

**Rury preizolowane do podziemnych wodnych  
sieci ciepłowniczych  
systemu ZPU MIĘDZYRZECZ Sp. z o.o.**

**WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA**

Zakład Produkcyjno Usługowy  
Międzyrzecz  
**POLSKIE RURY PREIZOLOWANE Sp. z o. o.**,  
66-300 Międzyrzecz, ul. Zakaszewskiego 4  
Telefon +48 95 741 25 26, 742 33 00, 742 00 93  
Fax. +48 9 742 33 01, 742 33 02  
Wersja: Marzec 2017



## Spis treści

1.	Wstęp.....	1
1.1	Przedmiot opracowania .....	1
1.2	Zakres stosowania .....	1
1.3	Projekt budowlany.....	1
2.	Podstawowe oznaczenia .....	1
2.1	Cechy geometryczne .....	1
2.2	Obciążenia, siły przekrojowe, nośność .....	2
2.3	Naprężenia i wytrzymałość .....	2
2.4	Stałe materiałowe, współczynniki i inne oznaczenia .....	2
3.	Materiały i wyroby .....	3
3.1	Rury przewodowe .....	3
3.2	Rury osłonowe .....	3
3.3	Sztywna pianka.....	4
3.4	Zespół rurowy .....	4
4.	Dane wyjściowe do projektowania .....	5
5.	Zasady projektowania .....	6
5.1	Metoda wymiarowania .....	6
5.2	Obciążenia .....	6
5.2.1	Siła parcia gruntu na rurę .....	6
5.2.2	Siła tarcia na pobocznicę rury.....	6
5.2.3	Siła normalna [N] w rurze przewodowej.....	7
5.3	Siły pochodzące od ciśnienia wewnętrznego w rurze przewodowej .....	7
5.4	Nośność obliczeniowa przekroju rury przewodowej .....	7
6.	Projektowanie sieci ciepłowniczej w systemie ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o. ....	8
6.1	Metoda I - naturalna.....	8
6.1.1	Maksymalna długość montażowa $[L_{max}]$ odcinka prostego rurociągu .....	8
6.1.2	Wydłużenie rurociągu .....	10
6.2	Metoda II - naprężeń wstępnych .....	12
6.2.1	Wydłużenie $[\Delta L_n]$ rurociągu nie zasypanego.....	12
6.2.2	Wydłużenie (skrócenie) $[\Delta L_z]$ rurociągu zasypanego.....	13
6.3	Metoda II a - naprężeń wstępnych z użyciem kompensatorów jednorazowego zastosowania.....	14
6.4	Zmiana kierunku trasy rurociągu .....	14
6.4.1	Zmiany kierunku trasy sieci przez ukosowanie stalowych rur przewodowych w złączu.....	15
6.4.2	Zmiany kierunku trasy sieci przez zastosowanie prefabrykowanych kolan preizolowanych .....	15
6.4.3	Zmiany kierunku trasy sieci przez elastyczne gięcie rurociągu.....	15
6.4.4	Zmiany kierunku trasy poprzez zastosowanie preizolowanych rur giętych .....	16
7.	Kompensacja wydłużeń .....	17
7.1	Układ „L”- kształtowy .....	18
7.2	Układ "Z" - kształtowy .....	22
7.3	Układ "U" - kształtowy .....	24
7.4	Strefy kompensyjne.....	26
8.	Punkt stały preizolowany - rzeczywisty.....	26
8.1	Obliczanie sił działających na punkt stały.....	27
9.	Odgałęzienia rurociągu i wejścia do budynków.....	31

10.	Połączenie rurociągu preizolowanego z rurociągiem tradycyjnym (sieć kanałowa) .....	33
11.	Armatura stalowa .....	33
12.	Spadki ciśnienia i prędkości w przewodach dla systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o. ....	34
13.	Informacje techniczne .....	35
14.	Informacje handlowe .....	35



# 1. Wstęp

## 1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania są zasady obliczania i projektowania konstrukcji rurociągów preizolowanych, ułożonych bezpośrednio w gruncie.

