacyjnych bierzemy wartość przeszacowań  $\Delta L_T$ :

$$t = \frac{\Delta L_T}{0,7} = \frac{31,4 \text{ mm}}{0,7} = 44,9 \text{ mm}$$

Ilość warstw poduszek kompensacyjnych o grubości 40 mm wynosi:

$$n = \frac{t}{40 \text{ mm}} = \frac{44,9 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1,12 \rightarrow 2 \text{ warstwy}$$

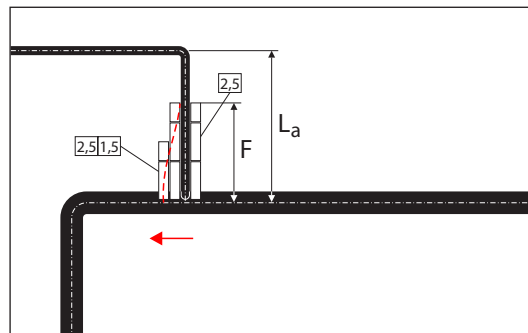
## Odgałęzienia prostopadłe 45° - przykłady

**Rozmieszczenie poduszek kompensacyjnych**

Na zewnętrznej stronie poprzecznego ramienia odgałęzienia poduszki kompensacyjne układa się w następujący sposób:

- pierwszą warstwę układa się na całej długości  $F$  z zakręglając w górę do wielokrotności 0,5 m.
- długość kolejnej warstwy przyjmuje się jako równą połowie długości warstwy wcześniejszej również z zaokrągleniem w górę do wielokrotności 0,5 m

Na wewnętrznej stronie odgałęzienia układa się tylko jedną warstwę poduszek na całej długości  $F$ .



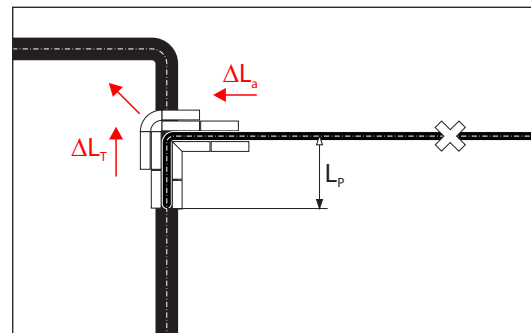
**Przeszczenia osiowe - poduszki kompensacyjne**

Na trójniki odgałęźne równoległe działają obciążenia pochodzące zarówno od wydłużeń rurociągu głównego jak i prostopadłego odcinka rury odgałęźnej.

Skutkiem superpozycji tych przeszczeń są wypadkowe przeszczenia łuku, które powinny zostać zaabsorbowane przez poduszki w strefie kompensacji załamania (łuku) rury odgałęźnej.

Długość stref kompensacji (ułożenia poduszek) zależy od przeszczeń osiowych rury głównej  $\Delta L_T$  oraz przeszczeń osiowych  $\Delta L_a$  odcinka rury odgałęźnej prostopadłego do rury głównej.

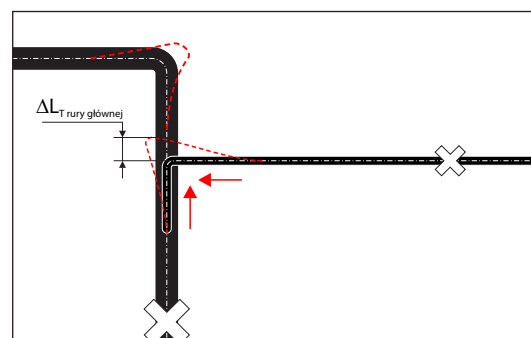
Długości  $F$  stref kompensacji odczytujemy zgodnie z zasadami opisanymi na str. 4.1.13.

**Położenie odgałęzień**

Umieszczenie odgałęzień równoległych 90° na rurociągu głównym uwarunkowane jest wydłużeniami osiowymi rury głównej  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika.

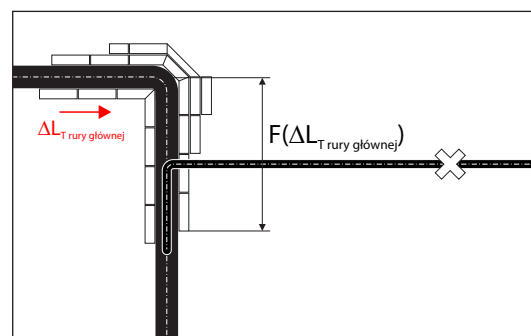
Trójnik równoległy 90° może być umieszczony na rurociągu głównym tylko w obszarze, gdzie przeszczenia osiowe rury głównej  $\Delta L_T$  nie przekraczają wartości podanej w tabeli niżej:

Rurociąg główny mm	Odgałęzienie mm	
	ø 26,9 ÷ 33,7	ø 42,4 ÷ 323,9
ø 26,9 ÷ 139,7	30 mm	56 mm
ø 168,3 ÷ 323,9	40 mm	56 mm



Minimalna odległość trójnika równoległego 90° od załamania kompensacyjnego na rurociągu głównym nie może być mniejsza niż długość  $F$  strefy kompensacji (patrz rys. obok).

Dla większych średnic rur oraz w przypadku, gdy konieczna jest zabudowa trójnika w miejscu, gdzie przeszczenia rurociągu głównego  $\Delta L_T$  przekraczają wartości podane w tabeli wyżej lub istnieje konieczność jego wykonania w obszarze strefy kompensacji rury głównej prosimy o kontakt z LOGSTOR.



### Długość równoległego ramienia odgałęzienia

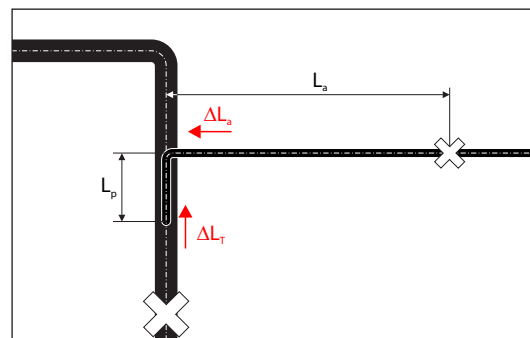
Długość odcinka rury odgałęźnej ułożonego równoległe nad rurociągiem głównym ( $L_p$ ) ma wpływ na wartość naprężeń zredukowanych w części stalowej trójnika czyli na trwałość całej konstrukcji. Dlatego też powinna ona mieścić się w ściśle określonych granicznych wartościach.

Odcinek  $L_p$  powinien być na tyle długi, aby był w stanie przejść wydłużenia  $\Delta L_a$  odcinka rury odgałęźnej ( $L_a$ ) prostopadłego do rury głównej. Jednocześnie powinien być również na tyle krótki, aby nie powodować powstania zbyt dużych naprężeń w części stalowej trójnika.

Długość równoległego ramienia odgałęzienia  $L_p$  powinna zawierać się w zakresie podanym w tabeli poniżej:

DN	$L_{p,min}$ m	$L_{p,max}$ m
20-50	wymiar elementów prefabrykowanych	2.0
65-80		2.5
100-125	2.0*	3.0
150	2.5*	4.0
200-300	3.0*	5.0

\*: jeżeli  $\Delta L_a \leq 30$  mm, długość  $L_{p,min}$  przyjąć można równą sumie długości ramion elementów prefabrykowanych (trójnik + łuk)

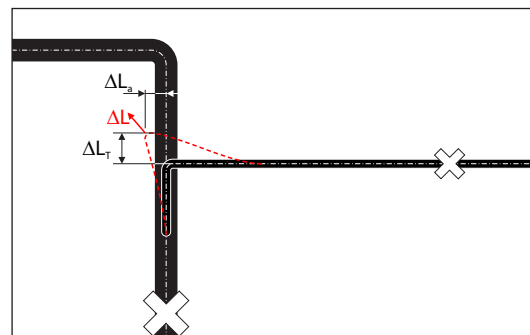


### Przemieszczenia wypadkowe łuku rury odgałęźnej

Przemieszczenia wypadkowe wierzchołka łuku nie powinny być większe niż 84 mm, co odpowiada wartości 70% grubości 3 warstw poduszek kompensacyjnych których łączna grubość wynosi 120 mm.

Przemieszczenia  $\Delta L$  oblicza się za pomocą wzoru poniżej:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_T)^2 + (\Delta L_a)^2}$$



## Odgałęzienia równoległe 90° - przykłady

## Dane do obliczeń

Maksymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 110^{\circ}\text{C}$ Minimalna temperatura pracy:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$ Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$ 

Rurociąg główny:

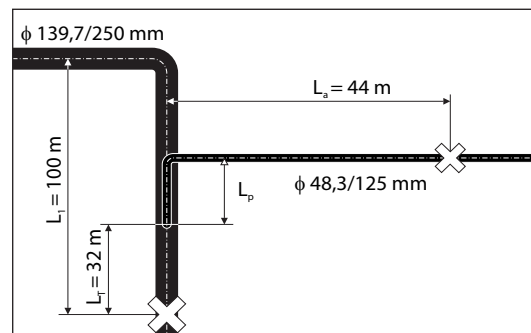
 $d_1/D_1 - \emptyset 139,7/250$  mm, izol. seria 2 $L_1 = 100$  m $L_T = 32$  mprzykrycie gruntu do wierzchu rur  $H_1 = 0,8$  m

Rurociąg odgałęźny:

 $d_a/D_a - \emptyset 48,3/125$  mm, izol. seria 2 $L_a = 44$  mprzykrycie gruntu do wierzchu rur  $H_a = 0,6$  m

Wszystkie elementy są fabrycznie przizolowane.

Zgodnie z tabelą strona 3.1.9:

- dla rurociągu głównego ( $\emptyset 139,7$  s2;  $H_1=0,8$ m): $F = 3,76$  kN/m;  $A_s = 1539$  mm<sup>2</sup>- dla odgałęzienia ( $\emptyset 48,3$  s2;  $H_1=0,6$ m): $F = 1,37$  kN/m;  $A_s = 373$  mm<sup>2</sup>

## Maksymalne naprężenia osiowe i długości tarcia

Maksymalne naprężenia od różnicy temperatur zgodnie ze str. 3.1.2 wynoszą:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\min}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = (110^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 252 \text{ MPa}$$

Długości tarcia dla rurociągów DN125 i DN40 wynoszą:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$\text{dla DN125: } L_F = \frac{252 \text{ MPa} \cdot 1539 \text{ mm}^2}{3760 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 103,1 \text{ m}; \quad \text{dla DN40: } L_F = \frac{252 \text{ MPa} \cdot 373 \text{ mm}^2}{1370 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 68,6 \text{ m}$$

Do obliczenia wydłużeń przyjmowane są długości:

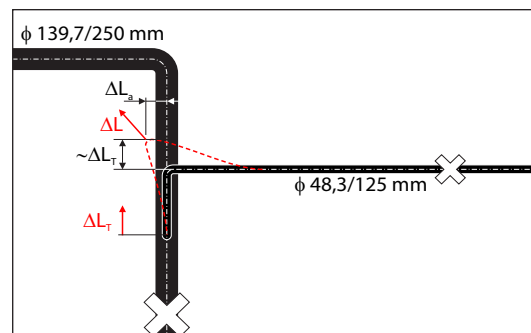
dla DN125:  $L_1 = 100$  m oraz  $L_T = 32$  m; dla DN40:  $L_a = 44$  m.

## Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrolę poprawności przyjętego rozwiązania odgałęzienia równoległego 90° polega na sprawdzeniu 3 parametrów:

- wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika: to jest należy sprawdzić, czy  $\Delta L_T \leq$  wartości z tabeli 5.1.11
- długości równoległego odcinka rury odgałęźnej  $L_p$ , czy jest zgodny z tabelą 5.1.12
- przemieszczenia wypadkowe łuku  $\Delta L$  nie mogą przekroczyć wartości 84 mm.

Wykonuje się to w sposób podany na następnym stronie.



## Odgałęzienia równoległe 90° - przykłady

Wydłużenia osiowe rurociągu głównego  $\Delta L_T$ 

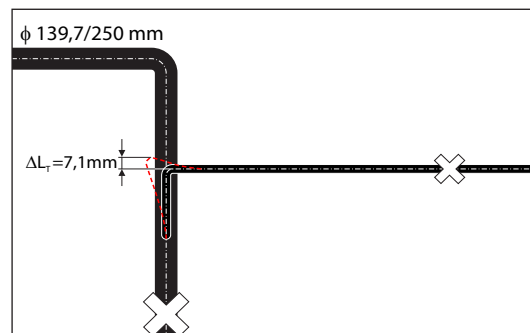
Ponieważ przemieszczenia osiowe ramienia równoległego łuku odgałęzienia są w przybliżeniu równe  $\Delta L_T$  wydłużeniom rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika, obliczamy je zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.1.16:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F \cdot (2 \cdot L_1 - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot (110^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot 32\text{m}$$

$$- \frac{3760 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (2 \cdot 100\text{m} - 32\text{m}) \cdot 32\text{m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1539\text{mm}^2}$$

$$= 7,1\text{ mm}$$

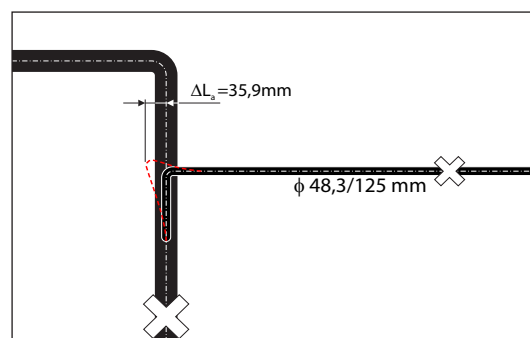
Wydłużenia osiowe odgałęzienia  $\Delta L_a$ 

Wydłużenia osiowe prostokątnego ramienia łuku rurociągu odgałęźnego  $\Delta L_a$  obliczamy zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.1.17:

$$\Delta L_a = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_a - \frac{F \cdot (L_a)^2}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_a = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot (110^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot 44\text{m}$$

$$- \frac{1370 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (44\text{m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 373\text{mm}^2} = 35,9\text{ mm}$$

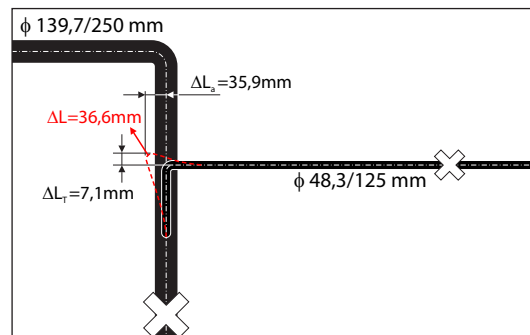


## Wydłużenia wypadkowe łuku

Wydłużenia wypadkowe łuku na odgałęźniu  $\Delta L$  obliczamy jak niżej:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_T)^2 + (\Delta L_a)^2}$$

$$\Delta L = \sqrt{(7,1\text{mm})^2 + (35,9\text{mm})^2} = 36,6\text{ mm}$$





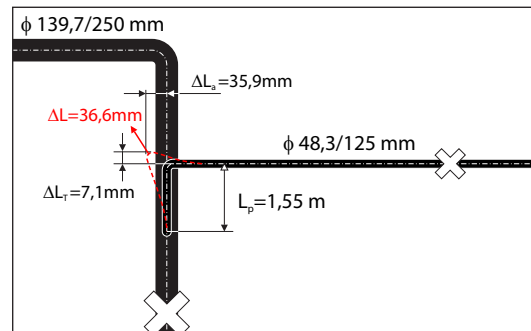
## Odgałęzienia równoległe 90° - przykłady

## Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania polega na sprawdzeniu 3 parametrów:

- Kontrola wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika: Z tabeli 5.1.11 wynika, że dla rury głównej DN125 i odgałęzienia DN40:  $\Delta L_T \leq 56$  mm. Obliczone  $\Delta L_T = 7,1$  mm więc warunek jest spełniony.
  - Kontrola długości równoległego odcinka rury odgałęźnej  $L_p$ : Z tabeli 5.1.12 wynika, że dla odgałęzienia DN40 min. długość  $L_{p\min}$  jest równa sumie długości ramion prefabrykowanego trójnika równoległego i łuku czyli wg. Katalogu produktu  $L_{p\min} = 1,55$  m, więc warunek jest spełniony.
  - Kontrola przemieszczeń wypadkowych łuku:  $\Delta L = 36,6$  mm  $\leq 84$  mm
- Długość prostopadłego odcinka odgałęzienia  $L_a = 44$  m nie powoduje przekroczenia limitu całkowitych wydłużeń łuku  $\leq 84$  mm.

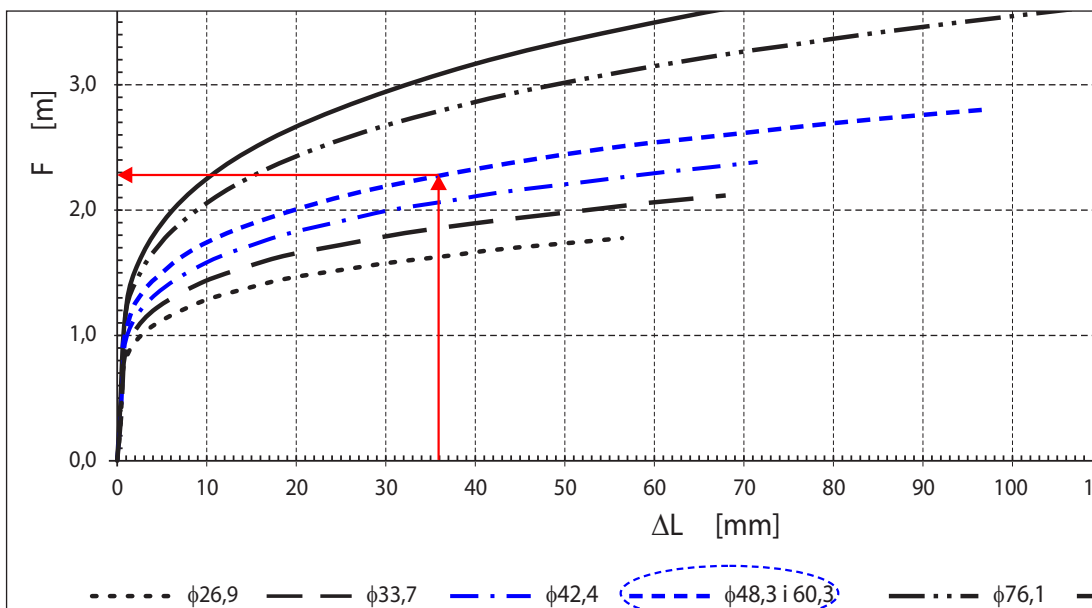
Przyjęte rozwiązanie dla trójnika równoległego 90° jest prawidłowe.

Długość strefy kompensacji F dla ramienia  $L_p$ 

Długość strefy kompensacji (ułożenia poduszek kompensacyjnych) na równoległym ramieniu  $L_p$  odgałęzienia określa się za pomocą wykresu ze str. 4.1.13.

Dla krzywej odpowiadającej średnicy  $\phi 48,3$  oraz przemieszczeń  $\Delta L_a = 35,9$  mm odczytujemy na pionowej osi  $F = 2,3$  m.

Ponieważ długość  $F$  jest większa niż wartość maksymalna z tabeli str. 5.1.12, poduszki kompensacyjne układa się na długości  $L_p = 1,55$  m równoległego ramienia trójnika (patrz str. 5.1.16).



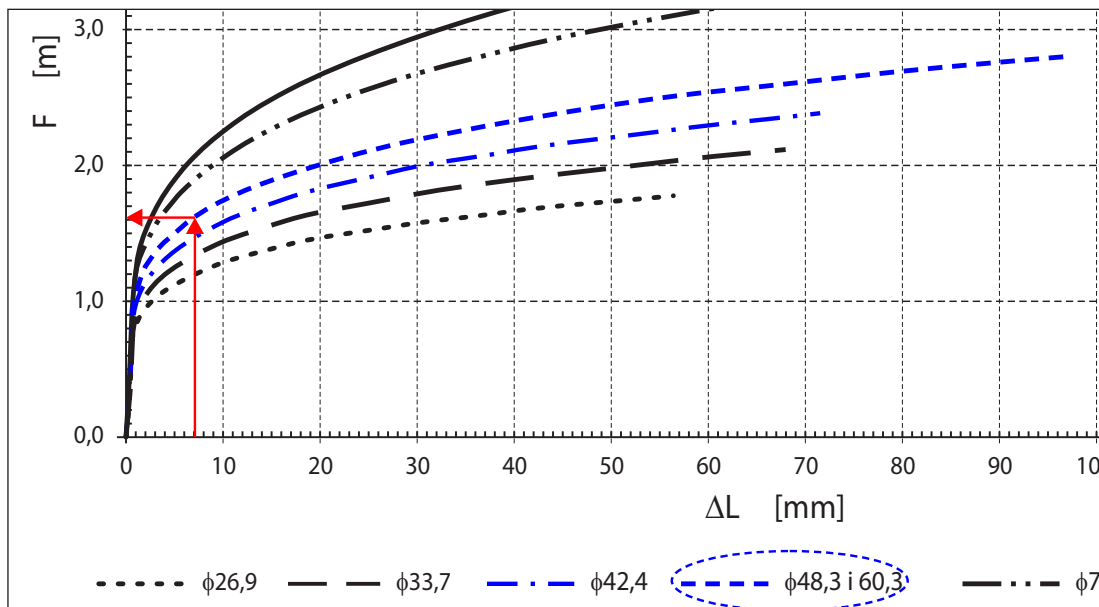
## Odgałęzienia równoległe 90° - przykłady

Długość strefy kompensacji F dla ramienia  $L_a$ 

Długość strefy kompensacji (ułożenia poduszek kompensacyjnych) na ramieniu  $L_a$  odgałęzienia określa się za pomocą wykresu ze str. 4.1.13.

Dla krzywej odpowiadającej średnicy  $\phi 48,3$  oraz przemieszczeń  $\Delta L_T = 7,1$  mm odczytujemy na pionowej osi  $F = 1,6$  m.

Po zaokrągleniu do najbliższej większej wielokrotności 0,5 m, daje to nam długość 2,0 m.



## Grubość i ilość warstw poduszek

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 4.1.12 do obliczenia grubości warstwy poduszek kompensacyjnych bierzemy wartość przemieszczeń wypadkowych łuku  $\Delta L$ :

$$t = \frac{\Delta L}{0,7} = \frac{36,6 \text{ mm}}{0,7} = 52,3 \text{ mm}$$

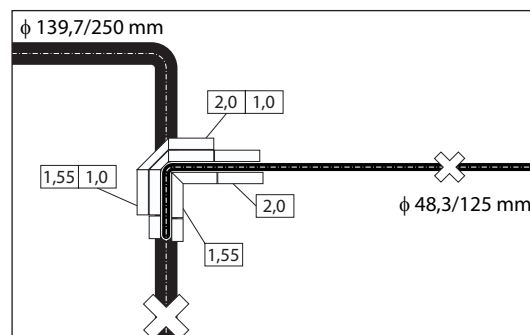
Ilość warstw poduszek kompensacyjnych o grubości 40 mm wynosi:

$$n = \frac{t}{40 \text{ mm}} = \frac{52,3 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1,31 \rightarrow 2 \text{ warstwy}$$

## Rozkład poduszek kompensacyjnych

Poduszki kompensacyjne na rurociągu odgałęzonym układa się w następujący sposób:

- równoległe ramię odgałęzienia:
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na całej długości na zewnętrznej stronie ramienia
  - druga 40 mm warstwa na długości 1 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na całej długości na wewnętrznej stronie ramienia
- prostopadłe ramię odgałęzienia:
  - jedna warstwa poduszek 40mm na długości 2,0 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - druga 40 mm warstwa na długości 1 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - jedna warstwa poduszek 40mm na długości 2,0 m na wewnętrznej stronie ramienia



## Złącza odgałęźne równoległe 90° - przykłady

## Wprowadzenie

W systemie rur LOGSTOR odgałęzienia wykonywane na budowie za pomocą złączy odgałęźnych równoległych projektowane są z zastosowaniem tych samych zasad jak dla preizolowanych odgałęzień równoległych 90°.

W opisanym poniżej przykładzie wykonania odgałęzienia równoległego 90° z zastosowaniem złącza odgałęźnego równoległego przyjęto są takie same średnice, przykrycie gruntem i parametry pracy jak w przykładzie 5.5.1, zatem rozkład poduszek kompensacyjnych będzie identyczny.

Należy zwrócić uwagę, że dla złączy odgałęźnych minimalna długość równoległego ramienia odgałęzienia  $L_p$  jest również identyczna jak dla przypadku trójnik + łuk prefabrykowany.

W przypadku stosowania złączy odgałęźnych konieczne jest sprawdzenie wartości osiowych naprężeń ściskających w rurociągu głównym w miejscu wykonania odgałęzienia.

W przypadku, kiedy wartości tych naprężeń przekraczają 150 MPa, należy obowiązkowo stosować nakładki wzmacniające na rurociągu głównym.

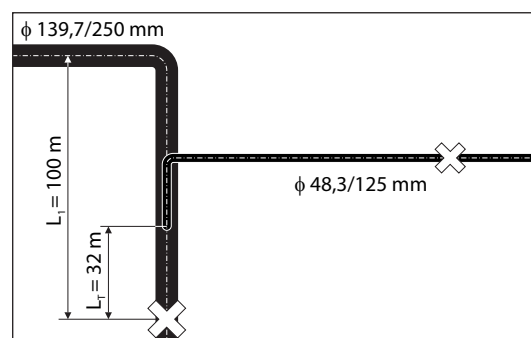
## Kontrola naprężeń osiowych

Ponieważ miejsce włączenia rury odgałęźnej w rurociąg główny (trójnik) znajduje się w strefie hamowanej przez tarcie, wartość naprężeń osiowych ściskających obliczamy zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.1.14:

$$\sigma_T = \frac{(L_1 - L_T) \cdot F}{A_s}$$

$$\sigma_T = \frac{(100\text{m} - 32\text{m}) \cdot 3760 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{1539\text{mm}^2} = 166,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ponieważ naprężenia osiowe ściskające w rurociągu głównym w miejscu wykonania odgałęzienia są większe niż 150 MPa, zatem rurociąg główny musi być wzmocniony przez zastosowanie nakładki wzmacniającej.



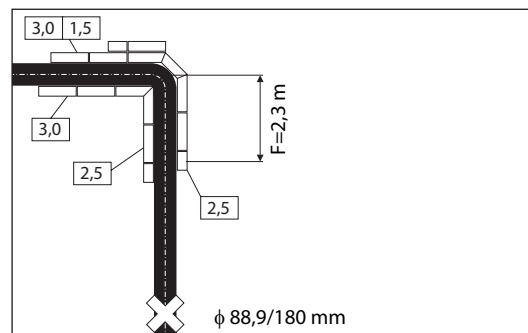
## Położenie względem łuków kompensacyjnych

## Położenie trójników względem łuków kompensacyjnych

W przypadku projektowania rury odgałęźnej jako "przedłużenia" osi rurociągu głównego miejsce wykonania trójnika musi znajdować się stosunkowo blisko załamania kompensacyjnego rurociągu głównego.

Rys. obok pokazuje długość strefy kompensacji  $F$  liczonej dla wydłużeń rurociągu głównego.

Długość  $F$  określa się zgodnie z zasadami podanymi na str. 4.1.12 ÷ 4.1.14.



## Dane do obliczeń

Maksimalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$

Minimalna temperatura pracy:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$

Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

Rurociąg główny:

$d/D$  -  $\phi 88,9/180$  mm, izol. seria 2

$L = 50$  m

przykrycie gruntu do wierzchu rur  $H = 0,8$  m

Rurociąg odgałęźny:

$d_a/D_a$  -  $\phi 76,1/160$  mm, izol. seria 2

$L_a = 65$  m

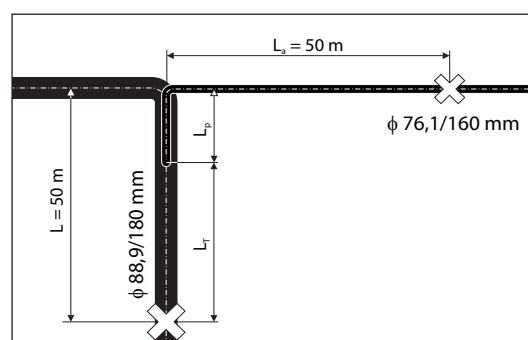
przykrycie gruntu do wierzchu rur  $H_a = 0,6$  m

Dla rurociągu głównego ( $\phi 88,9$  s2;  $H_1=0,8$ m):

$F = 2,64$  kN/m;  $A_s = 862$  mm<sup>2</sup>

Dla odgałęzienia ( $\phi 76,1$  s2;  $H_a=0,6$ m):

$F = 1,78$  kN/m;  $A_s = 667$  mm<sup>2</sup>



## Maksymalne naprężenia osiowe i długości tarcia

Maksymalne naprężenia pochodzące od różnicy temperatur zgodnie ze str. 3.1.2 wyniosą:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\min}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = (80^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} = 176,4 \text{ MPa}$$

Długości tarcia dla rurociągów DN80 i DN65 wyniosą:

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$\text{dla DN80: } L_F = \frac{176,4 \text{ MPa} \cdot 862 \text{ mm}^2}{2640 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 57,6 \text{ m}; \quad \text{dla DN65: } L_F = \frac{176,4 \text{ MPa} \cdot 667 \text{ mm}^2}{1780 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 66,1 \text{ m}$$

Do obliczenia wydłużeń przyjmowane są zatem długości:

dla DN80:  $L_1 = 50$  m oraz dla DN65:  $L_a = 65$  m.

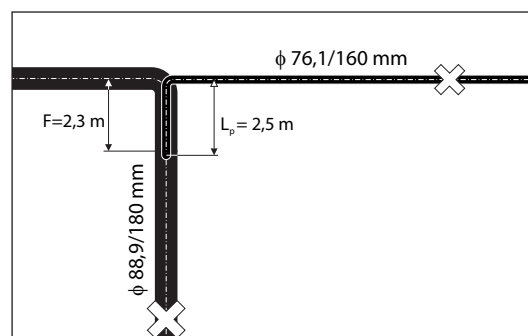
## Kryteria poprawności doboru położenia trójnika

Zgodnie z zasadami str. 5.1.11 trójnik musi znajdować się poza strefą kompensacji łuku na rurociągu głównym, która wynosi  $F = 2,3$  m.

Zgodnie z tabelą na stronie 5.1.12 długość równoległego ramienia dla DN65 powinna zawierać się w przedziale  $1,6 \div 2,5$  m.

Według Katalogu produktu długość elementów preizolowanych trójnik + łuk  $L_{p \min} = 1,6$  m.

Stąd wynika, że długość  $L_p$  powinna mieścić się w zakresie  $2,3 \div 2,5$  m - przyjmujemy  $L_p = 2,5$  m.



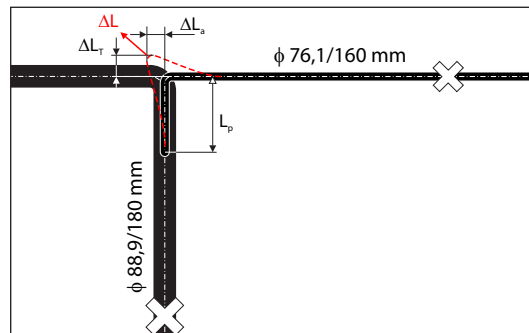
## Położenie względem łuków kompensacyjnych - przykłady

### Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania polega na sprawdzeniu trzech warunków:

- Kontrola wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika, czyli  $\Delta L_T \leq$  wartości z tabeli 5.1.11
- Kontrola długości równoległego odcinka rury odgałęźnej  $L_p$ :  
czy  $L_p / \Delta L_a$  spełnia warunki z tabeli 5.1.12.
- Kontrola przemieszczeń wypadkowych łuku:  
 $\Delta L \leq 84$  mm

Kontrolę poprawności przyjętego rozwiązania wykonuje się jak pokazano niżej.



### Wydłużenia osiowe rurociągu głównego $\Delta L_T$

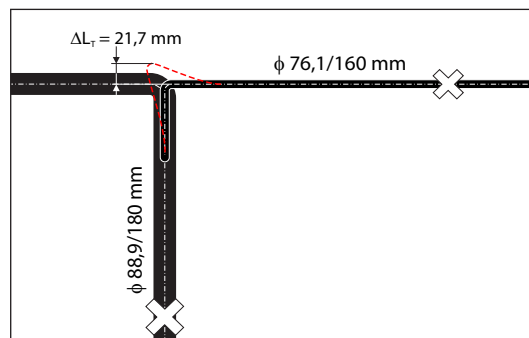
Ponieważ przemieszczenia osiowe ramienia równoległego łuku odgałęzienia są w przybliżeniu równe  $\Delta L_T$  wydłużeniom rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika, obliczamy je zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.1.17:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot (80^\circ C - 10^\circ C) \cdot 47,5 \text{ m}$$

$$- \frac{2640 \frac{N}{m} \cdot (2 \cdot 50 \text{ m} - 47,5 \text{ m}) \cdot 47,5 \text{ m}}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{N}{mm^2} \cdot 862 \text{ mm}^2}$$

$$= 21,7 \text{ mm}$$



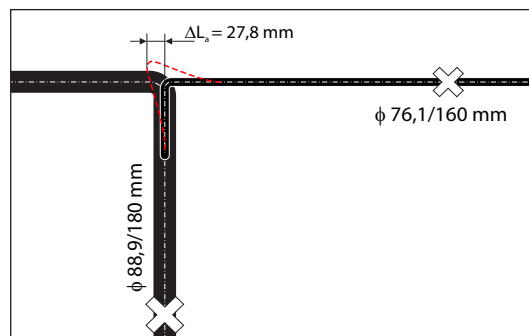
### Wydłużenia osiowe odgałęzienia $\Delta L_a$

Wydłużenia osiowe łuku kompensacyjnego rurociągu odgałęźnego  $\Delta L_a$  obliczamy zgodnie ze wzorami podanymi na str. 1.8.2.1:

$$\Delta L_a = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_a - \frac{F \cdot (L_a)^2}{2 \cdot E \cdot A_{s_a}}$$

$$\Delta L_a = 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K} \cdot (80^\circ C - 10^\circ C) \cdot 65 \text{ m}$$

$$- \frac{1780 \frac{N}{m} \cdot (65 \text{ m})^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{N}{mm^2} \cdot 667 \text{ mm}^2} = 27,8 \text{ mm}$$



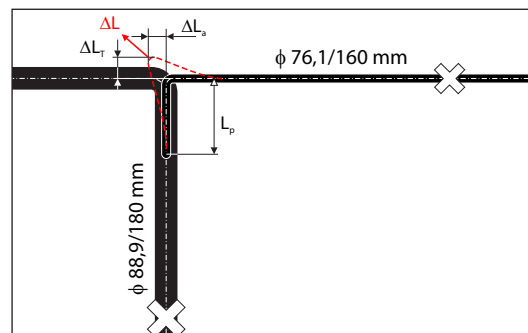
## Położenie względem łuków kompensacyjnych - przykłady

### Przesunięcia wypadkowe łuku kompensacyjnego odgałęzienia

Przesunięcia wypadkowe łuku kompensacyjnego odgałęzienia  $\Delta L$  obliczamy za pomocą wzoru jak niżej:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_T)^2 + (\Delta L_a)^2}$$

$$\Delta L = \sqrt{(21,7\text{ mm})^2 + (27,8\text{ mm})^2} = 35,3\text{ mm}$$

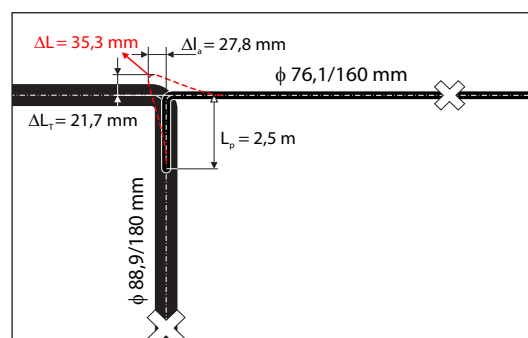


### Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania

Kontrola poprawności przyjętego rozwiązania polega na sprawdzeniu trzech warunków:

- Kontrola wydłużeń osiowych rurociągu głównego  $\Delta L_T$  w miejscu wykonania trójnika: dla rury głównej o średnicy  $\phi 88,9/180$  mm i odgałęzienia  $\phi 76,1/160$  mm z tabeli 5.1.12 odczytujemy: max.  $\Delta L_T = 56$  mm. Ponieważ obliczone  $\Delta L_T = 21,7$  mm, więc warunek jest spełniony.
- Kontrola długości równoległego odcinka rury odgałęźnej  $L_p$ : dla odgałęzienia o średnicy  $\phi 76,1/160$  mm z tabeli 5.1.12 odczytujemy:  $L_{p\text{ max}} = 2,5$  m. Ponieważ przyjęta długość  $L_p = 2,5$  m, więc warunek jest spełniony.
- Kontrola przesunięcia wypadkowego łuku:  $\Delta L = 35,3$  mm  $\leq 84$  mm, więc warunek jest spełniony.

Spełnione są wszystkie 3 warunki, więc trójnik zaprojektowany jest prawidłowo.



### Długość strefy kompensacji F dla równoległego ramienia $L_p$

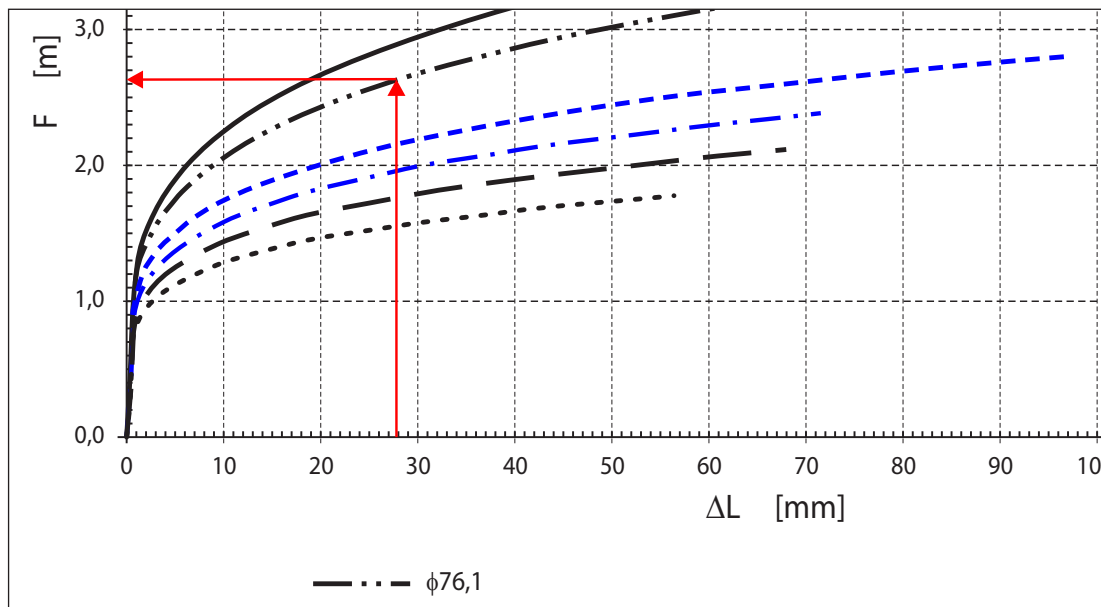
Długość strefy kompensacji (ułożenia poduszek kompensacyjnych) na równoległym ramieniu  $L_p$  łuku odgałęzienia określa się za pomocą wykresu ze str. 4.1.13.

Dla krzywej odpowiadającej średnicy  $\phi 76,1$  oraz przesunięć  $\Delta L_a = 27,8$  mm odczytujemy na pionowej osi  $F = 2,6$  m.

Ponieważ długość  $F = 2,6$  m jest większa niż przyjęta długość  $L_p = 2,5$  m, poduszki kompensacyjne układa się na całej długości  $2,5$  m równoległego ramienia trójnika (patrz str. 5.1.21).

## Położenie względem łuków kompensacyjnych - przykłady

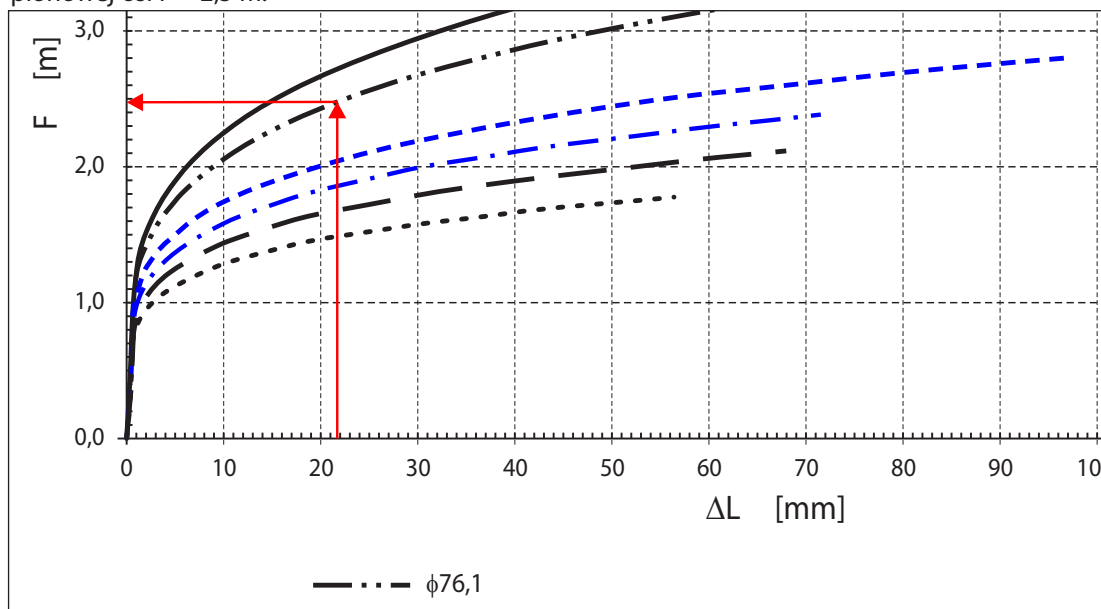
Długość strefy kompensacji  $F$  dla równoległego ramienia  $L_p$  ciąg dalszy



Długość strefy kompensacji  $F$  dla prostopadłego ramienia  $L_a$

Długość strefy kompensacji (ułożenia poduszek kompensacyjnych) na prostopadłym ramieniu  $L_a$  łuku odgałęzienia określa się za pomocą wykresu ze str. 4.5.1.2.

Dla krzywej odpowiadającej średnicy  $\phi 76,1$  oraz przemieszczeń  $\Delta L_T = 21,7$  mm odczytujemy na pionowej osi  $F = 2,5$  m.



## Położenie względem łuków kompensacyjnych - przykłady

### Grubość i ilość warstw poduszek

Zgodnie z zasadami opisanymi na str. 4.1.12 do obliczenia grubości warstwy poduszek kompensacyjnych bierzemy wartość przemieszczeń wypadkowych łuku  $\Delta L$ :

$$t = \frac{\Delta L}{0,7} = \frac{35,3 \text{ mm}}{0,7} = 50,4 \text{ mm}$$

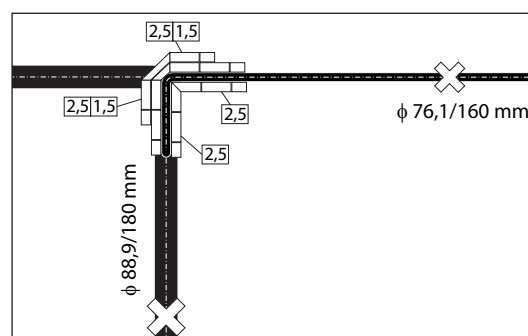
Ilość warstw poduszek kompensacyjnych o grubości 40 mm wynosi:

$$n = \frac{t}{40 \text{ mm}} = \frac{50,4 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 1,26 \rightarrow 2 \text{ warstwy}$$

### Rozkład poduszek kompensacyjnych

Poduszki kompensacyjne na rurociągu odgałęźnym układa się w następujący sposób:

1. równoległe ramię odgałęzienia:
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na długości 2,5 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - druga 40 mm warstwa na długości 1,5 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na długości 2,5 m na wewnętrznej stronie ramienia
2. prostopadłe ramię odgałęzienia:
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na długości 2,5 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - druga 40 mm warstwa na długości 1,5 m na zewnętrznej stronie ramienia
  - jedna warstwa poduszek 40 mm na długości 2,5 m na wewnętrznej stronie ramienia





**Odgałęzienia prostopadłe proste**

---

**Zastosowanie**

Odgałęzienia prostopadłe proste stosowane są zazwyczaj w połączeniu z armaturą do odpowietrzeń lub odwodnień - patrz Poradnik projektowy rozdz. 7.

W przypadku innych zastosowań prosimy o kontakt z LOGSTOR.

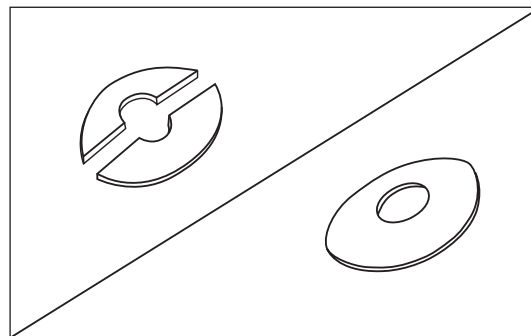
---

## Odgałęzienia Nakładki wzmacniające

### Zastosowanie

Nakładki wzmacniające stosowane są w przypadku wykonywania na budowie odgałęzień z zastosowaniem złączy odgałęźnych SXT-WP, TX, TSJoint i BandJoint.

Nakładki dostarczane mogą być jako jedno lub 2-częściowe - patrz Katalog produktu rozdział 2.4.2.



### Naprężenia osiowe

Stosowanie lub nie nakładek wzmacniających uzależnione jest od wartości osiowych naprężeń ściskających w rurociągu głównym w miejscu wykonania otworu pod odgałęzienie.

Tabela poniżej pokazuje kiedy należy stosować nakładki wzmacniające.

Znacznik x w tabeli oznacza, że nakładki wzmacniające należy stosować jeżeli naprężenia ściskające osiowe będą miały wartość  $\sigma_x > 150$  MPa.

Znacznik **x** na zacieniowanym polu w tabeli oznacza, że nakładki wzmacniające należy stosować zawsze niezależnie od wartości naprężeń osiowych w miejscu wykonania trójnika.

**Uwaga! W przypadku, kiedy rurociąg główny i odgałęźny mają te same średnice, należy stosować wyłącznie stalowe trójniki kute wg PN-EN 10253-2.**

odgałęzienie $\varnothing$ mm rurociąg główny $\varnothing$ mm	26.9	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	219.1
26.9											
33.7	x										
42.4	x	x									
48.3	x	x	x								
60.3	x	x	x	x							
76.1	x	x	x	x	x						
88.9	x	x	x	x	x	x					
114.3	x	x	x	x	x	x	x				
139.7	x	x	x	x	x	x	x	x			
168.3	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
219.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
273.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
323.9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
355.6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
406.4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
457.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
508.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
610.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Informacje na temat montażu nakładek wzmacniających - patrz Poradnik montażu i eksploatacji rozdział 5.4.

## Odgałęzienia Nakładki wzmacniające

---

Odniesienia	Katalog produktu	Łuki preizolowane	2.3.3
		Odgałęzienia	2.4
		Trójniki preizolowane prostopadłe 45°	2.4.13
		Trójniki preizolowane równoległe 90°	2.4.14
	Montaż i eksploatacja	Montaż odgałęzień	5.4
	Poradnik projektowania	Wydłużenia na kolanach kompensacyjnych	1.1.16
		Wydłużenia na odgałęzieniach	1.1.17
		Rurociągi bez ograniczenia naprężeń osiowych	3.1
		Długości instalacyjne	3.1.8 ÷ 3.1.9
		Łuki z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych	4.1.12 ÷ 4.1.14
		Odpowietrzenia i odwodnienia	7.2

---



**Zmiany średnic  
Informacje ogólne**

---

**Wprowadzenie**      Poniższy rozdział zawiera wytyczne LOGSTOR dotyczące projektowania zwężek w systemie podziemnych rur preizolowanych z uwzględnieniem wpływu naprężeń osiowych w rurociągach na położenie i sposób wykonania zmiany średnicy rur.

---

**Spis treści**            6.1.2    Wytyczne stosowania

---

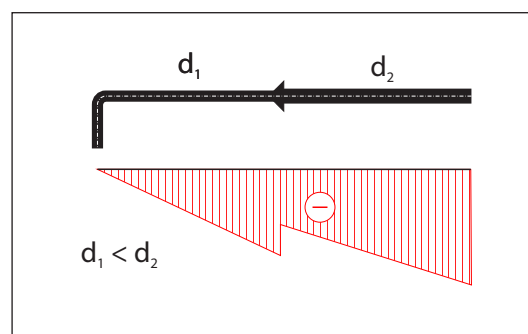
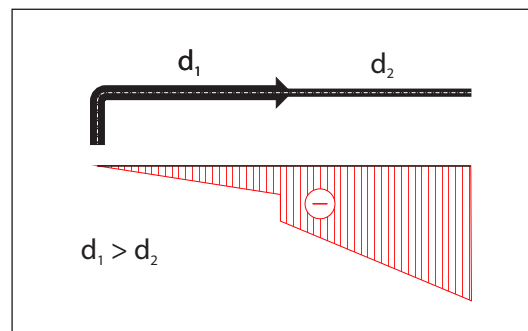
## Zmiany średnic Wytyczne stosowania

### Wykres naprężeń osiowych

W zależności od sposobu zastosowania zwężki, to jest zmniejszenia lub zwiększenia średnicy rur wykresy zmiany naprężeń osiowych w rurociągu (patrz rysunki obok) mogą mieć różny charakter.

Zmianę naprężeń osiowych można przedstawić za pomocą wzoru jak niżej:

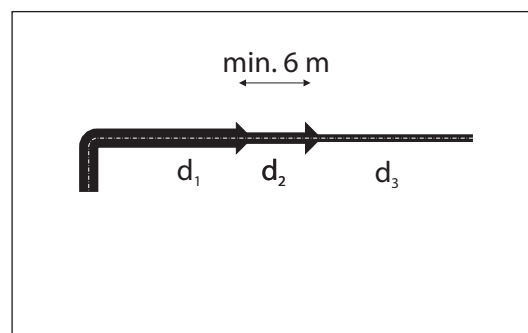
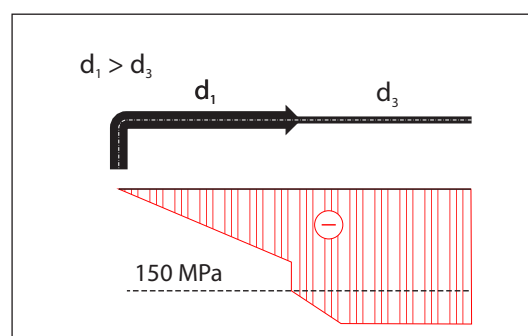
$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \frac{A_{S1}}{A_{S2}}$$



### Naprężenia osiowe < 150 MPa

W systemie rur preizolowanych LOGSTOR pojedynczą zmianę średnic o dwie dymensje można wykonać jedynie wtedy, gdy naprężenia osiowe w elemencie stalowym zwężki o najmniejszym polu przekroju nie przekraczają wartości 150 MPa.