## 1.2 Zakres stosowania

Zasady obliczania i projektowania należy stosować przy opracowywaniu dokumentacji technicznej konstrukcji rurociągów z rur i kształtek preizolowanych, w sieciach z medium grzejnym o maksymalnej temperaturze roboczej, wynoszącej 152°C przewidzianej dla 30-to letniego okresu użytkowania.

## 1.3 Projekt budowlany

Projekt budowlany należy opracować zgodnie z Prawem Budowlanym i zasadami określonymi w niniejszych wytycznych

# 2. Podstawowe oznaczenia

## 2.1 Cechy geometryczne

<b><i>A</i></b>	pole przekroju poprzecznego rury przewodowej
<b><i>DN</i></b>	średnica nominalna rury przewodowej
<b><i>D<sub>Z</sub></i></b>	średnica zewnętrzna rury przewodowej
<b><i>D<sub>ZP</sub></i></b>	średnica zewnętrzna rury osłonowej
<b><i>G</i></b>	grubość ścianki rury przewodowej
<b><i>g<sub>p</sub></i></b>	grubość ścianki rury osłonowej
<b><i>H</i></b>	głębokość ułożenia osi rurociągu
<b><i>H<sub>p</sub></i></b>	grubość przykrycia rurociągu gruntem
<b><i>L, C, D</i></b>	długość ramion kompensacji
<b><i>L</i></b>	długość odcinka rurociągu
<b><i>L<sub>max</sub></i></b>	długość montażowa rurociągu
<b><i>ε</i></b>	wydłużenie jednostkowe rurociągu
<b><i>ΔL</i></b>	wydłużenie rurociągu o długości L, zasypanego gruntem
<b><i>ΔL<sub>n</sub></i></b>	wydłużenie rurociągu nie zasypanego, o długości L <sub>n</sub> , podgrzanego do temperatury [T <sub>p</sub> ], wydłużenie swobodne
<b><i>ΔL<sub>Z</sub></i></b>	wydłużenie (skrócenie) rurociągu zasypanego gruntem i podgrzanego do temperatury [T]
<b><i>L<sub>n</sub></i></b>	długość odcinka rurociągu nie zasypanego
<b><i>L</i></b>	długość rury preizolowane
<b><i>R</i></b>	promień gięcia rury preizolowane
<b><i>β</i></b>	kąt gięcia rury preizolowane



## 2.2 Obciążenia, siły przekrojowe, nośność

$V$	jednostkowy nacisk gruntu na rurę osłonową
$F$	siła tarcia na poboczniczy rury osłonowej
$N$	siła normalna
$N_{max}$	maksymalna siła normalna
$N_{PS}$	siła normalna oddziałująca na punkt stały
$N_{RC}$	nośność obliczeniowa przekroju przy ściskaniu
$p$	ciśnienie w rurze przewodowej

## 2.3 Naprężenia i wytrzymałość

$\sigma$	naprężenie normalne
$\tau$	naprężenie styczne
$R_e$	specyfikowana przez producenta (normowa) granica plastyczności
$R_m$	specyfikowana przez producenta wytrzymałość na rozciąganie
$R_r$	wytrzymałość na rozrywanie
$R_s$	wytrzymałość na ściskanie
$\sigma_{tr}$	naprężenia ściskające w czasie transportu
$\sigma_H$	naprężenia obwodowe
$\sigma_x$	naprężenia osiowe
$f_d$	zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali
$f_{dT}$	zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali w podwyższonej temperaturze
$f_d'$	wytrzymałość obliczeniowa stali

## 2.4 Stałe materiałowe, współczynniki i inne oznaczenia

$E$	współczynnik sprężystości podłużnej
$E_T$	współczynnik sprężystości podłużnej z uwzględnieniem wpływu temperatury
$\nu$	współczynnik Poissona
$\alpha$	współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej
$\lambda$	współczynnik przewodności cieplnej
$\gamma$	współczynnik obciążenia
$\mu$	współczynnik tarcia
$\rho$	gęstość gruntu zasypowego
$T$	temperatura eksploatacyjna
$T_0$	temperatura montażu
$T_p$	temperatura podgrzania wstępnego
$\Delta T$	różnica temperatur
$A_5$	minimalne wydłużenie w procentach
$\rho_S$	gęstość stali
$\rho_{PE}$	gęstość twardego polietylenu
$\psi$	współczynnik redukcyjny nośności obliczeniowej przekroju
$k$	współczynnik uwzględniający działanie sił tarcia między rurą a podłożem.



## 3. Materiały i wyroby

### 3.1 Rury przewodowe

Rura przewodowa to atestowana stalowa rura bez szwu wykonana ze stali ST 37.0 wg DIN-1629, PN-EN 10216-2 ze stali P235GH lub PN-EN 10216-1/A1 ze stali P235TR1/P235TR2 albo atestowana stalowa rura ze szwem wg DIN - 1626 ze stali St 37.0, PN-EN 10217-2/A1 i PN-EN 10217-5/A2 ze stali P235GH lub PN-EN 10217-1/A1 stal P235TR1/P235TR2.

W przypadku zastosowania rur do przesyłu ciepłej wody użytkowej - stosowane są stalowe rury bez szwu, dla gatunku stali St 37.0 wg DIN - 1629 lub dla rur ze stali P235GH wg PN-EN 10216-2, P235TR1/P235TR2 wg PN-EN 10216-1 i ocynkowane wg PN-EN 10240, PN-EN ISO 1461, PN-EN 1179.

Właściwości mechaniczne wg PN-90/B-03200, DIN-1629, PN-EN 10216-1/A1, PN-EN 10216-2, PN-EN 10217-1/A1, PN-EN 10217-2/A1 i PE-EN 10217-5/A1

Rodzaj wyrobu	Gatunek stali	Właściwości mechaniczne			
		R <sub>e</sub>	R <sub>m</sub>	A <sub>5</sub>	f <sub>d</sub> '
		MPa	MPa	%	MPa
Rury ze szwem spiralnym lub wzdłużnym	St 37.0 P235GH	235	350	25	210
Rury walcowane bez szwu	St 37.0 P235GH	235	345	25	210
Rury walcowane galwanicznie ocynkowane	St 37.0 P235GH	235	345	25	210

Stałe materiałowe stali:

$$E = 205 \text{ GPa}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\alpha_t = 1,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Inne rodzaje rur przewodowych:

rury miedziane,  
 rury z polietylenu,  
 rury z polipropylenu  
 rury z polichlorku winylu dochlorowanego

### 3.2 Rury osłonowe

Rura osłonowa wykonana jest zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 253 z polietylenu wysokiej gęstości (PEHD) :

Rodzaj wyrobu	Znak	Właściwości mechaniczne			
		$\sigma_H$	R <sub>r</sub>	R <sub>s</sub>	$\sigma_{tr}$
		MPa	MPa	MPa	MPa
Rura osłonowa	PEHD	4,0	24,0	37,0	3,0

Stałe materiałowe PEHD:

$$E = 1,0 \text{ GPa}$$

$$\lambda = 0,43 \text{ W/mK}$$

$$\alpha_t = 0,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{PE} = 950 \text{ kg/m}^3$$

Współczynnik tarcia między rurą osłonową i gruntem:

$$\mu = 0,3 \div 0,5$$

Inne rodzaje rur osłonowych

Rury SPIRO z blachy ocynkowanej lub aluminiowej (dla sieci nadziemnych),  
 rury z polichlorku winylu,  
 rury stalowe



### 3.3 Sztywna pianka

Sztywna pianka poliuretanowa odpowiada wymaganiom normy PN-EN 253.