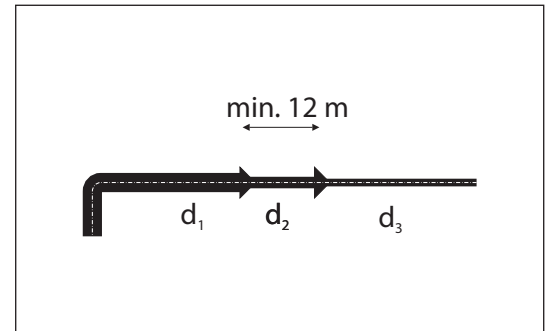
Wszędzie tam, gdzie wartość naprężeń osiowych  $\sigma_x < 150$  MPa, zmiany średnic o dwie lub więcej dymensji za pomocą kilku zwęzek jednostopniowych jedna za drugą należy zawsze wykonać w taki sposób, aby odległość pomiędzy sąsiednimi zwężkami nie była mniejsza niż 6 m.



## Zmiany średnic Wytyczne stosowania

### Naprężenia osiowe >150 MPa

Wszędzie tam, gdzie wartość naprężeń osiowych  $\sigma_x > 150$  MPa, zmiany średnic o dwie lub więcej dymensji za pomocą kilku zwęzek jednostopniowych jedna za drugą należy zawsze wykonać w taki sposób, aby odległość pomiędzy sąsiednimi zwężkami nie była mniejsza niż 12 m.



### Odgałęzienia

LOGSTOR do produkcji trójników preizolowanych stosuje standardowo przewodowe rury stalowe o pogrubionej ścianie (patrz Katalog produktu str. 2.4.14).

Ponieważ trójniki preizolowane LOGSTOR można stosować tam, gdzie naprężenia osiowe ściskające  $\sigma_x \geq 190$  MPa, położenie trójników względem zwęzek nie ma znaczenia i można je umieszczać względem siebie w dowolnych konfiguracjach.

W przypadku wykonywania odgałęzień na budowie poprzez bezpośrednie spawanie do rurociągu głównego należy zawsze stosować nakładki wzmacniające - patrz Odgałęzienia str. 5.1.24.

## Zmiany średnic Wytyczne stosowania - przykłady

### Dane do obliczeń

Średnice rur:

- $d_1 = \varnothing 88,9$  mm, izolacja seria 2
- $d_2 = \varnothing 60,3$  mm, izolacja seria 2

Przykrycie gruntem do wierzchu rur  $H = 0,8$  m

Maksymalna temperatura pracy:  $T_{\max} = 120^\circ\text{C}$

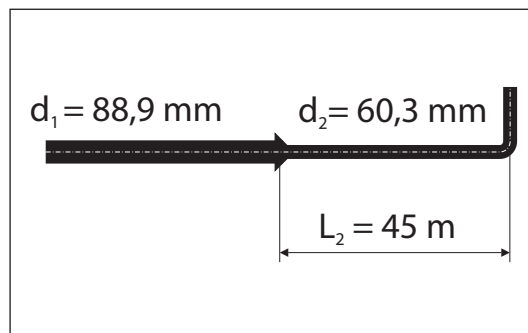
Minimalna temperatura pracy:  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$

Temperatura montażu:  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$

$L_2 = 45$  m

Dla  $\varnothing 60,3$ mm, izolacja seria 2 z tabeli na str. 3.1.9 można odczytać:

$F = 2,03$  kN/m;  $A_s = 523$  mm<sup>2</sup>



### Naprężenia osiowe

Naprężenia osiowe w rurociągu w miejscu wykonania zmiany średnicy obliczamy jak niżej:

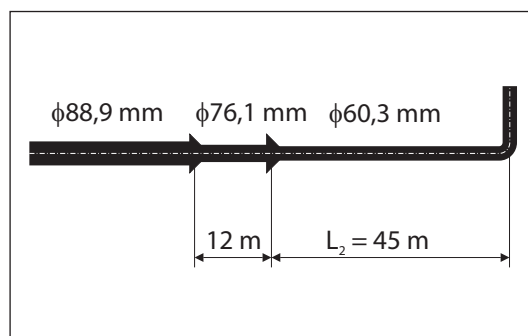
$$\sigma_x = \frac{L_2 \cdot F}{A_{s2}}$$

$$\sigma_x = \frac{45\text{m} \cdot 1810\frac{\text{N}}{\text{m}}}{523\text{mm}^2} = 155,7\text{MPa}$$

Ponieważ naprężenia osiowe w miejscu wykonania zwężki  $\sigma_x > 150$  MPa, więc zmianę średnicy należy wykonać za pomocą dwóch zwęzek jednostopniowych.

Minimalna odległość między nimi zgodnie z wytycznymi str. 6.1.3 wynosi  $L_{\min} = 12$  m.

Alternatywnie miejsce zmiany średnic można przesunąć w stronę łuku kompensacyjnego. Kiedy znajdzie się ona w strefie naprężeń osiowych  $< 150$  MPa, zmianę średnicy można wykonać za pomocą jednej 2 stopniowej zwężki.



### Odniesienia

Katalog produktu	Zwężki	2.6
Montaż i eksploatacja	Zwężki	9.0



## Armatura odcinająca

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie**      Poniższy rozdział zawiera wytyczne LOGSTOR dotyczące zasad projektowania fabrycznie izolowanej armatury odcinającej oraz odpowietrzeń/odwodnień w systemie podziemnych rur preizolowanych.

---

**Spis treści**            7.1.2    Informacje ogólne  
                              7.1.5    Preizolowana armatura odcinająca; odpowietrzenia/odwodnienia

---

## Preizolowana armatura odcinająca

### Informacje ogólne

#### Zastosowanie

W systemie podziemnych rur preizolowanych fabrycznie izolowana armatura odcinająca stosowana jest w celu podziału sieci ciepłych na oddzielne sekcje.

Ilość i długość odcinków rurociągów rozdzielonych armaturą odcinającą zależy od:

- wymogów innych użytkowników terenu (np. przejścia pod torami, drogami, mostami itp.)
- warunków technicznych gestora sieci ciepłej odnośnie przyłączy do budynków
- podziału rurociągów na sekcje ze względu na bezpieczeństwo dostaw ciepła
- konieczności wykonania odwodnień i odpowietrzeń (ilości spuszczonej wody sieciowej)

Preizolowana armatura odcinająca może być montowana w dowolnym punkcie systemu rur preizolowanych, bezpośrednio w gruncie bez konieczności budowy kosztownych komór. Zalecane jest jednak umiejscowienie armatury poza strefą kompensacji F dla łuków kompensacyjnych i rur odgałęźnych.

Materiał stosowany na podsypkę i zasypkę (łóżko piaskowe) w obrębie armatury preizolowanej to ścierny piasek o średniej grubości od 0-4 mm z ziarnami o obłych krawędziach i krzywej przesiewu zgodnej z EN 13941-2, czyli identyczny jak dla prostych odcinków rur.

Preizolowana armatura odcinająca LOGSTOR może być stosowana w systemach ciepłowniczych, gdzie maksymalna temperatura pracy wynosi  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$  a ciśnienie robocze  $p_{\max} = 25$  bar. LOGSTOR dopuszcza jej stosowanie w systemach, gdzie osiowe naprężenia ściskające mogą osiągać wartości  $\sigma_{\max} = 300$  MPa. Armatura spełnia wymagania normy PN-EN 488.

#### Preizolowana armatura odcinająca

Preizolowana armatura składa się ze stalowego spawanego korpusu, polerowanej kuli ze stali nierdzewnej, uszczelnienia teflonowego z dociskiem zapewniającym szczelność armatury nawet dla niskich wartości ciśnienia roboczego.

Preizolowana armatura odcinająca LOGSTOR jest bezobsługowa i nie wymaga dodatkowej konserwacji w trakcie całego okresu jej eksploatacji.

Zaleca się jednak, aby minimum 2 ÷ 4 razy w roku wykonać pełne otwarcie/zamknięcie armatury (częstotliwość zależy od jakości stosowanej wody sieciowej).

#### Wytyczne montażu

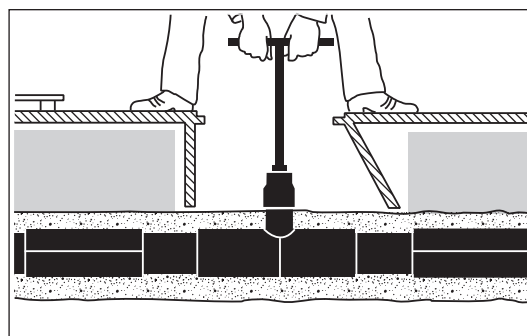
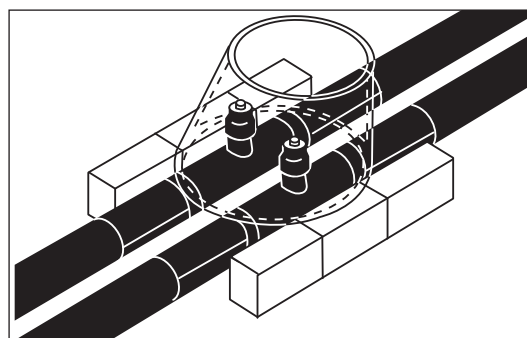
Zabudowa armatury w gruncie musi zapewnić swobodę przemieszczeń pionowego trzpienia i odpowietrzeń/odwodnień.

Dla ułatwienia dostępu do trzpieni armatury, najlepiej jest umieścić ją w studzience z kręgów betonowych opartych na z blockach betonowych.

W przypadku umiejscowienia studzienki w ciągu ulicznym zaleca się bloczki postawić na poziomej płycie betonowej.

Rozwiązanie, jak pokazane na rysunku obok, pozwala na swobodne przemieszczenia armatury (osiowe wydłużenia termiczne rur). Umieszczenie końcówek trzpieni ponad powierzchnią zasypki umożliwia łatwy dostęp do armatury i powoduje, że górne części trzpieni nie zapiekają się.

Końcówki trzpieni nie mogą znajdować się pod wodą. W takim przypadku należy je zabezpieczyć przed zalaniem wodą poprzez zastosowanie kołpaków ochronnych.

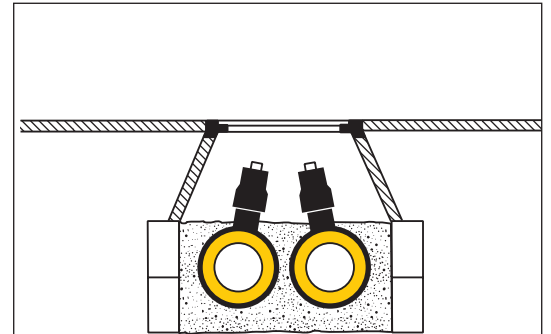


## Preizolowana armatura odcinająca

### Informacje ogólne

#### Wytyczne montażu ciąg dalszy

Sposób pokazany na rysunku obok, który polega na przechyleniu trzpieni armatury o dużych średnicach, pozwala na jej otwieranie lub zamykanie z poziomu gruntu bez potrzeby schodzenia do wnętrza studzienki.



#### Przekładnie i napędy

Otwieranie/zamykanie armatury preizolowanej o średnicach stalowych rur przewodowych DN200 i większych wymaga stosowania dodatkowych przekładni mechanicznych.

Dla średnic rur  $\varnothing 219,1 \div 323,9$  mm można stosować przenośne przekładnie planetarne (patrz Katalog produktu 17.18.0.1).

Dla większych średnic rur stalowych z uwagi na duży moment potrzebny do obrotu kuli w łożu armatury zaleca się stosowanie przekładni ślimakowych zabudowanych na stałe.

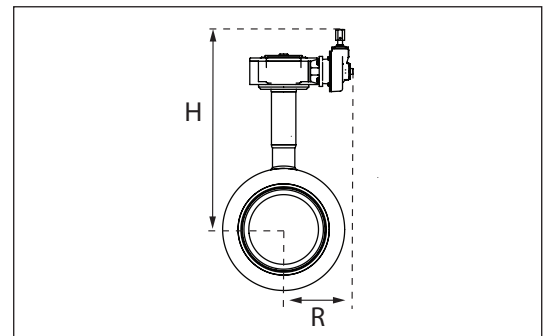


Tabela obok pokazuje przykładowe wymiary armatury ze stałą przekładnią ślimakową.

Rzeczywiste wymiary armatury nieznacznie mogą różnić się od podanych w tabeli. Zależą od rodzaju (ślimakowa, planetarna) i wielkości jej przełożenia dobieranego indywidualnie w zależności od średnicy rur i ciśnienia roboczego.

Średnica rur mm	Wysokość (H) mm	Wymiar (R) mm
323.9	804	375
355.6	830	375
406.4	890	425
508.0	1040	605

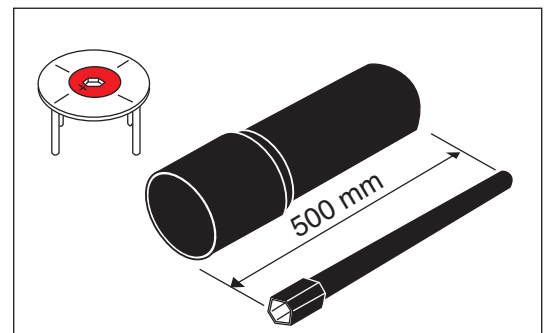
#### Przedłużenie trzcienia armatury

W przypadku dużego zagłębienia armatury możliwe jest zastosowanie stałych lub rozłącznych przedłużeń trzcienia (rys. obok pokazuje przedłużenie rozłączne).

Przedłużenie trzcienia armatury odcinającej umożliwia otwieranie/zamykanie armatury o standardowej wysokości z poziomu gruntu. Nie dopuszcza się jednak, aby stały poziom wody gruntowej znajdował się powyżej wierzchołka trzcienia armatury.

Dla przedłużenia stałego warunek ten dotyczy trzcienia przedłużki. Dla przedłużenia rozłącznego warunek ten dotyczy trzcienia armatury odcinającej.

Standardowo długość takich przedłużeń wynosi 500 mm, lecz na zamówienie możliwe jest dostarczenie przedłużenia innej długości.



## Preizolowana armatura odcinająca

### Informacje ogólne

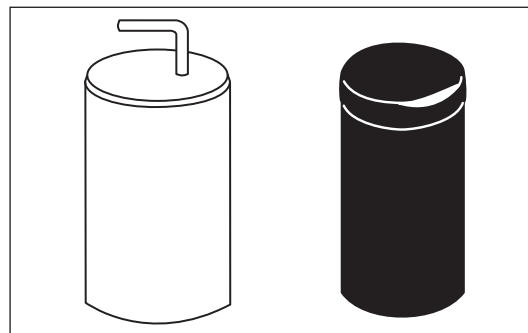
**Kapturek ochronny** Do ochrony armatury w miejscach, które mogą być okresowo zalewane wodą stosuje się kapturek wykonany ze stali ocynkowanej lub kapturek wykonany z PE (np. mufa końcowa).

Poduszka powietrzna w kapturku zabezpiecza armaturę serwisową, trzpienie i końcówki obudowy trzpienia armatury przed kontaktem z wodą, co w rezultacie chroni przed korozją.

Kapturek nie jest mocowany na stałe, lecz jedynie luźno założony na trzpień armatury lub na zawór serwisowy odwodnienia/ odpowietrzenia.

Kapturek wykonany z PE w przeciwieństwie do kapturka stalowego wymaga dociążenia w celu jego "zatopienia".

Rodzaje i wymiary kapturków - patrz Katalog produktu str .2.5.6.1.



<b>Odniesienia</b>	Katalog produktu	Armatura odcinająca	2.5
	Montaż i eksploatacja	Armatura odcinająca i odpowietrzenia	8.0

## Preizolowana armatura odcinająca Odpowietrzenia/odwodnienia

### Zastosowanie

W systemie rur preizolowanych LOGSTOR odpowietrzenia i odwodnienia mogą być wykonane w dowolnym miejscu systemu rur preizolowanych, bezpośrednio w gruncie w niewielkich studzienkach z kręgów betonowych.

Można je wykonać w połączeniu z armaturą odcinającą preizolowaną lub poprzez zastosowanie oddzielnych elementów fabrycznie izolowanych lub bezpośrednio na budowie za pomocą złączy odgałęźnych.

Wszystkie fabrycznie izolowane odpowietrzenia/odwodnienia można stosować w systemach ciepłowniczych, gdzie maksymalna temperatura pracy  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$ , ciśnienie robocze  $p_{\max} = 25 \text{ bar}$ .

Przy projektowaniu odpowietrzeń/odwodnień z zastosowaniem złączy odgałęźnych należy uwzględnić naprężenia osiowe w rurociągach (potrzebę stosowania nakładek wzmacniających).

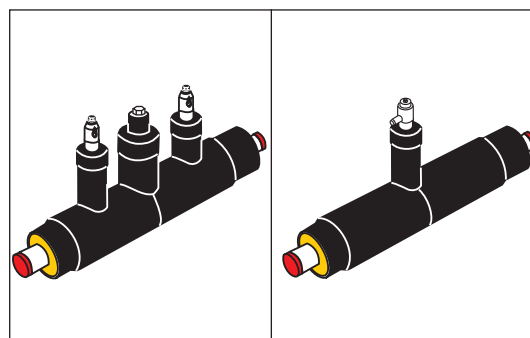
Nakładki wzmacniające stosowane są zgodnie z zasadami rozdz. 5 Poradnika.

### Odpowietrzenia/ odwodnienia

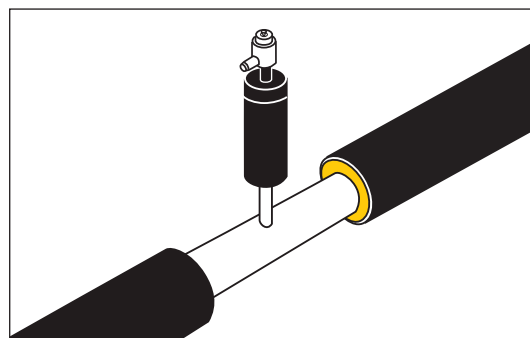
LOGSTOR zaleca aby króćce odpowietrzeń i odwodnień o ile to możliwe usytuowane były pionowo do góry.

Rozwiązanie to minimalizuje koszty montażu rurociągów oraz ryzyko gromadzenia się zanieczyszczeń w dolnych partiach odwodnień.

Odpowietrzenia/odwodnienia w górę można wykonać w połączeniu z armaturą odcinającą z jednym lub dwoma zaworami serwisowymi.



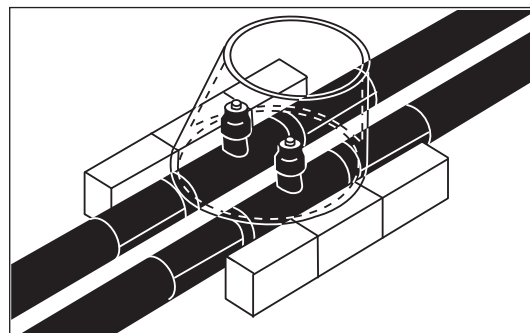
Indywidualne odpowietrzenia/odwodnienia można wykonać z zastosowaniem preizolowanej armatury serwisowej (Poradnik produktu str. 2.5.7) oraz złączy odgałęźnych. Można je umieścić w dowolnym punkcie projektowanego rurociągu.



### Umiejscowienie odpowietrzeń/ odwodnień

Zaleca się, aby sposób w jaki wykonano odpowietrzenia/odwodnienia umożliwił swobodne przemieszczenia w gruncie ich pionowych króćców bez ryzyka oparcia się o konstrukcję studzienek.

LOGSTOR rekomenduje, aby umieszczać je poza strefą kompensacji łuków i trójkątów odgałęźnych F.



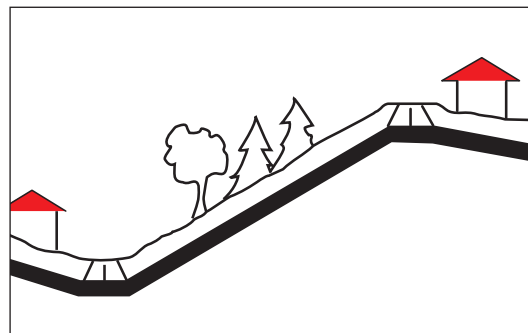
## Preizolowana armatura odcinająca Odpowietrzenia/odwodnienia

### Umieszczenie odpowietrzeń/ odwodnień ciąg dalszy

Podczas układania rurociągów na terenach o zróżnicowanej wysokości, mogą pojawić się miejscowe przegięcia w pionie rurociągów i powstanie przegłębień oraz wypłyceń.

W przypadku, kiedy pionowy spadek rurociągu przekracza wartość  $3^{\circ}$ , zaleca się zabudowanie w najwyższych i najniższych miejscach sekcji rur studzienek z armaturą do odpowietrzeń i odwodnień zgodnie z wymaganiami określonymi w normie PN-B-10405.

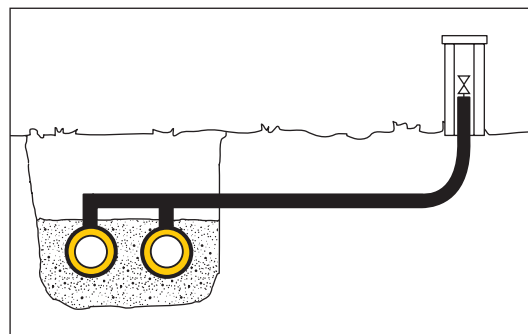
Doświadczenia z praktycznej eksploatacji rurociągów preizolowanych o średnicach do DN100 włącznie wykazują, że w przypadkach, kiedy długości odcinków rur nie przekraczają 200m i spadek  $3^{\circ}$  ( $3^{\circ}=5,2\%$ ) nie ma niebezpieczeństwa powstania kieszeni powietrznych. Możliwa jest rezygnacja ze stosowania odpowietrzeń.



### Odpowietrzenia w systemie rur giętkich

W systemie rur giętkich Flex i Flextra zaleca się armaturę do odpowietrzenia wyprowadzić do szafek w sąsiedztwie rurociągów.

W takim przypadku zaleca się armaturę znajdującą się w szafce zabezpieczyć przed przemarzaniem.



### Odniesienia

Katalog produktu	Armatura odcinająca	2.5
	Przedłużenie trzpienia	2.5.5
	Oddzielne odpowietrzenia/odwodnienia	2.7
	Narzędzia do preizolowanej armatury odcinającej	17.9
Montaż i eksploatacja	Armatura odcinająca i odpowietrzenia	8.2

## Punkty stałe

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie** Niniejszy rozdział Poradnika projektowania zawiera informacje i wskazówki związane ze stosowaniem w systemie rur preizolowanych LOGSTOR punktów stałych.

---

**Spis treści**

- 8.1.2 Preizolowane punkty stałe
- 8.1.4 Obliczenia rzeczywistych punktów stałych
- 8.1.8 Obliczenia wymiarów bloków betonowych punktów stałych
- 8.1.9 Obliczenia umownych punktów stałych

---

## Punkty stałe

### Preizolowane punkty stałe

#### Zastosowanie

W systemach rur preizolowanych stosowane są dwa typy punktów stałych: umowne punkty stałe i rzeczywiste punkty stałe (patrz str 1.1.11 Poradnika projektowania).

W zdecydowanej większości przypadków podziemne sieci ciepłne z rur preizolowanych można zaprojektować i wykonać bez konieczności stosowania rzeczywistych punktów stałych.

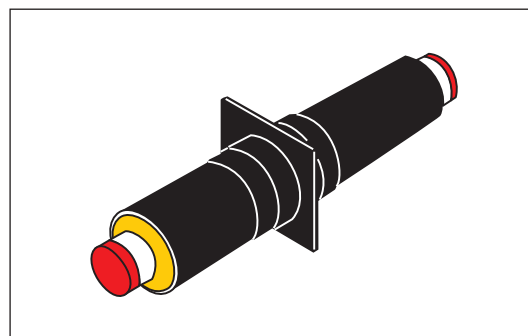
Siła tarcia która powstaje na skutek wydłużeń termicznych rur powoduje utworzenie umownych punktów stałych, które "mocują" rurociągi w gruncie i powodują, że możliwym staje się kontrolowanie przemieszczeń rur na załamaniach kompensacyjnych, trójnikach odgałęźnych, kompensatorach i przejściach przez przegrody budowlane.

Rzeczywiste punkty stałe montuje się na rurociągach w celu wyhamowania wydłużeń termicznych odcinków rur preizolowanych tam, gdzie nie ma możliwości zastosowania kompensacji kształtowej (połączenia sieci preizolowanej i kanałowej oraz na wejścia do budynków czy komór).

Należy mieć na uwadze, że siły osiowe występujące na rzeczywistych punktach stałych mogą mieć ekstremalnie duże wartości i przez to może pojawić się konieczność stosowania bardzo dużych bloków betonowych zapewniających to, że punkty stałe nie będą przemieszczać się w gruncie.

Należy nadmienić, że preizolowane punkty stałe LOGSTOR (Katalog Produktu str. 2.1.5) konstruowane są w taki sposób, aby mogły przenieść obciążenie osiowe czyli siły równoważne naprężeniom osiowym w rurach stalowych o wartości 150 MPa.

W przypadku gdy długości odcinków rur są większe niż długość  $L_{150}$  (długość instalacyjna dla naprężeń osiowych 150 MPa) należy zastosować metodę montażu z ograniczeniem naprężeń za pomocą załamania kompensacyjnych, podgrzewu wstępnego lub kompensatorów jednorazowych (patrz rozdz. 3).