Gęstość w każdym miejscu: min 60 kg/m<sup>3</sup>

Wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym:

przy odkształceniu względnym 10% min 0,3 MPa  
 index MDI min 130

Współczynnik przewodzenia ciepła dla  $\lambda_{50}$ :

- dla systemu spieniania cyklopentanem max. 0,029 W/mK  
 - dla systemu spieniania CO<sub>2</sub> (bez freonu) max. 0,030 W/mK

### 3.4 Zespół rurowy

Zespół rurowy - rura preizolowana odpowiada wymaganiom normy PN-EN 253/A1:2007/A2:2006(U).

Współczynnik przewodzenia ciepła przy:

temperaturach rury przewodowej 70°C-90°C max 0,029 W/mK  
 przewidywana trwałość: min 30 lat

Wytrzymałość na ścinanie w kierunku:

osiowym (temp. 20°C) min 0,12 MPa  
 (temp. 140°C) min 0,08 MPa  
 obwodowym (temp. 20°C) min 0,20 MPa

W systemie *ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o.* stosowane są rury preizolowane do DN 1200. W tabelach podano wymiary geometryczne rur preizolowanych do DN 600.

Jednostkowe straty ciepłne dla rurociągu preizolowanego podano w tabeli nr 2.

$T_{\text{gruntu}} = 8^{\circ}\text{C}$

$H_p = 0,6 \text{ m}$

## Wymiary rur preizolowanych

Tabela 1

Rura stalowa przewodowa					Rura osłonowa (PEHD)		Rura osłonowa (PEHD)	
DN	DZ	R-35	St 37.0	P235GH	Izolacja STANDARD		Izolacja PLUS	
		G	g	g	Dzp	gp	Dzp	gp
mm	mm	Mm	mm	mm	Mm	mm	mm	mm
20	26,9	2,9	2,6	min 2,6	75	3,0	90	3,0
25	33,7	2,9	2,6	min 2,6	90	3,0	110	3,0
32	42,4	2,9	2,6	min 2,6	110	3,0	125	3,0
40	48,3	2,9	2,6	min 2,6	110	3,0	125	3,0
50	60,3	3,2	2,9	min 2,9	125	3,0	140	3,0
65	76,1	3,2	2,9	min 2,9	140	3,0	160	3,0
80	88,9	3,6	3,2	min 3,2	160	3,0	200	3,2
100	114,3	4,0	3,6	min 3,6	200	3,2	225	3,4
125	139,7	4,0	3,6	min 3,6	225	3,4	250	3,6
150	168,3	4,5	4,0	min 4,0	250	3,6	315	4,1
200	219,1	6,3	4,5	min 4,5	315	4,1	400	4,8
250	273,0	7,1	5,0	min 5,0	400	4,8	450	5,2





300	323,9	7,1	5,6	min 5,6	450	5,2	500	5,6
350	355,6	8,0	5,6	min 5,6	500	5,6	520	5,8
400	406,4	8,8	6,3	min 6,3	520	5,8	560	6,0
450	457,0	10,0	6,3	min 6,3	560	6,0	630	6,6
500	508,0	11,0	6,3	min 6,3	630	6,6	710	7,2
600	610,0	-	7,1	min 7,1	800	7,9	-	-

### **Jednostkowe straty ciepłe rurociągu preizolowanego [W/m]**

Tabela 2

D <sub>Z</sub> mm	D <sub>ZP</sub> mm	Temperatura rurociągu					
		150°C	130°C	110°C	90°C	70°C	50°C
26,9	75	20,2	17,3	14,5	11,7	8,8	6,0
33,7	90	24,7	21,2	17,7	14,3	10,8	7,3
42,4	110	25,5	21,9	18,3	14,7	11,1	7,5
48,3	110	29,3	25,2	21,1	16,9	12,8	8,7
60,3	125	33,0	28,3	23,7	19,0	14,4	9,8
76,1	140	39,3	33,8	28,2	22,7	17,2	11,6
88,9	160	40,7	35,0	29,2	23,5	17,8	12,0
114,3	200	42,7	36,7	30,7	24,7	18,6	12,6
139,7	225	49,9	42,8	35,8	28,8	21,8	14,7
168,3	250	59,6	51,2	42,8	34,4	26,0	17,6
219,1	315	65,1	56,0	46,8	37,6	28,4	19,3
273,0	400	62,5	53,7	44,9	36,1	27,3	18,5
323,9	450	72,3	62,1	52,0	41,8	31,6	21,4
355,6	500	70,1	60,2	50,4	40,5	30,6	20,7
406,4	560	74,6	64,1	53,6	43,1	32,6	22,1
457,0	630	74,7	64,2	53,7	43,2	32,6	22,1
508,0	710	72,0	61,9	51,8	41,6	31,5	21,3
610,0	800	88,6	76,1	63,6	51,2	38,7	26,2

## **4. Dane wyjściowe do projektowania**

Do obliczeń sił tarcia [F], siły normalnej przekroju [N], maksymalnej długości montażowej [L<sub>max</sub>] i wydłużeń [ΔL] rurociągów systemu **ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o.** przyjęto następujące wielkości obciążeń oraz stałe materiałowe:

głębokość ułożenia osi rurociągu	H = 1m
gęstość gruntu zasypowego zagęszczonego	ρ = 1650 kg/m <sup>3</sup>
współczynnik tarcia między rurą ostonową a gruntem	μ = 0,35
współczynnik parcia spoczynkowego	K = 0,6
ciśnienie robocze w rurociągu	p = 1,6 MPa
zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali	f <sub>d</sub> = 150 MPa
temperatura eksploatacyjna	
Zasilanie	T = 135°C
Powrót	T = 80°C
temperatura montażu	T <sub>0</sub> = 8°C
współczynnik sprężystości podłużnej z uwzględnieniem wpływu temperatury	E <sub>T</sub> = 204 GPa
współczynnik rozszerzalności cieplnej liniowej	



dla zakresu 0÷100°C	$a_T = 1,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
dla zakresu 0÷150°C	$a_T = 1,22 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
współczynniki obciążenia:	
stan graniczny nośności	$\gamma = 1,1$
stan graniczny użytkowania	$\gamma = 1,0$
współczynnik Poissona	$\nu = 0,3$

## 5. Zasady projektowania

### 5.1 Metoda wymiarowania

Wymiarowanie konstrukcji rurociągu przeprowadza się metodą stanów granicznych nośności i użytkowania według PN-76/B-03001, PN-EN 13941 wykazując, że w fazie eksploatacji rurociągu, spełniony jest warunek nośności rurociągu.

### 5.2 Obciążenia

Preizolowany przewód, ułożony bezpośrednio w gruncie, obciążony jest:

- siłami tarcia na pobocznicy rury osłonowej,
- siłami parcia gruntu na rurę osłonową,
- siłami pochodzącymi od ciśnienia w rurze przewodowej,

a ponadto poddany jest wpływom zmian temperatury czynnika grzewczego w rurze przewodowej.

Tak więc mamy układ statyczny o ograniczonym stopniu swobodnego wydłużania się, w którym w przypadku wzrostu lub spadku temperatury w rurze przewodowej powstaną siły normalne zależne od sił tarcia oraz ciśnienia wewnątrz rury przewodowej.