## Wymiary bloków betonowych preizolowanych punktów stałych

### Wymagania odnośnie bloków betonowych

Wymiary bloków betonowych punktów stałych podane w tabeli poniżej zostały przyjęte przy następujących założeniach:

Wytrzymałość na ściskanie gruntu: 0.15 MPa

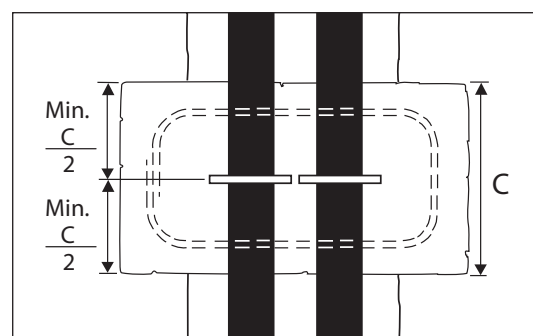
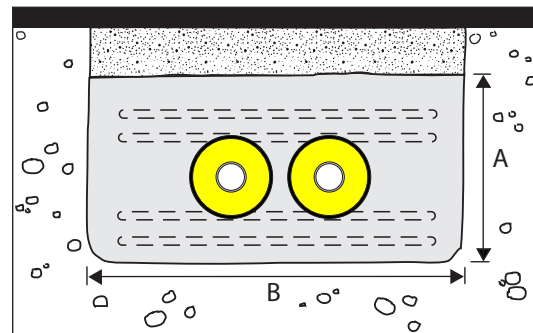
zbrojenie: spawalna stal żebrowana gatunku B 500

klasa betonu: klasa wytrzymałości na ściskanie betonu C20/25 wg PN-EN 206-1

obciążenie: blok obciążony jest jednostronnie pełną długością instalacyjną ( $\sigma=150$  MPa)

Wymiary bloków betonowych dla preizolowanych punktów stałych o dużych średnicach mogą mieć bardzo duże rozmiary.

Dlatego też LOGSTOR sugeruje dla rur o średnicach  $\geq$  DN350 wykonanie szczegółowych obliczeń sił osiowych i na podstawie wartości tych sił dobierać indywidualnie wymiary bloków betonowych (patrz str. 8.2.2).



### Wymiary bloków betonowych i prętów zbrojeniowych

Tabela obok podaje zalecane przez LOGSTOR wymiary bloków betonowych oraz ilość i średnice prętów zbrojeniowych.

rura stalowa ø zewn. mm	A m	B m	C m	pręty zbrojeniowe ø mm No.	Ø mm
26.9 / 33.7	0.45	0.8	0.75	4	8
42.4 / 48.3	0.50	1.0	0.75	6	8
60.3	0.60	1.2	0.75	6	8
76.1	0.80	1.1	0.75	4	12
88.9	0.80	1.5	0.75	4	12
114.3	0.80	2.1	0.75	4	12
139.7	1.00	2.1	0.75	4	12
168.3	1.10	2.5	0.75	6	12
219.1	1.30	3.2	0.85	6	12
273.0	1.50	3.8	1.10	6	16
323.9	1.70	4.5	1.30	4	20
355.6	1.80	4.7	1.20	4	20
406.3	2.00	5.4	1.40	6	20
457.0	2.10	5.8	1.50	6	20
508.0	2.30	5.9	1.60	8	20
558.8	2.40	6.3	1.60	8	20
609.6	2.60	7.1	1.90	8	20

### Odniesienia

Katalog produktu	Preizolowane punkty stałe	2.1.5
Poradnik projektowania	Wstęp	1.1.11
Montaż i eksploatacja	Montaż preizolowanych punktów stałych	4.3

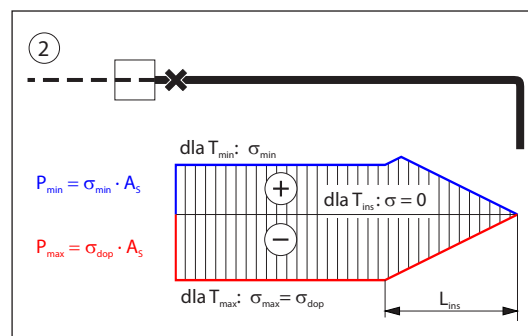
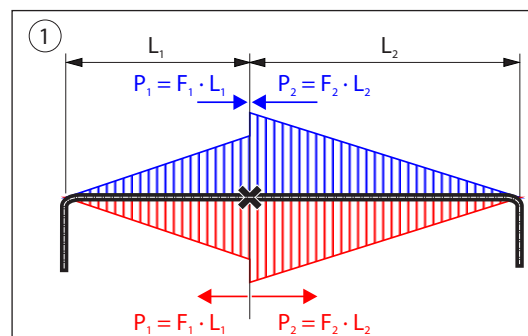
## Obliczenia sił działających na rzeczywiste punkty stałe

### Obliczenia sił działających na punkty stałe rzeczywiste

W celu obliczenia wymiarów betonowego bloku rzeczywistego punktu stałego należy określić siły osiowe działające na punkt stały, które pochodzą od rurociągów zasilającego i powrotnego. Wypadkowa siła działająca na rzeczywisty punkt stały powinna uwzględniać siły osiowe pochodzące od odcinków rurociągów znajdujących się z obu stron punktu stałego. Zgodnie z założeniami z rozdz. 1.8 (str. 1.8.2.1) Poradnika, do obliczeń sił działających na punkty stałe nie uwzględnia się wpływu ciśnienia wewnętrznego w rurach.

Wypadkową siłę działającą na rzeczywisty punkt stały określa się na dwa sposoby:

- dla rurociągów układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych poprzez sumowanie sił tarcia gruntu na odcinkach z obu stron punktu stałego. Ponieważ siły tarcia na rurociągu gorącym i zimnym mogą mieć inne wartości i zwroty, do obliczeń bloku oporowego przyjmuje się siłę o większej wartości bezwzględnej.
- dla ruociągów układanych z podgrzewem wstępnym lub z kompensatorami jednorazowymi wypadkowe siły obliczane są z naprężeń osiowych w miejscu zabudowy rzeczywistego punktu stałego. Ponieważ naprężenia osiowe w stanie gorącym i zimnym dla zasilania i powrotu mogą mieć różne wartości i zwroty, do obliczeń bloku oporowego przyjmuje się siłę o większej wartości bezwzględnej.



### Przykład 1 obliczenia sił dla rur układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków

Długość odcinków rur  $L_1 = 15 \text{ m}; L_2 = 55 \text{ m}$   
 Średnice rur  $\phi 139,7 \text{ mm}; \text{seria } 1$   
 Przykrycie gruntem rur  $H = 1,0 \text{ m}$   
 Max. temp. pracy zasilanie:  $T_z = 110^\circ\text{C}$   
 Max. temp. pracy powrót:  $T_p = 60^\circ\text{C}$   
 Temperatura montażu:  $T_{ins} = 10^\circ\text{C}$   
 Temp. gruntu:  $T_s = 5^\circ\text{C}$   
 ze względu na punkt stały:  $\sigma_{dop} = 150 \text{ MPa}$

Przyjmując, że z obu stron punktu stałego przykrycie rur i średnice są jednakowe, z tabeli na stronie 3.2.2.1 odczytujemy wartości:

$F_1 = F_2 = 4,16 \text{ kN/m}; A_s = 1539 \text{ mm}^2; L_{190} = 70 \text{ m};$

Ponieważ  $L_1$  i  $L_2 < L_r$ , w stanie gorącym siły i naprężenia działające na punkt stały wyniosą:

1 Zasilanie dla temperatury  $+110^\circ\text{C}$ :

$$P_{z1} = F \cdot L_1 = 4,16 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 62,4 \text{ kN}$$

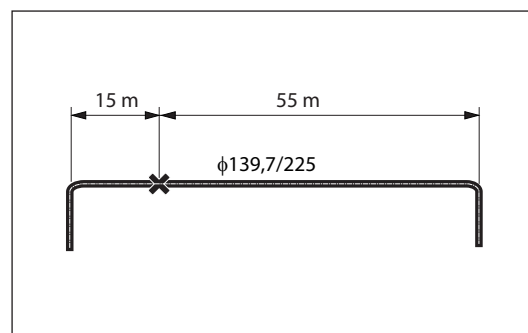
$$\sigma_{zmax1} = P_{z1} / A_s = 62,4 \text{ kN} / 1539 \text{ mm}^2 = 40,5 \text{ MPa}$$

$$P_{z2} = F \cdot L_2 = 4,16 \text{ kN/m} \cdot 55 \text{ m} = 228,8 \text{ kN};$$

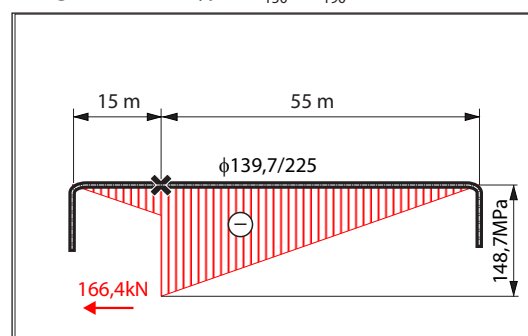
$$\sigma_{max2} = P_{z2} / A_s = 228,8 \text{ kN} / 1539 \text{ mm}^2 = 148,7 \text{ MPa}$$

Siła wypadkowa dla rury zasilającej w stanie gorącym w temperaturze  $T_z = 110^\circ\text{C}$  wynosi:

$$P_{z-110} = P_{z2} - P_{z1} = 228,8 \text{ kN} - 62,4 \text{ kN} = 166,4 \text{ kN}$$



długość instalacyjna  $L_{150} = L_{190} \cdot 150/190 = 55,3 \text{ m}$



## Obliczenia sił działających na rzeczywiste punkty stałe

**Przykład 1**  
obliczenia sił dla rur układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków ciąg dalszy

- 2 Dla rurociągu powrotnego dla  $T_{\max} = +60^{\circ}\text{C}$ , max. naprężenia ściskające osiowe wyniosą:

$$\sigma_{\text{Pmax}} = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot (60^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = 126 \text{ MPa}$$

a długość tarcia dla  $\Delta T = (T_p - T_{\text{ins}}) = 50^{\circ}\text{C}$ :

$$L_F = \frac{\sigma_{\text{max}} \cdot A_S}{F} = \frac{126 \text{ MPa} \cdot 1539 \text{ mm}^2}{4160 \text{ N}} = 46,6 \text{ m}$$

Ponieważ  $L_F > L_1$ , dla odcinka  $L_1$  otrzymamy:

$$P_{P1} = F \cdot L_1 = 4,16 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 62,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{Pmax1}} = P_1/A_S = 62,4 \text{ kN}/1539 \text{ mm}^2 = 40,5 \text{ MPa}$$

Z kolei dla odcinka  $L_2 > L_F$ :

$$\sigma_{\text{Pmax2}} = 126 \text{ MPa}$$

$$P_{P2} = \sigma_{\text{max}} \cdot A_S = 126 \text{ MPa} \cdot 1539 \text{ mm}^2 = 193,9 \text{ kN}$$

Siła wypadkowa dla rury powrotnej:

$$P_{P-60} = P_2 - P_1 = 193,9 \text{ kN} - 62,4 \text{ kN} = 131,5 \text{ kN}$$

Całkowita siła od obu rur działająca na punkt stały w stanie gorącym wyniesie:

$$P = P_{Z-110} + P_{P-60} = 166,4 \text{ kN} + 131,5 \text{ kN} = 297,9 \text{ kN}$$

- 3 Podczas ochładzania rurociągów, wartości naprężeń osiowych zmieniają się zgodnie ze wzorem:

$$\Delta\sigma = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot \Delta T$$

Maksymalna różnica między naprężeniami rozciągającymi w temperaturze minimalnej  $T_s = 5^{\circ}\text{C}$ , a naprężeniami ściskającymi w stanie gorącym w temperaturze  $T_{\max} = 110^{\circ}\text{C}$  może wynieść:

$$\Delta\sigma = E \cdot \alpha \cdot (T_{\max} - T_s) = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot 115^{\circ}\text{C} = 289,7 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń rozciągających nie może jednak przekroczyć wartości naprężeń wywołanych siłą tarcia podczas cofania się rur (rys. wyżej).

Dla zasilania po ochłodzeniu od  $T_z = 110^{\circ}\text{C}$  do  $T_s = +5^{\circ}\text{C}$ , maksymalna różnica naprężeń wynosi:

$$\Delta\sigma_z = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot (110^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}) = 264,6 \text{ MPa}$$

Dla odcinka  $L_1$  pojawią się siły i naprężenia rozciągające o wartościach:

$$P_{Z1} = F \cdot L_1 = 4,16 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 62,4 \text{ kN}; \quad \sigma_{Z\text{min1}} = P_1/A_S = 62,4 \text{ kN}/1539 \text{ mm}^2 = 40,5 \text{ MPa}$$

Dla odcinka  $L_2$  pojawią się naprężenia rozciągające i siły o wartościach:

$$\sigma_{Z\text{min2}} = \Delta\sigma_z - \sigma_{Z\text{max2}} = 264,6 - 148,7 = 115,9 \text{ MPa} \quad P_{Z2} = \sigma_{\text{min2}} \cdot A_S = 115,9 \text{ MPa} \cdot 1539 \text{ mm}^2 = 178,4 \text{ kN}$$

Siła wypadkowa dla rury zasilającej w stanie zimnym dla  $T_s = +5^{\circ}\text{C}$  wynosi:

$$P_{Z-5} = P_{Z2} - P_{Z1} = 178,4 \text{ kN} - 62,4 \text{ kN} = 116 \text{ kN}$$

siła ta ma zwrot przeciwny do siły w stanie gorącym.

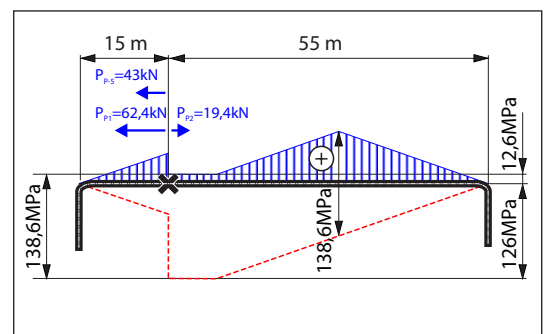
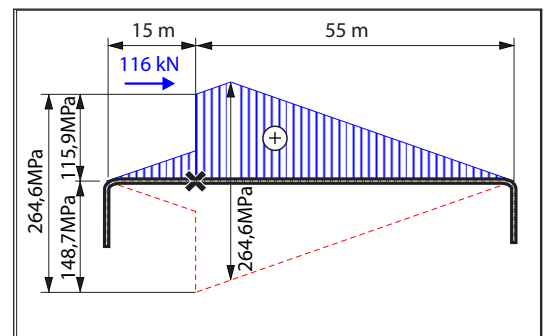
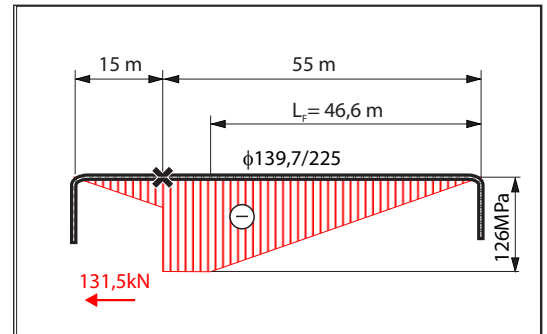
- 4 Dla powrotu po ochłodzeniu od  $T_p = 60^{\circ}\text{C}$  do temperatury gruntu  $T_s = 5^{\circ}\text{C}$ , maksymalna różnica pomiędzy naprężeniami  $\sigma_{\text{max}}$  w stanie gorącym a  $\sigma_{\text{min}}$  zimnym wynosi:

$$\Delta\sigma_p = 2,52 \text{ MPa}/^{\circ}\text{C} \cdot (60^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}) = 138,6 \text{ MPa}$$

Dla odcinka  $L_1$  pojawią się siły i naprężenia rozciągające o wartościach:

$$P_{P1} = F \cdot L_1 = 4,16 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 62,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{Pmin1}} = P_1/A_S = 62,4 \text{ kN}/1539 \text{ mm}^2 = 40,5 \text{ MPa}$$



## Obliczenia sił działających na rzeczywiste punkty stałe

### Przykład 1 obliczenia sił dla rur układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków ciąg dalszy

Dla odcinka  $L_2$  pojawią się naprężenia rozciągające i siła o wartościach:

$$\sigma_{pmin2} = \Delta\sigma_p - \sigma_{pmax2} = 138,6 - 126 = 12,6 \text{ MPa} \quad P_{p2} = \sigma_{pmin2} \cdot A_s = 12,6 \text{ MPa} \cdot 1539 \text{ mm}^2 = 19,4 \text{ kN}$$

Siła wypadkowa dla rury powrotnej w stanie zimnym dla  $T_s = +5^\circ\text{C}$  wynosi:

$$P_{p-5} = P_{p2} - P_{p1} = 19,4 \text{ kN} - 62,4 \text{ kN} = -43 \text{ kN}$$

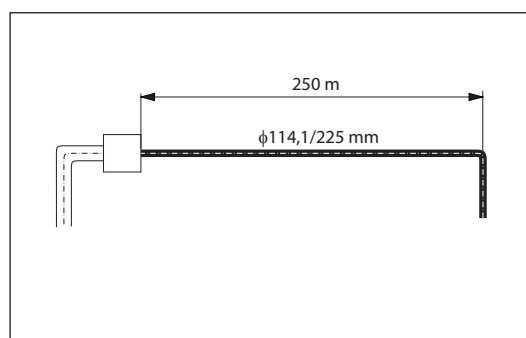
Całkowita siła od obu rur działająca na punkt stały w stanie zimnym w  $T_s = 5^\circ\text{C}$  wyniesie:

$$P = P_{z-5} + P_{p-5} = 116 \text{ kN} - 43 \text{ kN} = 73 \text{ kN}$$

Ponieważ wartość bezwzględna siły osiowej w stanie gorącym jest większa, zatem do obliczeń powierzchni oporowej bloku betonowego należy przyjąć siłę o wartości  $P = 297,9 \text{ kN}$ .

### Przykład 2 obliczenia sił dla rur układanych z podgrzewem wstępnym

Długość odcinka rur  $L = 250 \text{ m}$ ;  
Średnice rur  $\phi 114,3 \text{ mm}$ ; seria 2  
Przykrycie gruntem rur  $H = 0,8 \text{ m}$   
Max. temp. pracy zasilanie:  $T_z = 125^\circ\text{C}$   
Max. temp. pracy powrót:  $T_p = 70^\circ\text{C}$   
Temp. gruntu:  $T_s = 10^\circ\text{C}$   
Dopuszczalne naprężenia osiowe  $\sigma_{dop} = 150 \text{ MPa}$   
W komorze łączącej z siecią kanałową znajduje się kanałowy punkt stały oraz odgałęzienia.



Dla podanych parametrów z tabeli na stronie 3.2.2.2 odczytujemy wartości:

$$F = 3,35 \text{ kN/m}; \quad A_s = 1252 \text{ mm}^2; \quad L_{190} = 78 \text{ m}$$

Długość instalacyjną dla naprężeń osiowych  $\sigma_{dop} = 150 \text{ MPa}$  obliczamy zgodnie z zasadami 3.2.1.2:

$$L_{150} = L_{190} \cdot \sigma_{dop} / \sigma_{190} = 78 \text{ m} \cdot 150 \text{ MPa} / 190 \text{ MPa} = 61,6 \text{ m}$$

Ponieważ długość odcinka rurociągu  $L = 250 \text{ m} > L_{150}$ , zdecydowano się zastosować:

- podgrzew wstępny w otwartym wykopie (ograniczenie naprężeń osiowych do  $\sigma_{dop} = 150 \text{ MPa}$ )
- preizolowany punkt stały w odległości 4,0 m od komory (w celu ograniczenia przemieszczeń w komorze i odciążenia konstrukcji istniejącego punktu stałego).

Temperaturę podgrzewu wstępnego można obliczyć zgodnie z wytycznymi str. 3.3.1.2:

$$T_{pod} = T_{max} - \frac{\sigma_{dop}}{E \cdot \alpha} = 125^\circ\text{C} - \frac{150 \text{ MPa}}{2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C}} = 65,5^\circ\text{C}$$

Do praktycznego wykonania podgrzewu wstępnego przyjęto temperaturę  $T_{pod} = 66^\circ\text{C}$ .

Po podgrzaniu rur w otwartym wykopie do  $T_{pod}$ , zasypaniu wykopów i dalszym grzaniu do temperatury pracy  $T_{max}$ , max. naprężenia osiowe ściskające w rurociągach w stanie gorącym (patrz rys. obok) wyniosą odpowiednio:

dla rurociągu zasilającego:  $\sigma_{Zmax} = 2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C} \cdot (125^\circ\text{C} - 66^\circ\text{C}) = 148,7 \text{ MPa}$

dla rurociągu powrotnego:  $\sigma_{Pmax} = 2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C} \cdot (70^\circ\text{C} - 66^\circ\text{C}) = 10,1 \text{ MPa}$

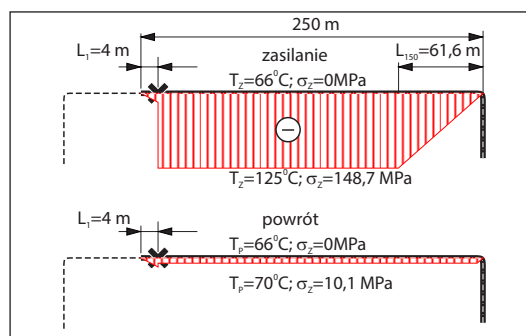
Siły działające na punkt stały w stanie gorącym:

- zasilanie dla  $T_z = 125^\circ\text{C}$ :  $P_{z-125} = \sigma_{Zmax} \cdot A_s - F \cdot L_1 \cdot A_s = 186,2 \text{ kN} - 13,4 \text{ kN} = 172,8 \text{ kN}$

- powrót dla  $T_p = 70^\circ\text{C}$ :  $P_{p-70} = \sigma_{Pmax} \cdot A_s - F \cdot L_1 \cdot A_s = 10,1 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2 - 13,4 \text{ kN} = -0,8 \text{ kN}$

Całkowita siła od obu rur działająca na punkt stały w stanie gorącym wyniesie:

$$P = P_{z-125} + P_{p-70} = 172,8 \text{ kN} - 0,8 \text{ kN} = 172 \text{ kN}$$



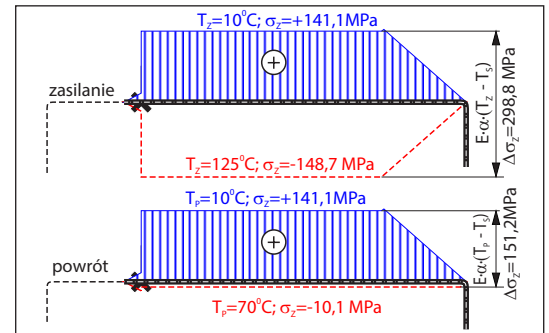
## Obliczenia sił działających na rzeczywiste punkty stałe

### Przykład 2 obliczenia sił dla rur układanych z podgrzewem wstępnym ciąg dalszy

Podczas ochładzania rurociągów, wartości naprężeń osiowych zmieniają się zgodnie ze wzorem:

$$\Delta\sigma = 2,52 \text{ MPa/}^{\circ}\text{C} \cdot \Delta T$$

Maksymalna różnica między naprężeniami rozciągającymi w temperaturze minimalnej  $T_s$ , a naprężeniami ściskającymi w stanie gorącym w temperaturze  $T_{\text{max}}$  może wynieść:



W stanie zimnym, po ochłodzeniu do temperatury  $T_s = 10^{\circ}\text{C}$ , w rurociągach pojawią się naprężenia rozciągające o wartości:

- zasilanie:  $\sigma_{z_{\text{min}}} = 2,52 \text{ MPa/}^{\circ}\text{C} \cdot (T_z - T_s) - \sigma_{z_{\text{max}}} = 289,8 \text{ MPa} - 148,7 \text{ MPa} = 141,1 \text{ MPa}$
- powrót:  $\sigma_{p_{\text{min}}} = 2,52 \text{ MPa/}^{\circ}\text{C} \cdot (T_p - T_s) - \sigma_{p_{\text{max}}} = 151,2 \text{ MPa} - 10,1 \text{ MPa} = 141,1 \text{ MPa}$

Siły działające na punkt stały dla zimnych rur w temperaturze  $T_s = 10^{\circ}\text{C}$  będą miały wartości:

- zasilanie:  $P_{z-10} = \sigma_{z_{\text{min}}} \cdot A_s - F \cdot L_1 = 141,1 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2 - 13,4 \text{ kN} = 163,3 \text{ kN}$
- powrót:  $P_{p-10} = \sigma_{p_{\text{min}}} \cdot A_s - F \cdot L_1 = 141,1 \text{ MPa} \cdot 1252 \text{ mm}^2 - 13,4 \text{ kN} = 163,3 \text{ kN}$

Całkowita siła od obu rur działająca na punkt stały w stanie zimnym w  $T_s = 10^{\circ}\text{C}$  wyniesie:

$$P = P_{z-10} + P_{p-10} = 163,3 \text{ kN} + 163,3 \text{ kN} = 326,6 \text{ kN}$$

Ponieważ wartość bezwzględna siły osiowej w stanie zimnym jest większa od siły w stanie gorącym, zatem do obliczeń powierzchni oporowej bloku betonowego należy przyjąć siłę o wartości  $P = 326,6 \text{ kN}$ .

## Obliczenia wymiarów bloków betonowych punktów stałych

### Obliczenia powierzchni bloków oporowych rzeczywistych punktów stałych

Do obliczeń wymiarów bloku betonowego rzeczywistego punktu stałego w technologii LOGSTOR przyjęto uproszczony model polegający na założeniu, że cała siła osiowa pochodząca od rur jest zatrzymana przez czołową powierzchnię bloku betonowego zapartą w gruncie.

Siły tarcia gruntu na powierzchniach bocznych bloku betonowego są pomijane w obliczeniach.