#### 5.2.1 Siła parcia gruntu na rurę

Jednostkowe parcie spoczynkowe gruntu na rurociąg, należy wyznaczyć zgodnie z PN-83/B-03010 według wzoru :

- |                    |                                                     |                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|
| - składowa pionowa | $V_z = \gamma \cdot H \cdot \rho \cdot g$           | [N/m <sup>2</sup> ] |
| - składowa pozioma | $V_x = \gamma \cdot H \cdot \rho \cdot g \cdot K_0$ | [N/m <sup>2</sup> ] |

w którym:

$\gamma$  - współczynnik obciążenia

$H$  - głębokość ułożenia osi rurociągu [m]

$P$  - gęstość gruntu zasypowego [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  - przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>]

$K_0$  - współczynnik parcia spoczynkowego

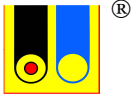
Dla określenia jednostkowego parcia gruntu na rurociąg, jako równomiernie rozłożonego na obwodzie, przyjmuje się wartość średnią i oblicza według wzoru:

$$V = 0,5 \cdot (V_z + V_x)$$

#### 5.2.2 Siła tarcia na pobocznicy rury

Siłę tarcia na jednostkę długości rury [F] oblicza się według wzoru:

$$F = \mu \cdot V \cdot \pi \cdot D_{zp} \quad [\text{N/m}]$$



gdzie:

$\mu$  - współczynnik tarcia między rurą osłonową i gruntem

$V$  - jednostkowy nacisk gruntu na rurę osłonową [N/m<sup>2</sup>]

$D_{zp}$  - średnica zewnętrzna rury osłonowej [m]

### 5.2.3 Siła normalna [N] w rurze przewodowej

Siłę normalną [N] w rurze przewodowej, o długości [L], od obciążenia siłami tarcia, oblicza się według wzoru :

$$N = F \cdot L \quad [N]$$

gdzie:

$F$  - siła tarcia na jednostkę długości rurociągu [N/m]

$L$  - długość odcinka rurociągu [m]

### 5.3 Siły pochodzące od ciśnienia wewnętrznego w rurze przewodowej

Zakłada się, że obciążenie od ciśnienia wywieranego przez czynnik grzewczy przejmuje rura przewodowa, w której powstają naprężenia:

- obwodowe  $\sigma_H = \frac{p \cdot (D_z - g)}{2 \cdot g}$  [N/m<sup>2</sup>]

- osiowe  $\sigma_x = \frac{p \cdot (D_z - g)}{4 \cdot g}$  [N/m<sup>2</sup>]

gdzie:

$p$  - ciśnienie w rurze przewodowej [N/m<sup>2</sup>]

$D_z$  - średnica zewnętrzna rury przewodowej [m]

$g$  - grubość ścianki rury przewodowej [m]

Siła normalna od ciśnienia wewnętrznego - naprężenia osiowego:

$$N_x = \sigma_x \cdot A \quad [N]$$

gdzie:

$A$  - pole przekroju poprzecznego rury przewodowej [m<sup>2</sup>]

Wpływ siły normalnej, od ciśnienia wewnętrznego w rurze przewodowej, na nośność obliczeniową przekroju jest niewielki, stąd w dalszych obliczeniach może być pomijany.

### 5.4 Nośność obliczeniowa przekroju rury przewodowej

Zgodnie z PN-90/B-03200, musi być spełniony warunek, że siła normalna w rurze nie może przekroczyć jej nośności obliczeniowej, to znaczy :

$$N - N_x \leq N_{RC} \quad [N]$$

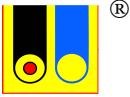
Po podstawieniu za  $N = F \cdot L$ ,  $N_x = \sigma_x \cdot A$  oraz za  $N_{RC} = \psi \cdot A \cdot f_d$  mamy:

$$F \cdot L - \sigma_x \cdot A \leq \psi \cdot A \cdot f_d \quad [N]$$

gdzie:

$F$  - jednostkowa siła tarcia [N/m]

$L$  - długość odcinka rurociągu [m]



$\psi$  - współczynnik redukcyjny nośności obliczeniowej przekroju  
 $A$  - pole przekroju poprzecznego rury przewodowej [mm<sup>2</sup>]  
 $f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]  
 $\sigma_x$  - naprężenia osiowe [N/m<sup>2</sup>]

## 6. Projektowanie sieci ciepłowniczej w systemie ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o.

Projektowanie polega na określeniu :

- długości montażowej rurociągu [ $L_{max}$ ], dla której maksymalna siła normalna w rurze przewodowej [ $N_{max}$ ] nie przekracza jej nośności obliczeniowej [ $NRC$ ],

- wydłużeń rurociągu [ $\Delta L$ ] i kompensowaniu ich w sposób naturalny wykorzystując zmiany kierunku trasy rurociągu (układy kompensujące) lub stosując kompensatory.

### 6.1 Metoda I - naturalna

Rurociąg po zamontowaniu i przeprowadzeniu prób jest zasypany gruntem.

#### 6.1.1 Maksymalna długość montażowa [ $L_{max}$ ] odcinka prostego rurociągu

Zgodnie z punktem 5.4 warunek na nośność obliczeniową przekroju rury przewodowej określa wzór:

$$F \cdot L - \sigma_x \cdot A \leq \psi \cdot A \cdot f_d \quad [N]$$

gdzie:

$F$  - jednostkowa siła tarcia [N/m]

$L$  - długość odcinka rurociągu [m]

$\psi$  - współczynnik redukcyjny nośności obliczeniowej przekroju

$A$  - pole przekroju poprzecznego rury przewodowej [mm<sup>2</sup>]

$f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]

$\sigma_x$  - naprężenia osiowe [N/m<sup>2</sup>]

Jeżeli  $L = L_{max}$  oraz przyjmując  $\psi = 1$  (klasa 1 przekroju), maksymalna długość montażowa [ $L_{max}$ ] wynosi :

$$L_{max} = \frac{A \cdot (f_d + \sigma_x)}{F} \quad [m]$$

Maksymalne długości montażowe [ $L_{max}$ ] dla podanych w tabeli nr 3 i 4 średnic i grubości ścianek rur przewodowych podano dla założonej głębokości ułożenia osi rurociągu  $H = 1.0$  m i przyjętych według pkt 4 danych wyjściowych do projektowania.

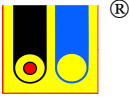


**Tabela 3**

Rura przewodowa bez szwu			Rura osłonowa	Siła tarcia	Długość montażowa
Dz	g	A	Dz <sub>p</sub>	F	L <sub>max</sub>
mm	mm	mm <sup>2</sup>	Mm	N/m	m
26,9	2,9	219	75	1410	24
33,7	2,9	281	90	1410	31
42,4	2,9	360	110	1723	32
48,3	2,9	414	110	1723	38
60,3	3,2	574	125	1958	46
76,1	3,2	733	140	2193	53
88,9	3,6	965	160	2506	61
114,3	4,0	1386	200	3132	71
139,7	4,0	1705	225	3524	79
168,3	4,5	2316	250	3916	97
219,1	6,3	4212	315	4934	140
273,0	7,1	5931	400	6265	156
323,9	7,1	7066	450	7048	168
355,6	8,0	8736	500	7831	187
406,4	8,8	10992	560	8144	211
457,0	10,0	14043	630	8771	239
508,0	11,0	17175	710	9867	260

**Tabela 4**

Rura przewodowa ze szwem			Rura osłonowa	Siła tarcia	Długość montażowa
Dz	g	A	Dz <sub>p</sub>	F	L <sub>max</sub>
mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm	N/m	m
26,9	2,6	198	75	1410	22
33,7	2,6	254	90	1410	28
42,4	2,6	325	110	1723	29
48,3	2,6	373	110	1723	34
60,3	2,9	523	125	1958	42
76,1	2,9	667	140	2193	49
88,9	3,2	862	160	2506	55
114,3	3,6	1252	200	3132	65
139,7	3,6	1539	225	3524	72
168,3	4,0	2065	250	3916	88
219,1	4,5	3034	315	4934	104
273,0	5,0	4210	400	6265	115
323,9	5,6	5600	450	7048	137
355,6	5,6	6158	500	7831	138
406,4	6,3	7919	560	8144	158
457,0	6,3	8920	630	8771	161
508,0	6,3	9930	710	9867	162