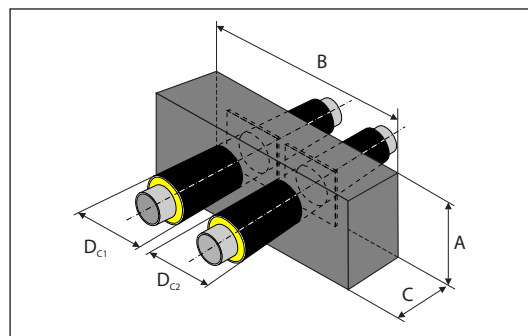
Zgodnie z wytycznymi ze strony 8.2.0.1 przy założeniu, że stopień zagęszczenia gruntu (wskaźnik Proktora) wynosi  $I_s \geq 0,98$  można przyjąć, że wytrzymałość gruntu na ściskanie wynosi 0.15 MPa.

Powierzchnia bloku betonowego (po odjęciu obszaru wyciętego przez osłony PEHD wynosi::

$$S = A \cdot B = \frac{0,75 \cdot (P_z + P_p)}{\sigma_s} + \frac{\pi}{4} \cdot (D_{C1}^2 + D_{C2}^2)$$

gdzie:

- A szerokość bloku betonowego
- B wysokość bloku betonowego
- 0,75 empiryczny współczynnik korekcyjny
- $P_z + P_p$  max. wartość sumy sił od zasilania i powrotu w stanie gorącym lub zimnym
- $D_{C1}$  średnica osłony PEHD rury zasilającej
- $D_{C2}$  średnica osłony PEHD rury powrotnej
- $\sigma_s$  wytrzymałość gruntu na ściskanie (przyjmowana 0,15 MPa)



### Przykład 3 obliczenia powierzchni bloku dla rur układanych z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków

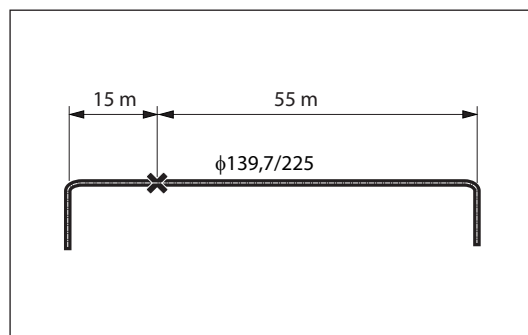
Rurociąg o geometrii i parametrach jak w przykładzie 1 str. 8.2.1.1  $\phi 139,7/225$  mm.

Zgodnie z obliczeniami strony 8.2.1.2 ÷ 8.2.1.3 maksymalna siła osiowa od obu rur działająca na blok betonowy punktu stałego występuje w stanie gorącym i wynosi  $P = 297,9$  kN.

Minimalna czołowa powierzchnia oporowa bloku betonowego  $A \cdot B$  powinna wynosić:

$$S = \frac{0,75 \cdot P}{\sigma_s} + \frac{\pi}{4} \cdot (D_{C1}^2 + D_{C2}^2)$$

$$S = \frac{0,75 \cdot 297700 \text{ N}}{0,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{3,14}{4} \cdot 2 \cdot (225 \text{ mm})^2 = 1,57 \text{ m}^2$$



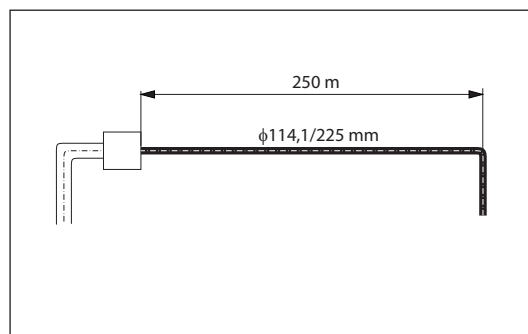
### Przykład 4 obliczenia powierzchni bloku dla rur układanych z podgrzewem wstępnym

Rurociąg o geometrii i parametrach jak podano w przykładzie 2 str. 8.2.1.3  $\phi 114,3/225$  mm.

Zgodnie z obliczeniami strony 8.2.1.3 ÷ 8.2.1.4 maksymalna siła osiowa od obu rur działająca na blok betonowy punktu stałego występuje w stanie zimnym i wynosi  $P = 326,6$  kN.

Minimalna czołowa powierzchnia oporowa bloku betonowego  $A \cdot B$  powinna wynosić:

$$S = \frac{0,75 \cdot P}{\sigma_s} + \frac{\pi}{4} \cdot (D_{C1}^2 + D_{C2}^2) = \frac{0,75 \cdot 326600 \text{ N}}{0,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{3,14}{4} \cdot 2 \cdot (225 \text{ mm})^2 = 1,71 \text{ m}^2$$



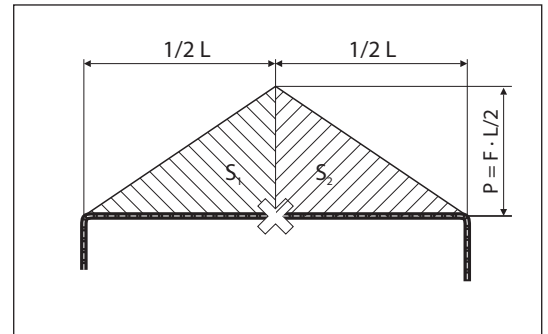
## Obliczenia umownych punktów stałych przy zmianach średnic

### Obliczenie umownych punktów stałych

Dla sekcji rur układanych metodą z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych, przyjmuje się, że umowne punkty stałe powstają w miejscach, gdzie występuje równowaga sił tarcia wywołanych przemieszczaniem się rur w kierunku sąsiednich łuków kompensacyjnych lub kompensatorów osiowych.

W przypadku, gdy średnice rur i przykrycie gruntem do wierzchu płaszcza PEHD są stałe można przyjąć uproszczenie, że umowne punkty stałe powstaną na środku odcinka rurociągu (str. 1.8.2.2 Poradnika).

Jeżeli występują zmiany średnic rur, grubości warstwy gruntu nad rurociągami lub układanie fragmentów rurociągów w rurach osłonowych czy kanałach przełazowych, położenie punktów stałych określa się indywidualnie.



### Przykład 5 obliczenia umownego punktu stałego dla rur ze zmianą średnic w stanie gorącym dla temperatury $T_{max}$

Średnice, długości rur oraz parametry pracy:

-  $\phi 273,0/400$  mm  $L_1 = 55$  m  $H_1 = 0,8$  m

-  $\phi 168,3/250$  mm  $L_2 = 100$  m  $H_2 = 0,9$  m

Max. temp. pracy:  $T_{max} = 120^\circ\text{C}$

Temperatura montażu:  $T_{ins} = 10^\circ\text{C}$

Temperatura gruntu:  $T_s = 5^\circ\text{C}$

Z tabeli na stronie 3.2.2.1 odczytamy wartości:

1.  $A_{S1} = 4210$  mm<sup>2</sup>;  $F_1 = 6,37$  kN/m;  $L_{190} = 126$  m

2.  $A_{S2} = 2065$  mm<sup>2</sup>;  $F_2 = 4,23$  kN/m;  $L_{190} = 93,5$  m

Długości tarcia  $L_f$  dla rurociągów wyniosą:

$$L_f = \frac{\sigma_{max} \cdot A_s}{F}$$

$$\text{dla } \phi 273/400 \text{ mm: } L_{f1} = \frac{2,52 \text{ MPa} \cdot 4210 \text{ mm}^2}{6370 \text{ N/m}} = 163,2 \text{ m}$$

$$\text{dla } \phi 168,3/250 \text{ mm: } L_{f2} = \frac{2,52 \text{ MPa} \cdot 2065 \text{ mm}^2}{4230 \text{ N/m}} = 123,3 \text{ m}$$

Dla obu średnic rur długości tarcia dla zasilania są większe niż  $L_1$  i  $L_2$ , zatem położenie umownego punktu stałego dla  $T_{max} = 120^\circ\text{C}$  określa się wychodząc z równania równowagi osiowych sił:

$$P_1 = P_2 = L_1 \cdot F_1 + X \cdot F_2 = (L_2 - X) \cdot F_2$$

$$X = \frac{1}{2} \cdot \left( L_2 - L_1 \cdot \frac{F_1}{F_2} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left( 100 \text{ m} - 55 \text{ m} \cdot \frac{6,37 \text{ kN}}{4,23 \text{ kN}} \right) = 8,6 \text{ m}$$

Podczas uruchomienia rurociągu, umowny punkt stały powstanie w odległości 91,4 m od łuku  $Z_2$ .

Rozkład naprężeń osiowych ściskających w stanie gorącym w  $T_{max} = 120^\circ\text{C}$  wynosi:

- na zwężce od strony rury  $\phi 273,0/400$  mm:

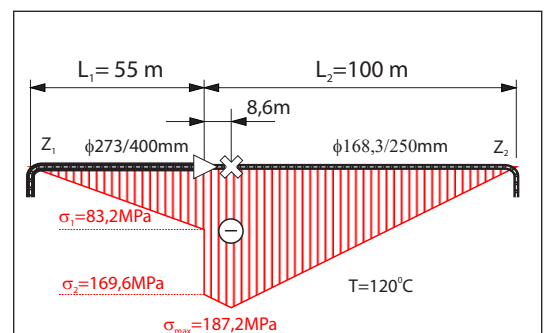
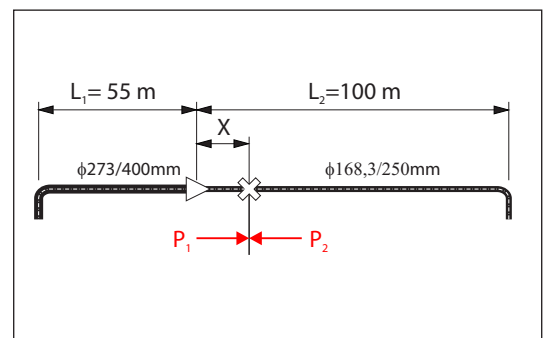
$$\sigma_1 = \frac{F_1 \cdot L_1}{A_{S1}} = \frac{6370 \text{ N/m} \cdot 55 \text{ m}}{4210 \text{ mm}^2} = 83,2 \text{ MPa}$$

- na zwężce od strony rury  $\phi 168,3/250$  mm:

$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \frac{A_{S1}}{A_{S2}} = 83,2 \text{ MPa} \cdot \frac{4210 \text{ mm}^2}{2065 \text{ mm}^2} = 169,6 \text{ MPa}$$

- w umownym punkcie stałym:

$$\sigma_{max} = \frac{F_2 \cdot (L_2 - X)}{A_{S2}} = \frac{4230 \text{ N/m} \cdot 91,4 \text{ m}}{2065 \text{ mm}^2} = 187,2 \text{ MPa}$$



## Obliczenia umownych punktów stałych przy zmianach średnic

**Przykład 5**  
obliczenia umownego punktu stałego dla rur ze zmianą średnic w stanie gorącym dla  $T_{\max}$  ciąg dalszy

Odległości od umownego punktu stałego do łuków kompensacyjnych przyjmowane są od obliczeń wydłużeń pierwotnych rurociągu podczas jego uruchomienia i służą go określenia grubości poduszek kompensacyjnych na załamaniach rurociągów.

W rozpatrywanym przypadku do obliczenia wydłużeń pierwotnych na łuku  $Z_1$  przyjmujemy:

$$L = 55 \text{ m} + 8,6 \text{ m} = 63,6 \text{ m} \quad \text{oraz } \Delta T = 120^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 110^\circ\text{C}$$

do obliczenia wydłużeń pierwotnych na łuku  $Z_2$  przyjmujemy:

$$L = 100 \text{ m} - 8,6 \text{ m} = 91,4 \text{ m} \quad \text{oraz } \Delta T = 120^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 110^\circ\text{C}$$

**Przykład 5**  
obliczenia umownego punktu stałego dla rur ze zmianą średnic w stanie zimnym dla  $T_{\min} = T_s$

Podczas ochładzania rurociągu krzywa naprężeń przemieszcza się równoległe do góry względem pionowej osi wykresu.

- maksymalna różnica pomiędzy naprężeniami rozciągającymi w temperaturze  $T_s = 5^\circ\text{C}$ , a ściskającymi w  $T_{\max} = 120^\circ\text{C}$  może wynieść:

$$\Delta\sigma = 2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C} \cdot (T_{\max} - T_s) = 289,8 \text{ MPa}$$

- na zwężce od strony  $Z_2$  (rura  $\phi 168,3/250 \text{ mm}$ ) naprężenia rozciągające wyniosą:

$$\sigma_2 = -169,6 \text{ MPa} + 289,8 \text{ MPa} = +120,2 \text{ MPa}$$

- na zwężce od strony  $Z_1$  (rura  $\phi 273,0/400 \text{ mm}$ ) naprężenia rozciągające wyniosą:

$$\sigma_1 = \sigma_2 \cdot A_{s2}/A_{s1} = +120,2 \text{ MPa} \cdot 2065 \text{ mm}^2 / 4210 \text{ mm}^2 = 59 \text{ MPa}$$

W każdym miejscu rurociągu naprężenia rozciągające są również ograniczone wartością zależną od siły tarcia podczas cofania się rur, zatem rozkład naprężeń w stanie zimnym w temperaturze  $T_{\min} = T_s = 5^\circ\text{C}$  będzie wyglądał jak na rys. wyżej.

Po ochłodzeniu na rurociągu  $\phi 168,3/250 \text{ mm}$  powstanie drugi umowny punkt stały w odległości  $L$  od łuku kompensacyjnego  $Z_2$ , którą można obliczyć za pomocą wzoru:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta\sigma \cdot A_s}{F}$$

$$L = \frac{2,52 \text{ MPa}/^\circ\text{C} \cdot (120^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \cdot 2065 \text{ mm}^2}{2 \cdot 4230 \text{ N/m}} = 70,7 \text{ m}$$

Odległości od umownych punktów stałych do łuków kompensacyjnych przyjmowane są od obliczeń wydłużeń wtórnych rur podczas ochładzania i kolejnych cykli grzania - chłodzenia.

Można je zastosować do określenia grubości poduszek kompensacyjnych na załamaniach i trójnikach rurociągów w przypadku, kiedy przy pierwszym uruchomieniu rurociągów łuki kompensacyjne nie są zasypane gruntem.

W rozpatrywanym przypadku do obliczenia wydłużeń wtórnych na łuku  $Z_1$  przyjmujemy:

$$L = 63,6 \text{ m} \quad \text{oraz } \Delta T = 70^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C}$$

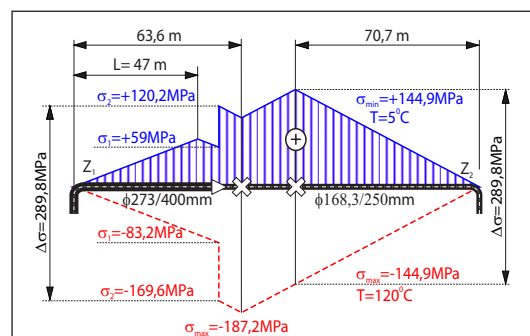
do obliczenia wydłużeń wtórnych na łuku  $Z_2$  przyjmujemy:

$$L = 70,7 \text{ m} \quad \text{oraz } \Delta T = 70^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C}$$

Należy nadmienić, że dla typowych zastosowań wystarczającym jest przyjęcie położenia umownych punktów stałych tak, jak obliczone dla wydłużeń pierwotnych podczas pierwszego uruchomienia rurociągów.

Analizę położenia umownych punktów stałych podczas ochładzania rur i dla wydłużeń wtórnych z uwagi na skomplikowany model i czasochłonność obliczeń można wziąć pod rozwagę w przypadkach kiedy dla wydłużeń pierwotnych zachodzi konieczność zastosowania poduszek kompensacyjnych o grubości większej niż 120 mm.

W takich przypadkach prosimy o kontakt z LOGSTOR.





## Obliczenia umownych punktów stałych przy zmianach przykrycia rur

### Obliczenie umownych punktów stałych przy zmiennym przykryciu rur

Dla sekcji rur układanych metodą z ograniczeniem naprężeń za pomocą łuków kompensacyjnych wszędzie tam, gdzie występują zmienne grubości zasypki nad rurociągiem, umowne punkty stałe nie powstaną w środku sekcji rurociągów.

W przypadku zmiennego przykrycia rur jednostkowe siły tarcia gruntu  $F$  są zmienne. Należy wtedy określić zależność pomiędzy jednostkową siłą tarcia a jej położeniem. W przypadku zmiany liniowej jak na rys obok zależność tą można określić za pomocą wzoru jak niżej:

$$F(X) = \frac{F_2 - F_1}{L} \cdot X + F_1$$

Wartość siły tarcia gruntu o płaszczyznę rury w dowolnym punkcie rurociągu jest iloczynem jednostkowej siły tarcia w tym punkcie i jego odległości od swobodnego końca rury:

$$P(X) = F(X) \cdot X$$

Wartości tej siły będą zerowe na końcach odcinka  $L$ , a wartość maksymalna wystąpi w umownym punkcie stałym (rys obok).

Umowny punkt stały powstanie w miejscu równowagi sumarycznych sił tarcia czyli tam, gdzie pola powierzchni pod krzywą zmiany siły tarcia są równe:  $S_1 = S_2$  gdzie:

$$S_1 = \int_0^{L_1} F(X) dx; \quad S_2 = \int_{L_1}^L F(X) dx$$

Rozwiązaniem jest funkcja kwadratowa z dwoma miejscami zerowymi z których jedno określa położenie umownego punktu stałego.

W przypadku kiedy  $F_1 \neq F_2$ , niezależnie czy  $F_1 > F_2$  lub  $F_2 > F_1$ , położenie umownego punktu stałego określa się za pomocą wzoru:

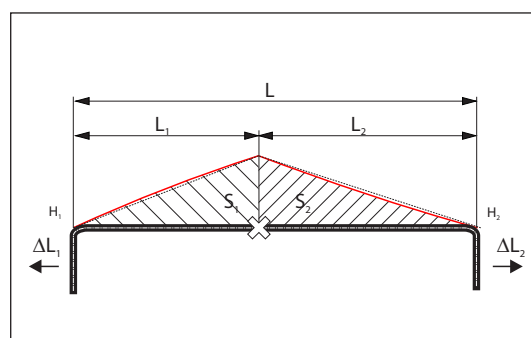
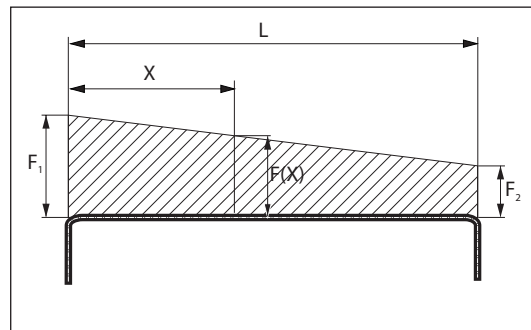
$$L_1 = L \cdot \frac{F_1 - \sqrt{0,5 \cdot (F_1^2 + F_2^2)}}{F_1 - F_2}; \quad L_2 = L - L_1$$

gdzie  $F_1, F_2$  jednostkowe siły tarcia obliczone zgodnie z rozdz. 1.8 Poradnika projektowania lub odczytane ze str. 3.2.2.1÷3.2.2.2 dla danej średnicy i przykrycia rur.

Wydłużenia na końcach odcinka  $L$  obliczyć można za pomocą wzorów jak niżej:

$$\Delta L_1 = \left[ \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_1 \cdot L_1}{2 \cdot A_s \cdot E} + \frac{(F_1 - F_2) \cdot L_1^2}{3 \cdot A_s \cdot E \cdot L} \right] \cdot L_1$$

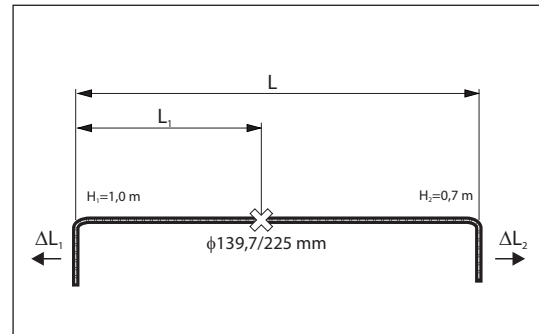
$$\Delta L_2 = \left[ \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_1 \cdot L_2}{2 \cdot A_s \cdot E} - \frac{(F_1 - F_2) \cdot L_1^2}{3 \cdot A_s \cdot E \cdot L} \right] \cdot L_2$$



## Obliczenia umownych punktów stałych przy zmianach przykrycia rur

### Przykład 6 obliczenia umownego punktu stałego dla zmiennego przykrycia rur

Długość odcinka rur	$L = 70 \text{ m}$
Średnica rur	$\phi 139,7 \text{ mm}$ ; seria 1
Przykrycie gruntem rur	$H_1 = 1,0 \text{ m}$ $H_2 = 0,7 \text{ m}$
Max. temp. pracy:	$T_{\max} = 120^\circ\text{C}$
Temperatura montażu:	$T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$
Temp. gruntu:	$T_s = 5^\circ\text{C}$
naprężenia dopuszczalne:	$\sigma_{\text{dop}} = 190 \text{ MPa}$



Dla  $\phi 139,7/225 \text{ mm}$  z tabeli na stronie 3.2.2.1 odczytujemy:

- jednostkowa siła tarcia na początku odcinka  $F_1 = 4,16 \text{ kN/m}$     długość instalacyjna  $L_{190} = 70 \text{ m}$
- jednostkowa siła tarcia na końcu odcinka  $F_2 = 2,985 \text{ kN/m}$ ;    długość instalacyjna  $L_{190} = 100 \text{ m}$
- Pole przekroju rury stalowej  $A_s = 1539 \text{ mm}^2$

Położenie umownego punktu stałego oraz wydłużenia na końcach obliczymy wzorami niżej:

$$L_1 = L \cdot \frac{F_1 - \sqrt{0,5 \cdot (F_1^2 + F_2^2)}}{F_1 - F_2} = 70 \cdot \frac{4,16 \text{ kN/m} - \sqrt{0,5 \cdot ((4,16 \text{ kN/m})^2 + (2,985 \text{ kN/m})^2)}}{4,16 \text{ kN/m} - 2,985 \text{ kN/m}} = 32,1 \text{ m}; \quad L_2 = 70 \text{ m} - 32,1 \text{ m} = 37,9 \text{ m}$$

$$\Delta L_1 = \left[ \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_1 \cdot L_1}{2 \cdot A_s \cdot E} + \frac{(F_1 - F_2) \cdot L_1^2}{3 \cdot A_s \cdot E \cdot L} \right] \cdot L_1$$

$$\Delta L_1 = \left[ 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } / \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (120^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) - \frac{4160 \text{ N/m} \cdot 32,1 \text{ m}}{2 \cdot 1539 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}} + \frac{(4,16 \text{ kN/m} - 2,985 \text{ kN/m}) \cdot (32,1 \text{ m})^2}{3 \cdot 1539 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa} \cdot 70 \text{ m}} \right] \cdot 32,1 \text{ m} = 42,4 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = \left[ \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_1 \cdot L_2}{2 \cdot A_s \cdot E} - \frac{(F_1 - F_2) \cdot L_1^2}{3 \cdot A_s \cdot E \cdot L} \right] \cdot L_2$$

$$\Delta L_2 = \left[ 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } / \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (120^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) - \frac{4160 \text{ N/m} \cdot 37,9 \text{ m}}{2 \cdot 1539 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}} - \frac{(4,16 \text{ kN/m} - 2,985 \text{ kN/m}) \cdot (32,1 \text{ m})^2}{3 \cdot 1539 \text{ mm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa} \cdot 70 \text{ m}} \right] \cdot 37,9 \text{ m} = 50,0 \text{ mm}$$

Maksymalna siła ściskająca w punkcie stałym w stanie gorącym w temperaturze  $T_{\max}$  wynosi:

$$F(L_1) = \frac{F_2 - F_1}{L} \cdot L_1 + F_1$$

$$F(L_1) = \frac{2,985 \text{ kN/m} - 4,16 \text{ kN/m}}{70 \text{ m}} \cdot 32,1 \text{ m} + 2,985 \text{ kN/m} = 3,62 \text{ kN/m}$$

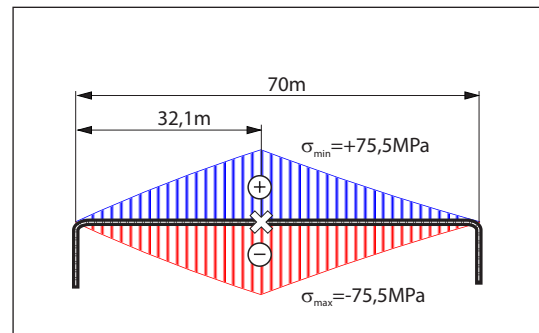
$$F_{\max} = F(L_1) \cdot L_1 = 3,62 \text{ kN/m} \cdot 32,1 \text{ m} = 116,2 \text{ kN}$$

Maksymalne osiowe naprężenia ściskające w umownym punkcie stałym w stanie gorącym w  $T_{\max} = 120^\circ\text{C}$  będą miały wartość:

$$\sigma_{\max} = F_{\max} / A_s = 116,2 \text{ kN} / 1539 \text{ mm}^2 = 75,5 \text{ MPa}$$

Ponieważ odcinek  $L$  jest stosunkowo krótki, zatem wartość naprężeń rozciągających w stanie zimnym w temperaturze  $T_s = 5^\circ\text{C}$  zależą wyłącznie od siły tarcia podczas cofania się rurociągu.

Wartości i rozkład naprężeń rozciągających będą symetrycznym odbiciem naprężeń rozciągających (rys. obok).



## Zakończenia

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie**      Poniższy rozdział zawiera wytyczne LOGSTOR dotyczące zasad projektowania tzw. zakończeń w systemie rur preizolowanych czyli przejść przez ściany komór, budynków czy kanałów betonowych, końcówek termokurczliwych, rur zakończeniowych i muf końcowych.

---

**Spis treści**

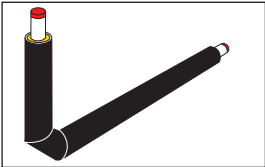
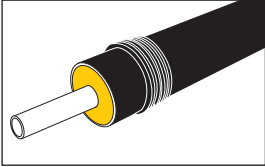
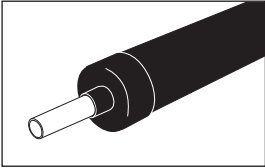
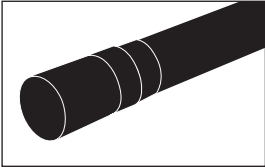
- 9.1.2    Wymagania ogólne
- 9.1.3    Rury wejściowe
- 9.1.4    Pierścienie uszczelniające
- 9.1.6    Końcówki termokurczliwe
- 9.1.7    Mufy końcowe

---

## Zakończenia

### Informacje ogólne

---

Rodzaje zakończeń	Rodzaj zakończenia:	Zastosowanie:	Rysunek:
	Rura wejściowa	pionowe przejścia przez posadzki w niepodpiwniczonych budynkach	
	Pierścienie uszczelniające	do zabezpieczenia przejść przez ściany przed penetracją wody gruntowej	
	Końcówki termokurczliwe	zabezpieczenie izolacji PUR przed penetracją wilgoci w komorach oraz suchych pomieszczeniach	
	Mufa końcowa	zabezpieczenie końców rurociągów preizolowanych umieszczonych bezpośrednio w gruncie	

---

## Zakończenia Rury wejściowe

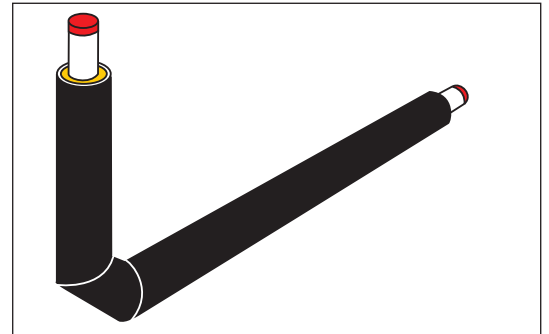
---

### Zastosowanie

Preizolowane rury wejściowe stosowane są do wykonania pionowych wejść do niepodpiwniczonych budynków.

Zastosowanie rur wejściowych powinno uwzględniać przesunięcia osiowe rur.

Z uwagi wysokości pionowych ramion łuku rury wejściowej (odległość od kolana do przejścia przez posadzkę), zaleca się aby osiowe przesunięcia rury wejściowej były możliwie małe.



## Zakończenia

### Pierścienie uszczelniające

#### Zastosowanie

Gumowe pierścienie uszczelniające stosowane są do uszczelnienia poziomych przejść rur preizolowanych przez ścian budynków, komór i kanałów betonowych.

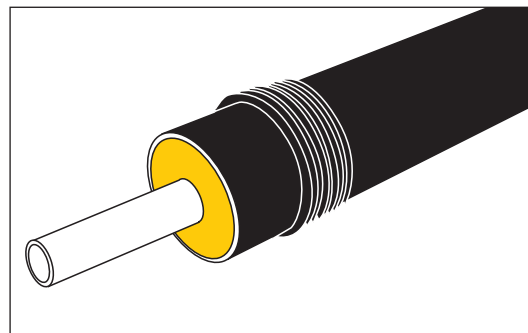
Pierścienie uszczelniające umożliwiają osiowe przemieszczenia rur w przejściach przez przegrody budowlane.

Nie stanowią jednak 100% zabezpieczenia wodoszczelnego w przypadku występowania poziomej wody gruntowej powyżej rur.

W przypadku długotrwałego występowania wysokiego poziomu wody gruntowej zaleca się stosowanie innych przejść wodo/gazoszczelnych:

- ciśnieniowych w postaci łańcuchów gumowych, kołnierzy i tulei szczelnych
- bezciśnieniowych w postaci manszet lub pierścieni EPDM

Dobór rodzaju uszczelnienia musi uwzględniać wielkość przemieszczeń osiowych i bocznych rur w przejściu przez przegrodę budowlaną.



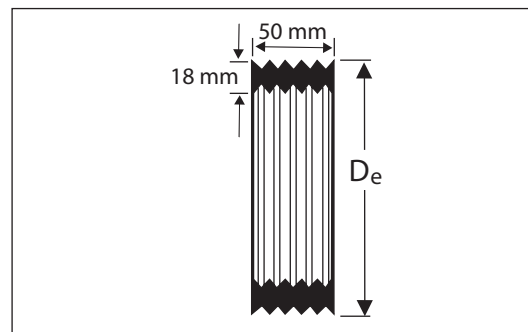
#### Opis

Pierścienie uszczelniające wykonane są z gumy NR-SBR odpornej na ścieranie.

Pierścienie pozwalają na przemieszczenia osiowe rurociągów.

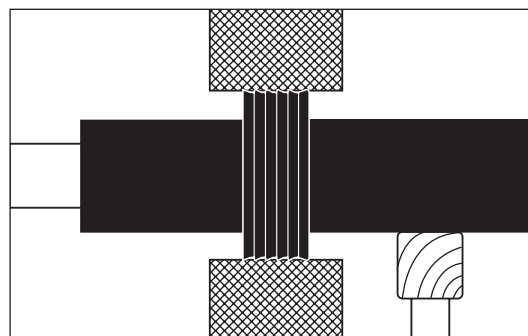
**Uwaga:** Wymiar  $D_e - 2 \times 18 \text{ mm}$  jest mniejszy niż nominalna średnica zewnętrzna osłony rury, zatem pierścień po nasunięciu szczelnie zaciska się na osłonie rury.

Szczegółowe informacje o wymiarach pierścieni - patrz Katalog produktu str. 2.7.3.1.



#### Otwór w przegrodzie

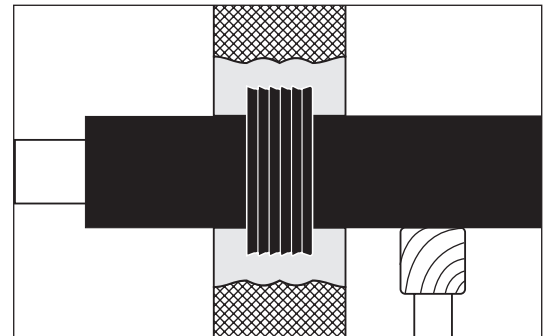
W przypadku wiercenia otworu w ścianie, średnica otworu powinna być o około  $1 \div 3\%$  mniejsza od średnicy pierścienia  $D_e$ .



## Zakończenia Pierścienie uszczelniające

### Wypełnienie otworu

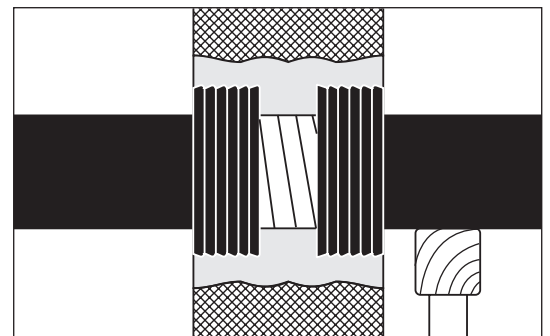
Podczas osadzania rury wraz z pierścieniami w ścianie należy ją podeprzeć tak, aby pierścień nie opierał się o ścianę i nie ulegał deformacji. Dzięki temu przy zalewaniu betonem, wypełni on całkowicie przestrzeń otworu.



W przypadku kiedy rurociąg jest narażony na obciążenia boczne lub grubość ściany jest większa niż 10 cm, należy zastosować dwa pierścienie uszczelniające.

Pomiędzy pierścieniami stosuje się taśmę smarną (DENSO).

Kombinacja dwóch pierścieni i taśmy smarnej zapewnia lepsze uszczelnienie przejścia rurociągu przez ścianę niż w przypadku stosowania pojedynczego pierścienia.



## Zakończenia Końcówki termokurczliwe

### Zastosowanie

Końcówki termokurczliwe stosuje się jako zabezpieczenie końców rur preizolowanych przed przenikaniem wilgoci do pianki poliuretanowej.

Końcówki mogą być stosowane na zakończeniach rurociągów w miejscach, gdzie nie istnieje niebezpieczeństwo zalania rur gorącą wodą, czyli w budynkach lub w komorach zaworowych.

W przypadku ryzyka zalania gorącą wodą w celu zachowania wodoszczelności LOGSTOR zaleca stosowanie rur zakończeniowych.

### Opis

Końcówki termokurczliwe niedzielone nakładane są na rury przed połączeniem z instalacją wewnętrzną w węźle czy komorze.

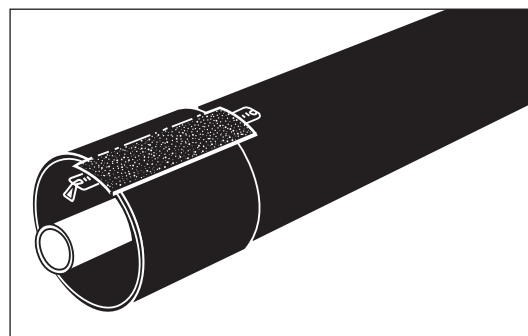
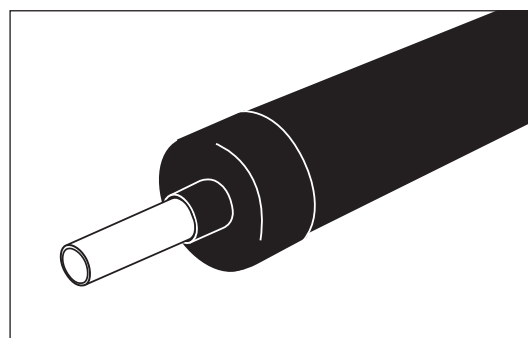
Końcówki termokurczliwe obkurcza się zarówno na rurze przewodowej, jak i na osłonie PE rury.

Końcówki termokurczliwe niedzielone można stosować dla rurociągów o temperaturze pracy  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$ .

Końcówki termokurczliwe dzielone posiadają zamek błyskawiczny umożliwiający montaż na rurociągu już po połączeniu z instalacją wewnętrzną.

Stosowane są dla rurociągów o średnicach płaszczy większych od  $\varnothing 450$  mm, a także dla celów naprawczych.

Końcówki termokurczliwe dzielone można stosować dla rurociągów o temperaturze pracy  $T_{\max} = 110^{\circ}\text{C}$ .





## Zakończenia Mufy końcowe

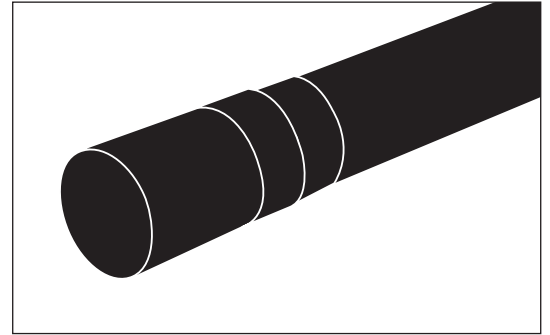
**Zastosowanie** Zakończenia rurociągów preizolowanych umieszczone bezpośrednio w gruncie (etapowanie budowy) zaizolowuje się za pomocą muf końcowych.  
Rodzaj stosowanych muf końcowych zależy od średnicy rurociągów patrz Katalog produktu rozdział 2.7.5.

**Rodzaje muf końcowych**

Dla rurociągów o średnicach rur osłonowych  $\varnothing 90 \div 630$  mm stosowane są mufy końcowe z izolacją PUR w łubkach.

Do zaślepienia w gruncie końców rur o dużych średnicach  $\varnothing 710-1000$ mm, stosuje się mufy końcowe zalewane płynną pianką PUR.

Stosowanie muf końcowych w miejscach, gdzie występują duże przemieszczenia osiowe rur wymaga konieczności użycia poduszek kompensacyjnych.



**Odniesienia**

Katalog produktu	Zakończenia	2.7
Montaż i eksploatacja	Zakończenia	10



## Absorbpcja wydłużeń

### Informacje ogólne

---

#### Wprowadzenie

Poniższy rozdział zawiera zalecenia LOGSTOR dotyczące sposobów absorpcji poprzecznych przemieszczeń podziemnych rurociągów preizolowanych, które mają miejsce w tzw. strefach kompensacji czyli na łukach załamania kompensacyjnych i odgałęzieniach od rurociągów.

Do absorpcji przemieszczeń poprzecznych rurociągów na łukach i trójnikach stosuje się strefy kompensacji, które wykonane mogą być za pomocą jednej z dwóch metod:

1. metoda w pełni zgodna z PN-EN 13941-1, z zastosowaniem poduszek kompensacyjnych.

Opisana w niniejszym rozdziale Poradnika projektowania LOGSTOR.

Zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 13941-1 max. dopuszczalne naprężenia ściskające w izolacji PUR nie przekraczają wartości  $\sigma_{PUR} = 0,15$  MPa przy jednoczesnym ściśnięciu poduszek do max. 70% pierwotnej ich grubości.

2. metoda, w której strefy kompensacji wykonane są z zastosowaniem poszerzeń wykopów czyli tzw. poduszki piaskowe.

Stosowana była przez ABB i ALSTOM przed ustanowieniem normy PN-EN 13941 i obniżeniem w normie PN-EN 253 minimalnej gęstości izolacji do  $\rho_{min} = 55$  kg/m<sup>3</sup>.

W tej metodzie dopuszczalną wartość naprężeń ściskających w izolacji sztywnej pianki PUR przyjmuje się  $\sigma_{max} = 0,25$  MPa czyli więcej niż dopuszczalna w PN-EN 13941-1.

Metoda ta z uwagi, że wykracza poza wytyczne normy PN-EN 13941-1, nie jest opisana w niniejszym Poradniku projektowania.

W sprawie szczegółowych informacji prosimy o kontakt z LOGSTOR.

---

#### Spis treści

10.1.1 Informacje ogólne

10.1.2 Poduszki kompensacyjne

---

## Absorbcja wydłużeń

### Informacje ogólne

#### Opór poprzeczny gruntu

Według PN-EN 13941-1 dla przemieszczeń poprzecznych rur preizolowanych w gruncie (belka na sprężystym podłożu) zależność między przemieszczeniem poprzecznym rur ( $v$ ) a naciskiem ( $p$ ) można pokazać jak na rys. obok. gdzie:

- zmiana nacisku gruntu dla rur bez poduszek
- krzywa zmiany nacisku dla samej poduszki kompensacyjnej w funkcji jej odkształcenia
- wypadkowa krzywa powstała z superpozycji krzywych 1 i 2.

$p_u$  max. opór poprzeczny gruntu

Max. opór gruntu wywołany przez poprzeczne przemieszczenia rur bez poduszek kompensacyjnych można obliczyć jak niżej:

$$p_u = \gamma \cdot Z \cdot K_q$$

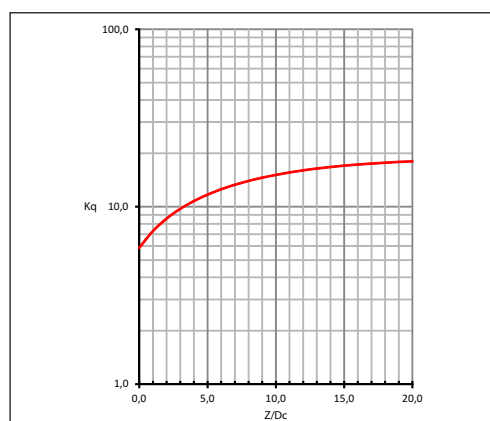
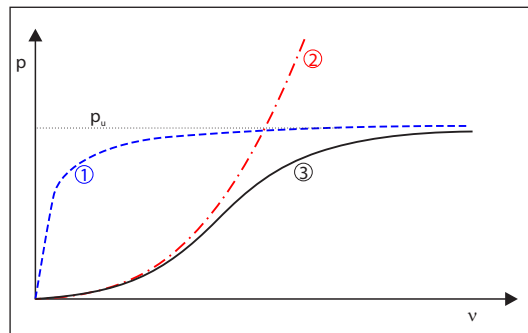
gdzie:

$\gamma$  ciężar właściwy gruntu w  $N/m^3$

$Z$  głębokość osi rury preizolowanej w m

$K_q$  współczynnik oporu zależny od zasypki, średnicy płaszczki  $D_c$  i głębokości osi rury

Rys. obok pokazuje zależność współczynnika  $K_q$  dla zasypki piaskowej o wewnętrznym kącie tarcia gruntu  $\varphi=32,5^\circ$  (typowe łożyska piaskowe).



#### Naprężenia ściskające w izolacji PUR

Max. naprężenia ściskające w izolacji PUR dla rur przemieszczanych poprzecznie w gruncie bez poduszek kompensacyjnych określa się:

$$\sigma_{PUR} = p_u \cdot \frac{D_c}{d_o}$$

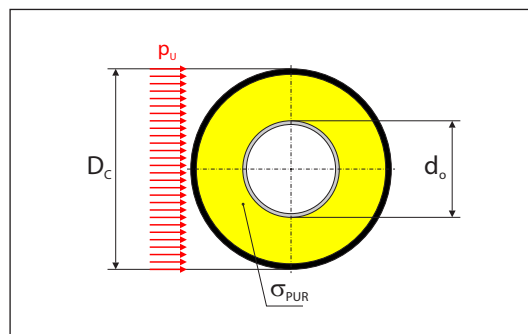
gdzie:

$p_u$  max. opór poprzeczny gruntu

$D_c$  średnica płaszczki rury preizolowanej

$d_o$  średnica zewnętrzna rury stalowej

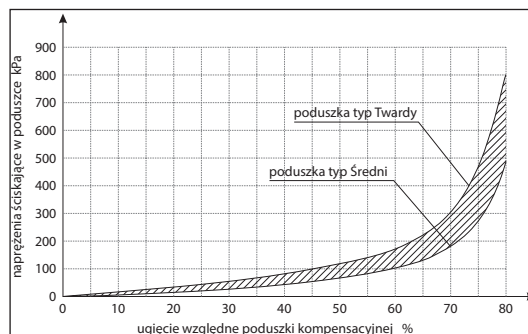
Uwaga! jeżeli wartość naprężeń ściskających w izolacji PUR przekracza wartość  $\sigma_{PUR} = 0,15\text{MPa}$ , zgodnie z normą PN-EN 13941-1 obligatoryjnie należy stosować poduszki kompensacyjne.



#### Rodzaj poduszek kompensacyjnych

Do absorpcji przemieszczeń poprzecznych rur LOGSTOR stosuje poduszki, które określone są w PN-EN 13941-1 jako typ "Średni" (rys. obok). Ponieważ poduszki mają sztywność niższą niż izolacja PUR, przemieszczenia rur absorbowane są w poduszkach i nie powodują powstania w izolacji naprężeń ściskających większych niż dopuszczalne.

Dobór i rozkład poduszek patrz rozdz. 4.0 i 5.0 Poradnika projektowania.



## Absorbpcja wydłużeń

### Poduszki kompensacyjne

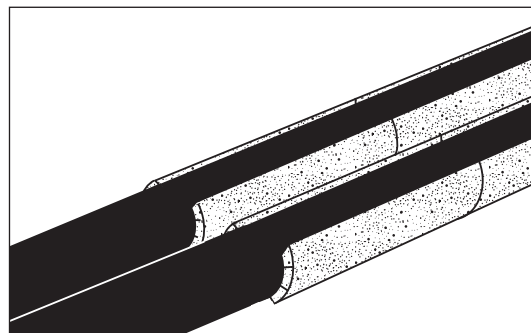
#### Zastosowanie

LOGSTOR zaleca, aby poduszki kompensacyjne stosować jeżeli wydłużenia pierwotne nie przekraczają wartości podanych niżej:

- $5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq 28 \text{ mm}$  (1 warstwa = 40 mm)
- $28 \text{ mm} \leq \Delta L \leq 56 \text{ mm}$  (2 warstwy = 80 mm)
- $56 \text{ mm} \leq \Delta L \leq 84 \text{ mm}$  (3 warstwy = 120 mm)

LOGSTOR dla ciągłej temperatury pracy rurociągu  $T_{\text{max}} = 130^{\circ}\text{C}$  nie zaleca stosowania poduszek kompensacyjnych o łącznej grubości większej niż 120 mm.

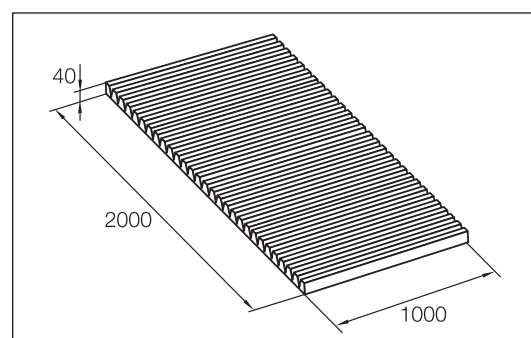
Dla sieci wysokoparametrowych i regulacji jakościowej (zmienna temperatura czynnika przy stałym przepływie masowym) w przypadku konieczności stosowania poduszek kompensacyjnych o łącznej grubości większej niż 120 mm, należy wykonać analizę zgodną z Aneksiem J normy PN-EN 13941-1, przy założeniu, że maksymalna temperatura płaszcza PE rury nie przekroczy  $60^{\circ}\text{C}$  przez 300h w roku.



#### Wymiary poduszek kompensacyjnych

LOGSTOR dostarcza poduszki kompensacyjne o rozmiarach jak na rys. obok.

Poduszki docina się na wymiar zgodnie z instrukcją opisaną w rozdziale 4.2 Poradnika montażu i eksploatacji.



#### Wymiary poduszek kompensacyjnych

LOGSTOR dostarcza poduszki kompensacyjne jako typ "Średni" wg. PN-EN 13941-1 wykonane z sieciowanego polietylenu w kolorze białym o zamkniętych komórkach.

#### Właściwości materiału poduszek kompensacyjnych

Sztywność przy ściskaniu:

Odształcenie	Naprężenia ściskające
40%	0,06 MPa
50%	0,09 MPa
75%	0,275 MPa
Przewodność cieplna	0,050 W/mK przy $50^{\circ}\text{C}$

#### Uwaga!

Zasady projektowania i stosowania poduszek kompensacyjnych w niniejszym Poradniku oparte są na parametrach opisanych wyżej.

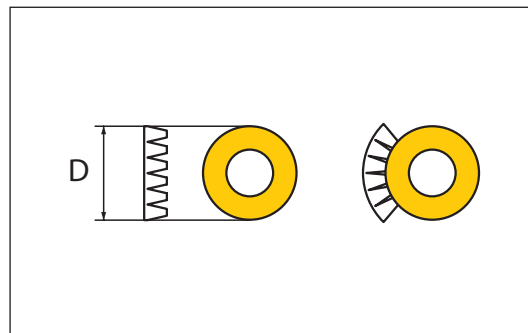
W przypadku stosowania poduszek kompensacyjnych o innych parametrach podane zasady nie mają zastosowania i LOGSTOR nie bierze żadnej odpowiedzialności za ich stosowanie.

## Absorbcja wydłużeń Poduszki kompensacyjne

### Wysokość poduszek

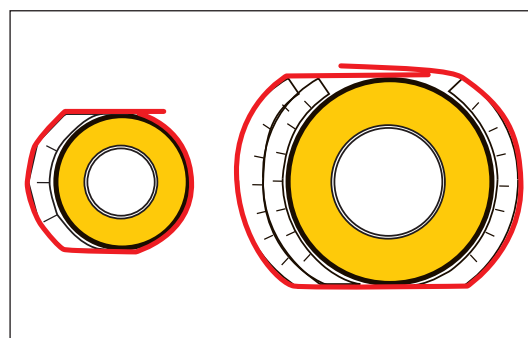
Poduszki układa się w strefie kompensacji zgodnie z zasadami podanymi w rozdziałach 4.5 Zmiany kierunków i 5.0 Odgałęzienia.

Potrzebną wysokość poduszki odcina się z maty w zależności od średnicy osłony układanego rurociągu.



### Zakładanie poduszek na rurociąg

Poduszki kompensacyjne należy układać wzdłuż rurociągu na długości i o grubości (kilka ich warstw) zgodnie z projektem. Dla małych i średnich średnic rur poduszki można zamocować do osłony rur za pomocą poliestrowych taśm spinających. Dla rur o większych średnicach i kilku warstw poduszek zaleca się owinąć je geowłókniną i spiąć taśmą poliestrową, co uniemożliwi zsypanie się piasku między rurą a poduszką.



### Oznaczenie rozkładu poduszek na schematach

Ilość warstw poduszek oraz ich rozkład określany jest zgodnie z zasadami rozdziałów 4.0 Zmiany kierunków i 5.0 Odgałęzienia.

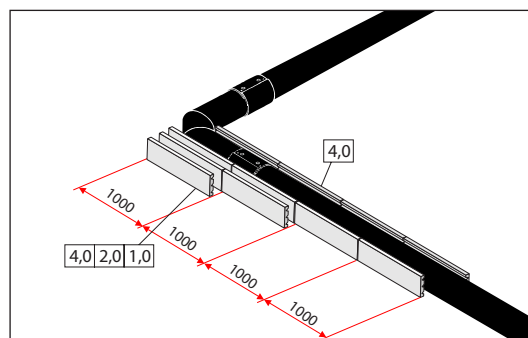
Rysunek obok przedstawia przykład opisu LOGSTOR na schemacie montażowym rur:

1-sza warstwa na zewnętrznej stronie łuku:  
Pierwsza od lewej strony liczba (4,0) oznacza 40 mm warstwę poduszek o długości 4,0 m przylegającą do płaszcza rury.

2-ga warstwa na zewnętrznej stronie łuku:  
następna liczba (2,0) oznacza kolejną 40 mm warstwę poduszek o długości 2,0 m nałożoną na warstwę pierwszą.

3-cia warstwa na zewnętrznej stronie łuku:  
następna liczba (1,0) oznacza kolejną 40 mm warstwę poduszek o długości 1,0 m nałożoną na warstwę drugą.

Na wewnętrznej stronie łuku ułożona jest pojedyncza 40 mm warstwa poduszek na długości 4,0 m (oznaczenie (4,0)).



### Odniesienia

Katalog produktu	Kompensatory jednorazowe, maty i punkty stałe	2.1
Poradnik projektowania	Zmiany kierunków	4.0
	Odgałęzienia	5.0
Montaż i eksploatacja	Strefy kompensacyjne i punkty stałe	4.2

## Rury giętkie

### Informacje ogólne

---

#### Wprowadzenie

W systemie rur giętkich LOGSTOR stosowane są rury FlexPipe z gładką osłoną z polietylenu PE-LD i rury FlextraPipe z karbowaną osłoną PE-HD.

Rury z karbowaną osłoną Flextra charakteryzują się dużo większą elastycznością i łatwością gięcia na budowie w porównaniu do rur FlexPipe z gładką osłoną.

Oba rodzaje rur stanowią kompletny system rur giętkich zgodnych z grupą norm PN-EN 15632-1 ÷ PN-EN 15632-4 i mają zastosowanie jako rurociągi rozdzielcze i przyłącza do budynków.

Wysoka elastyczność (łatwość gięcia), niewielka waga i możliwości układania długich odcinków bez połączeń sprawiają, że system PexFlextra jest idealny do zastosowań:

- jako rury odgałęźne z minimalną ilością połączeń rury przewodowej i złączy mufowych
- do swobodnego kształtowania przebiegu w celu obejścia kolizji
- są bardzo przydatne w terenach pagórkowatych
- idealne do przewiertów i technik bezwykopowych

Niniejszy rozdział zawiera ogólne zasady związane z projektowaniem rur giętkich.

Szczegółowe zasady wynikające z rodzaju stosowanych rur przewodowych opisane są w stosownych rozdziałach.

---

#### Spis treści

11.1.2 Informacje ogólne

11.1.3 Wykopy i roboty ziemne

11.1.4 Połączenia z rurociągiem głównym

11.1.5 Zakończenia

---

## Rury giętkie

### Informacje ogólne

#### Wprowadzenie

LOGSTOR oferuje system rur FlexPipe z zastosowaniem 4 różnych rodzajów rur przewodowych, które mogą być stosowane zarówno dla ciepłownictwa jak i dla chłodu systemowego.

Tabela poniżej pokazuje możliwe zastosowania rur w zależności od rodzaju rury przewodowej.

Wybór typu rur, grubości izolacji zależy od kilku czynników:

- Zastosowanie: ciepłownictwo/chłód systemowy
- Parametry pracy: ciśnienie i temperatura
- Metoda łączenia rur: złączki zaprasowywane / lutowanie / spawanie / złączki zaciskowe skręcane
- Zwyczajowe upodobania

Przeczytaj więcej na temat różnych typów rur lub zapytaj LOGSTOR, jeśli masz wątpliwości.

#### Zastosowanie

Rodzaj rur	Materiał			Zastosowanie		Ciśnienie bar	Ciągła temperatura pracy °C	Max. temperatura (krótkotrwała) °C	Zakres średnic rur przewodowych Ø mm	System nadzoru
	Rura przewodowa	Izolacja	Osona rury	Ciepłownictwo	Chłód systemowy					
FlexPipes:										
SteelFlex	Steel	PUR	PE-LD	x	x	25	120	130	20-28	x
CuFlex	Copper	PUR	PE-LD	x	x	16**	120	130*	15-35	x
FlextraPipes:										
PexFlextra	PEXa	PUR	PE-HD	x	x	6*	85	95	20-110	
AluFlextra	Alu/PEX	PUR	PE-HD	x	x	10	90	95	20-32	

\* 6 bar = SDR 11

\*\* PN 16 ma zastosowanie max. 120°C (Szwedzkie Stowarzyszenie Ciepłownictwa D 213).



## Rury giętkie Wykopy

### Metody montażu

Rury giętkie FlexPipe można układać na różne sposoby: obok siebie, jedna nad drugą lub za pomocą przewierć sterowanych HDD. Wymiary wykopów pokazuje rysunek obok.

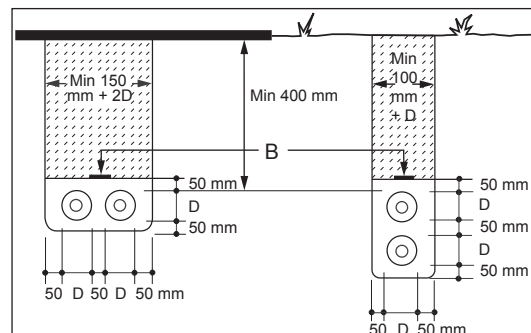
Rury FlextraPipe z karbowaną osłoną układane są w identyczny sposób jak rury FlexPipe z gładką osłoną. W przypadku układania z zastosowaniem mikrotunelingu, do wciągania rury Flextra należy stosować rury prowadzące.

W przypadku układania w wykopach, grubość łoża piaskowego wokół rur wynosi min. 50mm.

Minimalna odległość od wierzchu rury do powierzchni terenu powinna wynosić 400 mm. W przypadku przejść pod drogami, przykrycie mierzone jest od wierzchu rury do podstawy nawierzchni drogi.

B = Taśma ostrzegawcza

Zmiany kierunku wykopów należy wykonywać z zastosowaniem zaokrągleń krawędzi o promieniu  $0,6 \div 1,6$  m w zależności od średnicy osłony rur.



### Promienie gięcia

Patrz stosowny rozdział.

### Materiał zasypowy

Jako materiał stosowany na podsypkę i zasypkę w obrębie łoża piaskowego zaleca się używać porowaty piasek o obłych krawędziach o składzie ziarnowym mieszczącym się pomiędzy liniami max. i min. według normy PN-EN 13941-2 jak na rys. str. 2.1.3 poradnika.

- max. grubość ziaren:  $\leq 10$  mm

- wskaźnik różnoziarnistości:  $C_u = d_{60}/d_{10} \geq 1,8$

współczynnik uziarnienia określa się na podstawie analizy sitowej

$d_{60}$  średnica cząstek których udział wraz z mniejszymi stanowi 60% masy

$d_{10}$  średnica cząstek których udział wraz z mniejszymi stanowi 10% masy

Materiał stosowany na łoża piaskowe nie powinien zawierać pozostałości roślin, humusu, grudek gliny lub mułu.

Ponieważ ze wzrostem wskaźnika różnoziarnistości maleje porowatość gruntu i grunt zagęszcza się lepiej, ważne jest aby ilość materiału drobnoziarnistego w zasypce nie była zbyt duża.

Nadmierna niezgodna z charakterystyką ilość materiału drobnoziarnistego może być przyczyną powstania zjawiska tunelowania podczas ochładzania rur, czego skutkiem jest spadek siły tarcia i inne niż teoretycznie obliczone przemieszczenia rur.

## Połączenia z rurociągiem głównym

Odgałęzienia  
prostopadłe

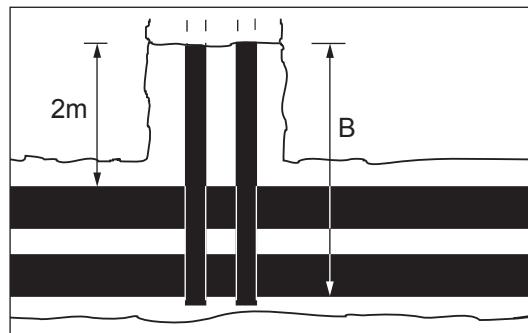
Aby zapewnić prawidłowe wykonanie odgałęzień rur giętkich od rurociągu głównego, przed przystąpieniem do montażu należy wyprostować końcówki rur giętkich.

Najłatwiej jest to wykonać przed odcięciem rur o określonej długości ze zwoju.

Przy montażu odgałęzień prostopadłych do rury głównej należy pozostawić odkryty odcinek wykopu rur odgałęźnych na długości min. 2 m. Zapewni to miejsce na montaż złąbek zaprasowywanych lub spawanie rur.

Wydłużenia rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika oraz długie proste odcinki rur odgałęzionych mogą wymagać specjalnych środków; patrz rozdział 5 „Odgałęzienia” oraz stosowania ograniczeń opisanych w stosownych rozdziałach dla różnych typów rur.

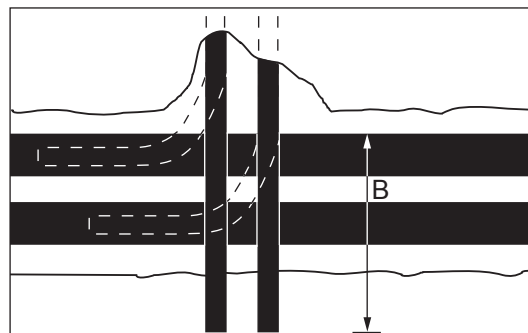
$B = 2 \text{ m}$  prostej rury flex + szerokość wykopu.

Odgałęzienia  
równoległe

Dla zapewnienia odpowiedniej kompensacji wydłużeń rur FlexPipe od rury głównej, montowanych w przewiertach lub przeciskach, odgałęzienia z rur giętkich muszą być wykonane jako równoległe do rury głównej.

Wydłużenia rurociągu głównego w miejscu wykonania trójnika oraz długie proste odcinki rur odgałęzionych mogą wymagać specjalnych środków; patrz rozdział 5 „Odgałęzienia” oraz stosowania ograniczeń opisanych w rozdziałach dotyczących konkretnych typów rur giętkich.

$B = 2 \text{ m}$  prostej rury flex + szerokość wykopu.



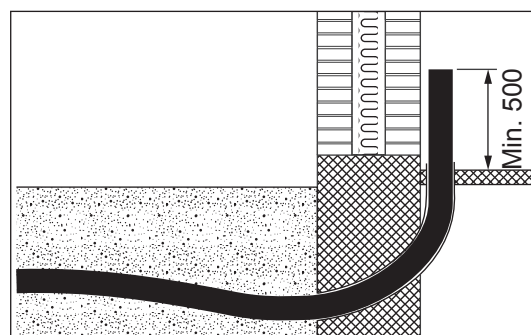
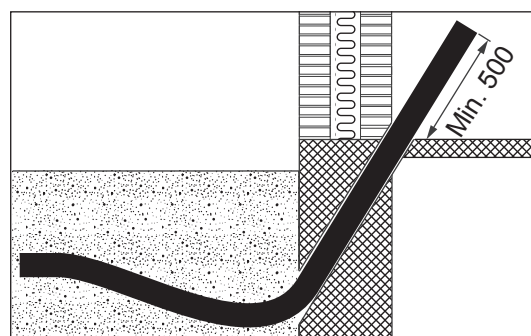
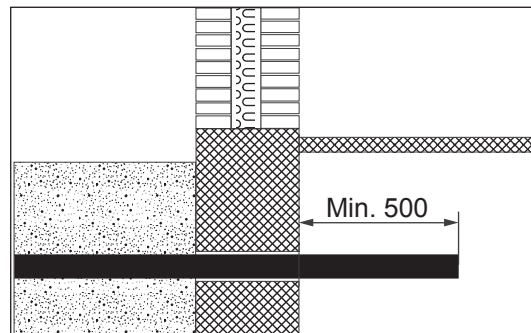
## Rury giętkie Zakończenia

### Zakończenia w budynkach

Przyłącza w budynkach wykonane z utwierdzeniem w ścianie powinny być wykonane jednocześnie podczas układania rur w wykopie i zasypywania wykopu.

W przypadku wejścia przewiertem, przewiert należy przygotować wcześniej lub wykonać go jednocześnie z montażem przyłącza

W budynku minimalna długość prostego końca rury powinna wynosić min. 500 mm

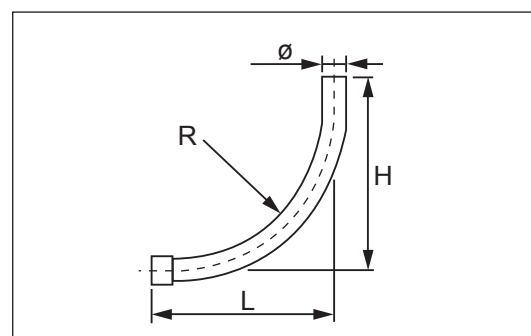


### Rury przepustowe

Rury przepustowe wykorzystywane są do wykonywania przejść przez ściany zewnętrzne w nowych budynkach. W założeniu mają one ułatwić późniejsze wprowadzenie rur FlexPipe bez ingerencji w konstrukcję ściany.

Wymiary rur przepustowych podane są w tabeli niżej

FlexPipe ø zewn. mm	R ø mm	H mm	L mm	ø mm
77	800	107	1050	125
90	800	124	1050	125
110	900	142	1250	140
125	1000	158	1350	160

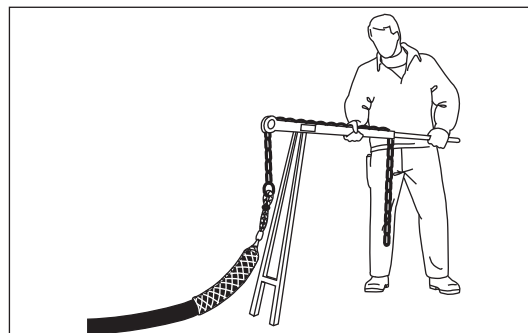


## Rury giętkie Zakończenia

### Rury przepustowe ciąg dalszy

Do przeciągania rur przez rury przepustowe w ścianach, lub w przypadku przewierć przez mur, zaleca się stosować przeciągarkę do rur i rękaw wciągający.

Narzędzie do wyciągania może być ręczne, jak pokazano na rysunku obok, lub może to być wciągarka elektryczna.

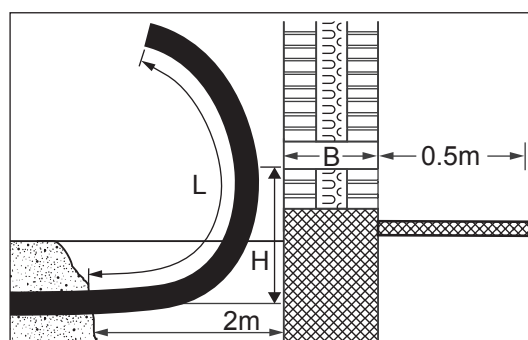


### Zakończenia w szafkach zewnątrznych

Przy wykonywaniu zakończeń rur z przejściem przez ściany ponad gruntem w zakrytych szafkach zewnętrznych należy pozostawić min. 2 m odkrytego wykopu przy ścianie budynku. Ułatwi to później wykonanie przejścia przez ścianę.

**Uwaga!** koniec rury FlexPipe musi być na tyle długi, aby umożliwić późniejsze przejście przez ścianę i montaż wewnątrz budynku.

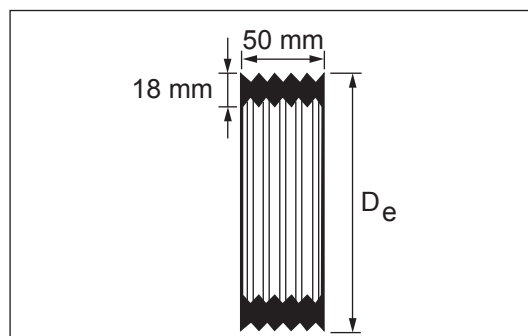
$$L_{\min} = 2 \text{ m} + H + B + 0.5 \text{ m}$$



### Otworki w ścianach

Do uszczelnienia przejść przez ściany budynków na wprost w systemie rur FlexPipe stosuje się pierścienie uszczelniające. Stanowią one zabezpieczenie przed penetracją wilgoci z gruntu.

Przy wysokim poziomie wody gruntowej pierścienie uszczelniające nie zapewniają wodo i gazoszczelności. W takich wypadkach prosimy o kontakt z firmą LOGSTOR.



Osłona rury ø zewn. mm	Średnica otworu ø mm		Średnica pierścienia zewn. D <sub>e</sub> mm
	Min	Max	
77	101	105	107
90	116	122	124
110	135	140	142
125	151	156	158
140	167	171	173
160	187	191	191
180	207	211	209

### Odniesienia

Projektowanie

SteelFlex  
PexFlextra DH  
AluFlextra  
CuFlex

12  
13  
14  
15

**Wprowadzenie** Rury SteelFlex LOGSTOR tworzą kompletny system rur giętkich zgodnych z PN-EN 15632-1 oraz PN-EN 15632-4, który ma zastosowanie jako rurociągi używane na przyłącza do budynków. Rury SteelFlex dostępne są dla niedużych średnic rur przewodowych i wyróżniają się dużą elastycznością przy ich montażu.

---

**Spis treści**

- 12.1.2 Zasady projektowania
- 12.1.3 Przykłady możliwych kombinacji

---

## Zasady projektowania

## Informacje ogólne

Charakterystyka rur SteelFlex:

- Ciągła temperatura pracy: +120 °C, temperatura chwilowa: max. +130 °C (max. 100 godz/rok)
- Ciśnienie robocze, max 25 bar
- Rury przewodowe rur SteelFlex łączy się ze sobą za pomocą spoin spawanych.
- Rury posiadają wysoką stabilność kształtu podczas gięcia na budowie. Zalecane promienie gięcia rur podane są w tabeli niżej.

## Promienie gięcia

Zmiany kierunków rur SteelFlex możliwe są do wykonania na budowie przez gięcie z zachowaniem minimalnych promieni gięcia R.

Elastyczność rur SteelFlex zależy od temperatury otoczenia w momencie gięcia.

Przy temperaturze zewnętrznej poniżej +5°C przy odwijaniu rury ze zwoju lub przy jej gięciu, należy obowiązkowo ogrzać rurę aż jej osłona osiągnie letnią temperaturę.

Podczas układania rur SteelFlex może wystąpić konieczność częściowego przysypania rur aby uzyskać właściwe ich położenie w wykopie.

Oslona rury ø zewn. mm	Min. promień gięcia, R m
90	0.9
110	1.1

## Wydłużenia rur

Na skutek zmiany temperatury czynnika w rurze przewodowej pojawiają się naprężenia ściskające/rozciągające pochodzące od siły tarcia gruntu o osłonę wydłużających się rur SteelFlex. Proste odcinki rur Steelflex mogą być układane bez załamań kompensacyjnych metodą "bez ograniczenia naprężeń osiowych" czyli na "zimno". Należy jednak mieć na uwadze, że w miejscach wykonania odgałęzień zaleca się ograniczenie wartości naprężeń osiowych. A na wejściach do budynków należy kontrolować wielkość przemieszczeń osiowych rur. W związku z tym długie odcinki dzieli się za pomocą i załamań kompensacyjnych na krótsze jak w rurach prostych.

*Odgałęzienia prostopadłe 45°*

W przypadku wykonania za pomocą rur SteelFlex odgałęzień prostopadłych 45°, maksymalna długość prostego odcinka  $L_{max}$  nie może być większa niż podana w tabeli obok. W takim przypadku stosuje się Z-kę o odległości między łukami nie mniejszej niż  $2 \times R$  - patrz rys. na stronie 12.1.3.

Oslona rury ø zewn. mm	$L_{max}$ m
90	25
110	20

*Odgałęzienia równoległe 90°*

Dla odgałęzień równoległych długość równoległego odcinka rury odgałęźnej nie może być krótsza niż  $2 \times R$ . Długość odcinka prostego za załamaniem kompensacyjnym może być dowolna patrz rys. na stronie 12.1.3.


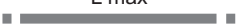

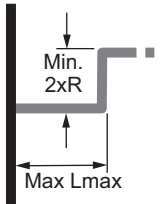

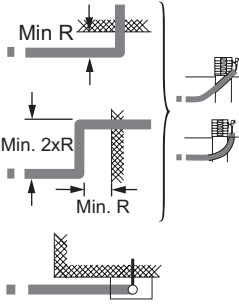


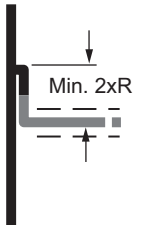

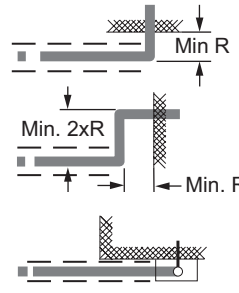


Podczas wykonywania odgałęzień rur SteelFlex od rur głównych stalowych należy wykonać je w taki sposób, aby wydłużenia osiowe rury głównej nie "dokładały się" do wydłużeń rur SteelFlex.

Odgałęzienia prostopadłe i równoległe z rur SteelFlex od rur stalowych można wykonać jedynie w takich miejscach, gdzie przemieszczenia osiowe rur głównej są mniejsze niż 56 mm.

Więcej informacji na ten temat znajduje się na następnej stronie.

## Przykłady możliwych kombinacji

Długości rur odgałęźnych dla różnych trójników








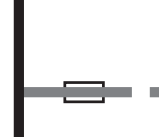



Trójnik odgałęźny	Rura odgałęźna	Wejście do budynku	
		Bez przemieszczeń	Możliwe przemieszczenia
			 $\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)$
			
			 $\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)$
			
			 $\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)^{**)}$

\*) Przemieszczenia osiowe niedopuszczalne przy stosowaniu mocowań bezpośrednio na ścianie.

\*\*) Należy zwrócić uwagę na dodatkowe przemieszczenia pochodzące od tunelingu.

## Przykłady możliwych kombinacji

Warianty w zależności od przemieszczeń rury głównej

Rurociąg główny rura przewodowa stalowa	Rura odgałęźna	
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 40 mm i długości 1 m.

\*\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 80 mm i długości 1 m, oraz o grubości 40 mm i długości kolejnego 1 m licząc od trójnika.

\*\*\*) Przemieszczenia rury głównej > 56 mm: Nie można wykonać odgałęzień rurami SteelFlex.

## Odniesienia

Katalog produktów	Rury giętkie FlexPipes	3.0
	Zakończenia rur FlexPipes	3.6
Poradnik montażu i eksploatacji	Montaż rur FlexPipes	11.0
	Montaż rur FlexPipes, informacje ogólne	11.1
	Montaż złączy prostych, informacje ogólne	11.3
Poradnik projektowania	Odgałęzienia, informacje ogólne	5.0



## PexFlextra DH

### Informacje ogólne

---

**Wprowadzenie** Rury giętkie PexFlextra DH dostarczane przez LOGSTOR w szerokim zakresie średnic tworzą kompletny system rur giętkich, mający zastosowanie w ciepłownictwie jako niskoparametrowe sieci rozdzielcze CO i przyłącza do budynków.

PexFlextra DH posiadają karbowaną osłonę, która ułatwia rozwijanie ze zwojów i gięcie rur na budowie.

---

#### Spis treści

13.1.2 Zasady projektowania

13.1.3 Przykłady możliwych kombinacji

---

## PexFlextra DH

### Zasady projektowania

#### Informacje ogólne

Charakterystyka rur PexFlextra DH:

- Ciągła temperatura pracy: +85°C,
- temperatura chwilowa: max. +95°C (max. 100 godz/rok)
- Ciśnienie robocze: max 6 bar
- Rury przewodowe PexFlextra DH łączy się za pomocą złączek zaprasowywanych lub zaciskanych przez skręcanie
- Rury posiadają wysoką elastyczność przy gięciu na zalecanych promieniach gięcia.

#### Promienie gięcia

Zmiany kierunków rur PexFlextra DH możliwe są do wykonania na budowie przez gięcie z zachowaniem minimalnych promieni gięcia R.

Elastyczność rur PexFlextra DH zależy od temperatury otoczenia w momencie gięcia.

Przy temperaturze zewnętrznej poniżej +5°C przy odwijaniu rury ze zwoju lub przy jej gięciu, należy obowiązkowo odgrzewać rurę do momentu osiągnięcia letniej temperatury.

Podczas układania rur PexFlextra DH może zajść konieczność częściowego przysypania rur aby uzyskać właściwe ich ułożenie w wykopie.

Ośłona rury ø zewn. mm	Min. promień gięcia, R m
90	0.7
110	0.9
125	1.0
140	1.1
160	1.6
180	1.8

#### Wydłużenia rur

Rury FlextraPipe tworzą elastyczny system, który nie wymaga specjalnych środków podczas jego montażu i układania w gruncie.

Dzięki samokompensacyjnym właściwościom rury przewodowej PEX nie trzeba zwracać uwagi na wydłużenia termiczne w instalacjach podziemnych.

Przy łączeniu rur FlextraPipe z rurami zwykłymi (stal) należy zwrócić uwagę, aby w miejscu wykonania połączenia duże przemieszczenia osiowe rury stalowej nie przeniosły się na rury FlextraPipe.

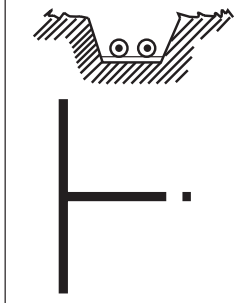



Można to wykonać poprzez połączenie rury stalowej z rurą FlextraPipe poprzez odgałęzienia lub za załamaniem kompensacyjnym. Jeżeli łączenie rur jest bezpośrednim przedłużeniem zwykłego rurociągu preizolowanego, to jego długość rurociągu stalowego nie może przekraczać 14 m.

Podczas wykonywania odgałęzień rur FlextraPipe od rur głównych stalowych należy wykonać je w taki sposób, aby wydłużenia osiowe rury głównej nie "dokładały się" do wydłużeń rur FlextraPipe.

Więcej informacji na ten temat znajduje się na następnej stronie.

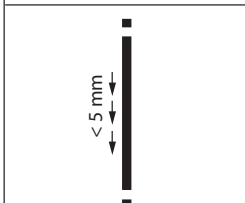

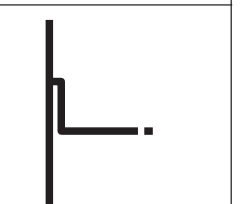


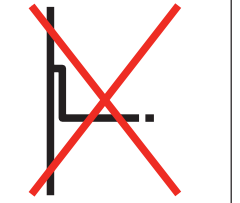
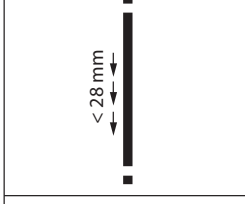
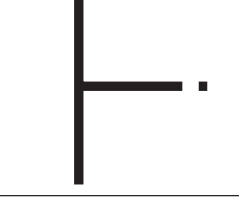
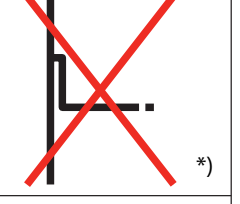
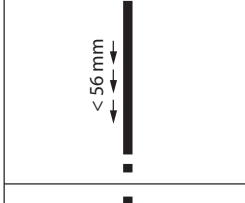
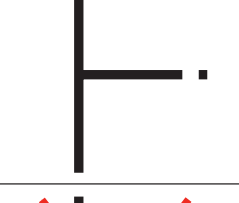
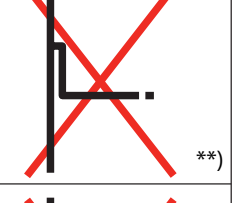
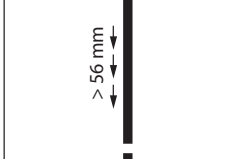


## Przykłady możliwych kombinacji

Długość dla rur odgałęźnych i wejść do budynków

Trójnik odgałęźny	Rura odgałęźna	Wejście do budynku	
		Bez przemieszczeń	Możliwe przemieszczenia
			

\*) Przeszczenia osiowe niedopuszczalne przy stosowaniu mocowań bezpośrednio na ścianie.

Rurociąg główny

Rurociąg główny ze stalową rurą przewodową	Rura odgałęźna	
		
		
		
		
		

\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 40 mm i długości 1 m.

\*\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 80 mm i długości 1 m, oraz o grubości 40 mm i długości kolejnego 1 m licząc od trójnika.

\*\*\*) Przeszczenia rury głównej > 56 mm: Nie można wykonać odgałęzień rurami PexFlextra.

**Przykłady możliwych kombinacji**

---

<b>Odniesienia</b>	Katalog produktów	Rury giętkie FlexPipes	3.0
		Zakończenia rur FlexPipes	3.6
Poradnik montażu i eksploatacji		Montaż rur FlexPipes	11.0
		Montaż rur FlexPipes, informacje ogólne	11.1
		Montaż złączy prostych, informacje ogólne	11.3
Poradnik projektowania		Odgałęzienia, informacje ogólne	5.0

---

**Wprowadzenie** Rury AluFlextra dostarczane przez LOGSTOR tworzą kompletny system rur giętkich, mający zastosowanie w ciepłownictwie jako niskoparametrowe sieci rozdzielcze CO i przyłącza do budynków. Rury AluFlextra posiadają karbowaną osłonę, która ułatwia rozwijanie ze zwojów i gięcie rur na budowie.

---

**Spis treści**

- 14.1.2 Zasady projektowania
- 14.1.3 Przykłady możliwych kombinacji

---

## AluFlextra

### Zasady projektowania

#### Informacje ogólne

Charakterystyka rur AluFlextra:

- Ciągła temperatura pracy: +90°C,
- Temperatura chwilowa: max. +95°C (max. 100 godz/rok)
- Ciśnienie robocze: max 10 bar
- Rury przewodowe PexFlextra DH łączy się za pomocą złączek zaprasowywanych
- Rury posiadają wysoką elastyczność przy gięciu.  
Zalecane promienie gięcia rur podane są w tabeli niżej.

#### Promienie gięcia

Zmiany kierunków rur AluFlextra możliwe są do wykonania na budowie przez gięcie z zachowaniem minimalnych promieni gięcia R.

Elastyczność rur AluFlextra zależy od temperatury otoczenia w momencie gięcia.

Przy temperaturze zewnętrznej poniżej +5°C przy odwijaniu rury ze zwoju lub przy jej gięciu, należy obowiązkowo ogrzać rurę aż jej osłona osiągnie letnią temperaturę.

Przy układaniu rur AluFlextra może wystąpić konieczność częściowego przysypania rur aby uzyskać właściwe ich położenie w wykopie.

Osłona rury ø zewn. mm	Min. promień gięcia, R m
90	0.7
110	0.9

#### Wydłużenia rur

Rury AluFlextra tworzą elastyczny system, który nie wymaga specjalnych środków podczas jego montażu i układania w gruncie.

Dzięki samokompensacyjnym właściwościom rury przewodowej nie trzeba zwracać szczególnej uwagi na wydłużenia termiczne wielowarstwowych rur przewodowych.

Przy łączeniu rur AluFlextra z rurami zwykłymi (stal) należy zwrócić uwagę, aby w miejscu wykonania połączenia duże przemieszczenia osiowe rury stalowej nie przeniosły się na rury AluFlextra.

Można to wykonać poprzez połączenie rury stalowej z rurą AluFlextra poprzez odgałęzienia lub za załamaniem kompensacyjnym.

Jeżeli łączenie rur jest bezpośrednim przedłużeniem zwykłego rurociągu preizolowanego, to jego długość rurociągu stalowego nie może przekraczać 2 m.

Podczas wykonywania odgałęzień rur AluFlextra od rur głównych stalowych należy wykonać je w taki sposób, aby wydłużenia osiowe rury głównej nie "dokładały się" do wydłużeń rur AluFlextra.

Więcej informacji na ten temat znajduje się na następnej stronie.

## Przykłady możliwych kombinacji

Długość dla rur odgałęźnych i wejść do budynków

Trójnik odgałęźny	Rura odgałęźna	Wejście do budynku	
		Bez przemieszczeń	Możliwe przemieszczenia

\*) Przeszczenia osiowe niedopuszczalne przy stosowaniu mocowań bezpośrednio na ścianie.

Możliwe warianty w zależności od przemieszczeń rury głównej

Rurociąg główny ze stalową rurą przewodową	Rura odgałęźna	

\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 40 mm i długości 1 m.

\*\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 80 mm i długości 1 m, oraz o grubości 40 mm i długości kolejnego 1 m licząc od trójnika.

\*\*\*) Przeszczenia rury głównej > 56 mm: Nie można wykonać odgałęzień rurami AluFlextra.

**Przykłady możliwych kombinacji**

---

<b>Odniesienia</b>	Katalog produktów	Rury giętkie FlexPipe	3.0
		Zakończenia rur FlexPipe	3.6
Poradnik montażu i eksploatacji		Montaż rur FlexPipe	11.0
		Montaż rur FlexPipe, informacje ogólne	11.1
		Montaż złączy prostych, informacje ogólne	11.3
Poradnik projektowania		Odgałęzienia, informacje ogólne	5.0

---



**Wprowadzenie** Rury CuFlextra LOGSTOR tworzą kompletny system rur giętkich, mają zastosowanie w ciepłownictwie jako wysokoparametrowe sieci rozdzielcze CO i przyłącza do budynków. Rury CuFlextra posiadają gładką osłonę.

---

**Spis treści**

- 15.1.2 Zasady projektowania
- 15.1.3 Przykłady możliwych kombinacji

---

## Zasady projektowania

### Informacje ogólne

Charakterystyka rur CuFlex:

- Ciągła temperatura pracy: +120°C,
- temperatura chwilowa: max. +130°C (max. 100 godz/rok)
- Ciśnienie robocze: max 16 bar
- Rury przewodowe CuFlex łączy się za pomocą lutowania z zastosowaniem złączy kapilarnych
- Rury posiadają wysoką elastyczność przy gięciu na zalecanych promieniach gięcia.

### Promienie gięcia

Zmiany kierunków rur CuFlex możliwe są do wykonania na budowie przez gięcie z zachowaniem minimalnych promieni gięcia R.

Elastyczność rur CuFlex zależy od temperatury otoczenia w momencie gięcia.

Przy temperaturze zewnętrznej poniżej +5°C przy odwijaniu rury ze zwoju lub przy jej gięciu, należy obowiązkowo odgrzewać rurę do momentu osiągnięcia letniej temperatury.

Podczas układania rur CuFlex może zajść konieczność częściowego przysypania rur aby uzyskać właściwe ich ułożenie w wykopie.

Ostona rury ø zewn. mm	Min. promień gięcia, Rq m
90	0.9
110	1.1

### Wydłużenia rur

Rury CuFlex tworzą elastyczny system, który nie wymaga specjalnych środków podczas jego montażu i układania w gruncie.

Dzięki samokompensacyjnym właściwościom rury przewodowej miedzianej nie trzeba zwracać uwagi na wydłużenia termiczne w instalacjach podziemnych z rur CuFlex.

Przy łączeniu rur CuFlex z rurami przewodowymi ze stali lub miedzi, należy zwrócić uwagę, aby w miejscu wykonania połączenia duże przemieszczenia osiowe rury stalowej nie przeniosły się na rury CuFlex.

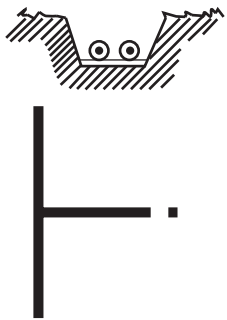

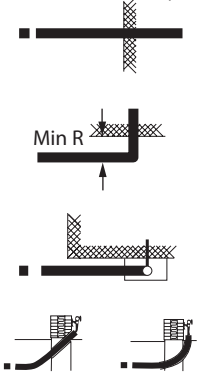
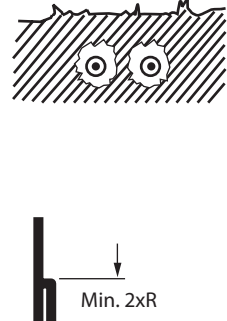
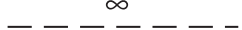
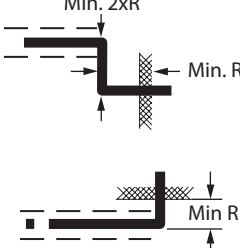
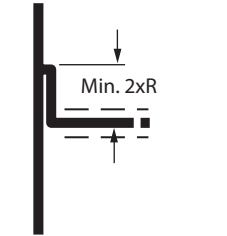
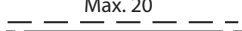
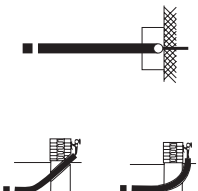
Można to wykonać poprzez połączenie rury stalowej z rurą CuFlex poprzez odgałęzienia lub za załamaniem kompensacyjnym. Jeżeli łączenie rur jest bezpośrednim przedłużeniem zwykłego rurociągu preizolowanego, to jego długość rurociągu stalowego nie może przekraczać 2 m.

Podczas wykonywania odgałęzień rur CuFlex od rur głównych stalowych należy wykonać je w taki sposób, aby wydłużenia osiowe rury głównej nie "dokładały się" do wydłużeń rur CuFlex

Więcej informacji na ten temat znajduje się na następnej stronie.

## Przykłady możliwych kombinacji



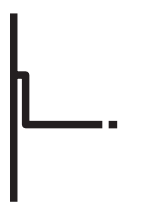
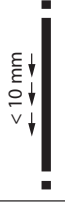











Długość dla rur odgałęźnych i wejść do budynków

Trójnik odgałęźny	Rura odgałęźna	Wejście do budynku
		<p data-bbox="1141 427 1165 456">*)</p> 
		
		

\*) Przemieszczenia osiowe niedopuszczalne przy stosowaniu mocowań bezpośrednio na ścianie.

## Przykłady możliwych kombinacji

## Rurociąg główny

Rurociąg główny ze stalową rurą przewodową	Rura odgałęźna	
		
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 40 mm i długości 1 m.

\*\*) Na odgałęzieniu należy założyć poduszki kompensacyjne o grubości 80 mm i długości 1 m, oraz o grubości 40 mm i długości kolejnego 1 m licząc od trójnika.

\*\*\*) Przemieszczenia rury głównej > 56 mm: Nie można wykonać odgałęzień rurami AluFlextra.

## Odniesienia

Katalog produktów	Rury giętkie FlexPipes	3.0
	Zakończenia rur FlexPipes	3.6
Poradnik montażu i eksploatacji	Montaż rur FlexPipes	11.0
	Montaż rur FlexPipes, informacje ogólne	11.1
	Montaż złączy prostych, informacje ogólne	11.3
Poradnik projektowania	Odgałęzienia, informacje ogólne	5.0

**Wprowadzenie**

Poniższy rozdział przedstawia metodę LOGSTOR obliczeń strat ciepła dla podziemnych preizolowanych sieci ciepłych.

W rozdziale podane i opisane są możliwości oraz sposób obliczeń strat ciepła za pomocą kalkulatora online LOGSTOR, który znajduje się na stronie www firmy: <http://calc.logstor.com>

Program online LOGSTOR umożliwia obliczenia :

- strat ciepła rur preizolowanych z uwzględnieniem procesu starzenia się izolacji PUR
- aspektów ekonomicznych z uwzględnieniem czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych
- emisji CO<sub>2</sub> wynikającej ze spalania dodatkowego paliwa na pokrycie strat ciepła

Obliczenia strat ciepła oparte są na:

- standardowej metodzie opisanej w z normie PN-EN 13941-1:2019.
- metodzie zaawansowanej uwzględniającej wpływ zmiany temperatury na wartość przewodności cieplnej izolacji  $\lambda = f(T)$ .

Dodatkowo Kalkulator LOGSTOR oprócz obliczeń strat ciepła sieci ciepłych z rur preizolowanych umożliwia porównanie strat dla różnych wariantów tego samego rurociągu (różne rodzaje/seria izolacji, wartości współczynników przewodzenia ciepła izolacji itp.)

Wyniki obliczeń mogą być zobrazowane zarówno w postaci cyfrowej jak i wykresów porównawczych.

---

**Spis treści**

18.1.2 Informacje ogólne

18.1.3 Obliczenia

---

## Straty ciepła

### Informacje ogólne

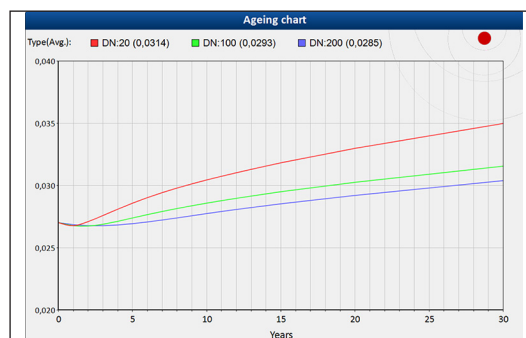
#### Obliczenia strat ciepła

Do indywidualnych obliczeń strat ciepła dla podziemnych sieci i rurociągów preizolowanych LOGSTOR opracował i udostępnił na swojej stronie internetowej kalkulator online zwany dalej "Kalkulator LOGSTOR".

Korzystając z tego programu możliwe jest wykonanie obliczeń strat ciepła dla rur pojedynczych i TwinPipe w różnej konfiguracji grubości izolacji, dla różnych przewodności cieplnych izolacji czy gruntu oraz indywidualnych wybranych przez siebie parametrów pracy rurociągów.

Kalkulator LOGSTOR umożliwia uwzględnienie w obliczeniach pogorszenia się izolacyjności rur na skutek starzenia - dyfuzji gazów przez płaszcz HDPE (rys. obok).

Przebieg krzywych zmiany współczynnika przewodzenia ciepła izolacji PUR w czasie jest indywidualnie dobierany dla rur w zależności od średnicy i grubości płaszcz HDPE, serii izolacji, oraz bariery dyfuzyjnej jeśli występuje.



Kalkulator LOGSTOR umożliwia wykonanie obliczeń strat ciepła na dwa sposoby:

- standardowy zgodny z normą PN-EN 13941
- zaawansowany



#### Obliczenia strat ciepła - metoda standardowa wg. PN-EN 13941-1

W standardowej metodzie obliczeń strat ciepła dla rur pojedynczych i TwinPipe przyjęty jest model oparty na wzorach z Aneksu E normy PN-EN 13941-1:2019, czyli na tzw. metodzie multipolowej opisanej w literaturze - "Steady-state heat loss from insulated pipes" Petr Wallenten - Lund 1991.

W metodzie standardowej do obliczeń oporu cieplnego izolacji PUR przyjmowany jest współczynnik przewodzenia ciepła izolacji  $\lambda_{50}$  o stałej wartości niezależnej od temperatury izolacji.

Uwzględniana jest natomiast zmiana wartości współczynnika  $\lambda_{50}$  w czasie na skutek zjawiska dyfuzji gazów przez płaszcz HDPE (różna dla każdej średnicy rur, grubości płaszcz HDPE i izolacji).

W modelu tym możliwe jest również uwzględnienie wpływu bariery dyfuzyjnej na zmianę izolacyjności rur w czasie ich eksploatacji.

Umożliwia on również porównanie ze sobą strat ciepła dla różnych wariantów izolacji dla konkretnych projektów sieci ciepłych.

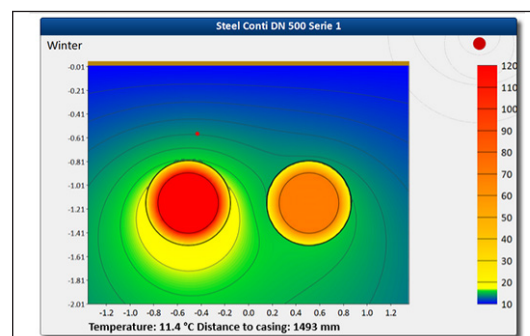
## Straty ciepła Obliczenia

### Obliczenia strat ciepła - metoda zaawansowana

Metoda zaawansowana pozwala dodatkowo uwzględnić wpływ temperatury na zmianę współczynnika przewodzenia ciepła izolacji (różne na zasilaniu i powrocie), dzięki czemu straty ciepła obliczone za pomocą tej metody są bardziej dokładne i zbliżone do rzeczywistych.

Dla rur pojedynczych i TwinPipe model obliczeniowy opiera się na tzw. metodzie multipolowej opisanej w literaturze - "Steady- state heat loss from insulated pipes" Petr Wallenten - Lund 1991.

Metoda zaawansowana pozwala również na graficzne zobrazowanie pola rozkładu temperatur gruntu w sąsiedztwie rurociągów oraz temperatury płaszczu PEHD rur, co może być dodatkowym cennym argumentem przy uzgodnieniach kolizji z innym uzbrojeniem podziemnym.



### Obliczenia ekonomiczne

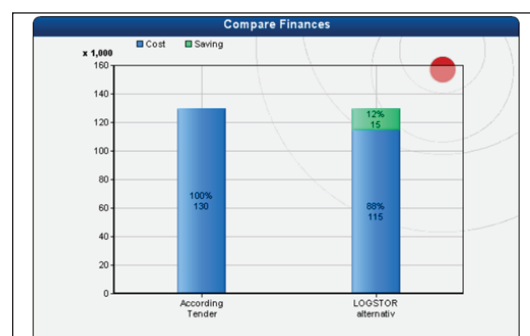
Kalkulator LOGSTOR pozwala na wykonanie kalkulacji opłacalności inwestycji w oparciu o przyjętą stopę inwestycji i cenę nośnika paliwa. Wyniki obliczeń przedstawiają zdyskontowaną wartość kosztów strat ciepła dla podanego okresu eksploatacji wybranego odcinka sieci ciepłej.

Dzięki temu możliwe jest wybranie najlepszego ekonomicznie wariantu.

Obliczenia można wykonać dla okresu od 1 do 30 lat użytkowania.

W celu wykonania kalkulacji finansowej, należy w programie podać cenę energii za 1 kWh i wartość procentowej stopy inwestycji.

Wynik obliczeń finansowych ma format umożliwiający bezpośrednie zastosowanie w ocenie całkowitych kosztów cyklu życia (LCC).

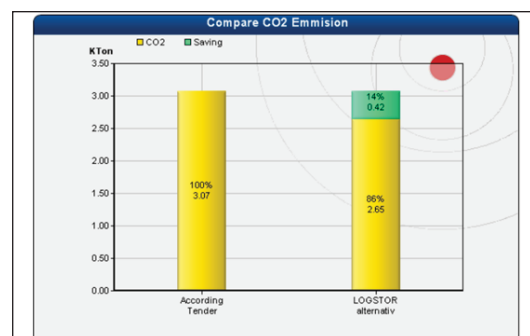


### Emisja zanieczyszczeń

Kalkulator LOGSTOR umożliwia również ocenę ilości emitowanego dwutlenku węgla pochodzącego ze spalania dodatkowego paliwa potrzebnego na pokrycie strat ciepła rozpatrywanej sieci ciepłej.

Wynik może być przedstawiony zarówno jako emisja w ciągu roku, lub jako suma emisji w rozpatrywanym okresie czasu.

Wielkość emisji zależy od przyjętego rodzaju paliwa oraz sprawności źródła ciepła.



**Całkowite koszty  
cyklu życia (LCC)**

W celu dokonania wyboru najlepszego ekonomicznie wariantu izolacji termicznej systemu rur preizolowanych, dla konkretnego projektu sieci ciepłej zaleca się wykonać analizę LCC - całkowitych kosztów życia.

Jako okres żywotności sieci ciepłej preizolowanej przyjmuje się zazwyczaj 30 lat (pomimo tego że wielokrotnie może być to dłuższy okres).

Do analizy LCC brane są pod uwagę następujące składowe:

Koszty inwestycyjne:

- koszty materiałów
- montaż rurociągów
- roboty ziemne
- nadzór i koszty jakości

Koszty eksploatacji:

- koszty pompowania (straty ciśnień)
- straty ciepła

Koszty obsługi

- naprawy systemu
- nadzór i zarządzanie siecią ciepłowniczą

Koszty związane ze stratami ciepła podczas całego cyklu życia instalacji z rur preizolowanych mogą być obliczone za pomocą Kalkulatora LOGSTOR i zastosowane w modelu LCC.

**Odniesienia**

---

Katalog produktu	System rur preizolowanych	2.0
Strona www LOGSTOR	LOGSTOR calculator	<a href="http://calc.logstor.com">http://calc.logstor.com</a>

---



## Średnice rurociągów

### Informacje ogólne

---

#### Wprowadzenie

Dobór średnic rurociągów w zależności od zapotrzebowania na ciepło i przyjętych strat ciśnienia można wykonać za pomocą kalkulatora online LOGSTOR, który znajduje się na stronie www firmy: <http://calc.logstor.com>

Program online Kalkulator LOGSTOR umożliwia dobór właściwej średnicy dla poszczególnych sekcji prostych odcinków preizolowanej sieci ciepłej.

Pozwala również na obliczenia liniowych strat ciśnień prostych odcinków rurociągów dla przyjętej średnicy rur i przepływu masowego lub zapotrzebowanej mocy cieplnej.

Kalkulator LOGSTOR nie uwzględnia natomiast miejscowych strat ciśnienia na łukach, trójnikach, zwężkach i innych elementach systemu rur preizolowanych.

---

#### Spis treści

19.1.2 Informacje ogólne

---

## Średnice rurociągów

### Informacje ogólne

#### Parametry do obliczeń

Do prawidłowego dobór średnic rurociągów potrzebne są informacje na temat:

- zapotrzebowania mocy cieplnej
- różnicy temperatury (zasilanie - powrót)
- dopuszczalnych strat ciśnienia

Wychodząc z różnicy temperatur zasilanie - powrót oraz zapotrzebowania na moc cieplną wylicza się masowe natężenie przepływu czynnika grzewczego w kg/s.

Całkowite zapotrzebowanie mocy cieplnej określa się przez sumowanie mocy zamówionych przez wszystkich indywidualnych odbiorców (CO, CWU), mnoży się przez współczynnik nierównomierności rozbioru oraz dodaje straty ciepła na przesył:

$$P = \sum (q \cdot S) + \phi$$

gdzie:	P	całkowite zapotrzebowanie mocy cieplnej	W
	q	moc zamówiona przez indywidualnego odbiorcę	W
	S	współczynnik nierównomierności rozbioru	%
	$\phi$	straty ciepła rurociągu	W

#### Współczynnik nierównomierności rozbioru

Współczynniki nierównomierności rozbioru stosowane przy obliczaniu zapotrzebowania mocy cieplnej dla indywidualnych budynków jednorodzinnych można przyjmować jak niżej: dla potrzeb ogrzewania (CO):

$$s = 0.62 \cdot \frac{0.38}{n}$$

dla potrzeb ciepłej wody użytkowej (CWU):

$$s_{\Delta} = \frac{1.0 \cdot n^{-0.5} \cdot (51 - n)}{50}$$

gdzie n - ilość indywidualnych odbiorców (domów)

W przypadku, kiedy ilość odbiorców jest większa niż 50, zaleca się dla ciepłej wody użytkowej przyjmować współczynnik  $s_{\Delta} = 0$ .

#### Wartości graniczne

Podczas obliczania średnic LOGSTOR rekomenduje przyjmować max. prędkości przepływu czynnika w taki sposób, aby:

- ograniczyć hałas przy przepływie
- ryzyko erozji na rurociągach magistralnych

Rodzaj rurociągu	Max prędkość przepływu m/s
magistrala	3.5
rurociągi rozdzielcze	2.5
przyłącza	1.0

Minimalna prędkość przepływu zależy od przyjętej temperatury i ciśnienia dyspozycyjnego u końcowego odbiorcy sieci cieplnej.

#### Odniesienia

Strona www LOGSTOR

LOGSTOR calculator

<http://calc.logstor.com>

---

# Contact details

---

## Poland

LOGSTOR International Sp.z.o.o.

Main office

ul. Handlowa 1

Mikulczyce

41-807 Zabrze, Poland

T: +48 32 248 9100



For the product offering in other markets please contact your local sales representative or visit [www.logstor.com](http://www.logstor.com)

Care has been taken to ensure that the contents of this publication are accurate, but Kingspan Limited and its subsidiary companies do not accept responsibility for errors or for information that is found to be misleading. Suggestions for, or description of, the end use or application of products or methods of working are for information only and Kingspan Limited and its subsidiaries accept no liability in respect thereof.

To ensure you are viewing the most recent and accurate product information, please scan the QR code directly above.