Długość montażową  $L_{max}^{H_i}$  i jednostkową siłę tarcia  $F^{H_i}$  rurociągu ułożonego na głębokości  $H_i$  można określić z następujących wzorów:

$$L_{max}^{H_i} = \frac{L_{max}}{H_i} \quad F^{H_i} = F \cdot H_i$$

np. dla:  $D_z = 26,9 \text{ mm}$   $g = 2,9 \text{ mm}$   
 $L_{max} = 24 \text{ m}$   $F = 1410 \text{ N/m}$  -wg tabeli 3

dla  $H_i = 0,6 \text{ m}$   $L_{max}^{0.6} = \frac{24}{0.6} = 40 \text{ m}$   $F^{0.6} = 1410 \cdot 0,6 = 846 \text{ N/m}$

W przypadku zastosowania stalowej rury przewodowej o polu przekroju ( $A$ ) innym niż podano w tabeli nr 3 i 4,  $L_{max}$  należy proporcjonalnie zmienić.

### 6.1.2 Wydłużenie rurociągu

Wydłużenie  $[\Delta L]$  rurociągu preizolowanego, zasypanego gruntem, o długości montażowej  $[L]$  określa się jako różnicę wydłużenia swobodnego od wzrostu temperatury i wydłużenia odpowiadającego siłom tarcia, wg wzoru:

$$\Delta L = a_t (T - T_0) \cdot L - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E_T \cdot A}$$

gdzie:

$a_t$ - współczynnik rozszerzalności liniowej	[1/°C]
$T$ - temperatura eksploatacyjna	[°C]
$T_0$ - temperatura montażu	[°C]
$L$ - długość odcinka rurociągu	[m]
$F$ - jednostkowa siła tarcia	[N/m]
$E_T$ - współczynnik sprężystości podłużnej	[N/m <sup>2</sup> ]
$A$ - pole przekroju rury przewodowej	[m <sup>2</sup> ]

Po podstawieniu przyjętych danych wyjściowych (p.4) otrzymamy uproszczoną postać wzoru na wydłużenie  $[\Delta L]$  wyrażone w  $[mm]$  :

dla $T = 80^\circ\text{C}$	$\Delta L = 0,864 \cdot L - W \cdot H \cdot L^2$	[mm]
dla $T = 135^\circ\text{C}$	$\Delta L = 1,549 \cdot L - W \cdot H \cdot L^2$	[mm]

gdzie:

0,864 i 1,549 - stałe	[mm/m]
$W$ - współczynnik zależny od przekroju rury przewodowej podany w tabeli nr 5 i 6.	[mm/m <sup>3</sup> ]
$H$ - głębokość ułożenia rurociągu	[m]
$L$ - długość odcinka rurociągu	[m]



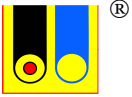
## **Współczynnik "W" do wyznaczania wydłużenia rurociągu**

**Tabela 5**

Rura przewodowa bez szwu			Współczynnik	
			Izolacja STANDARD	Izolacja PLUS
Dz	g	A	W	W
mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm/m <sup>3</sup>	mm/m <sup>3</sup>
26,9	2,9	219	0,0144	0,0176
33,7	2,9	281	0,0112	0,0137
42,4	2,9	360	0,0107	0,0121
48,3	2,9	414	0,0093	0,0105
60,3	3,2	574	0,0076	0,0085
76,1	3,2	733	0,0067	0,0076
88,9	3,6	965	0,0058	0,0072
114,3	4,0	1386	0,0050	0,0057
139,7	4,0	1705	0,0046	0,0051
168,3	4,5	2316	0,0038	0,0047
219,1	6,3	4212	0,0026	0,0029
273,0	7,1	5931	0,0024	0,0026
323,9	7,1	7066	0,0022	0,0025
355,6	8,0	8736	0,0020	0,0021
406,4	8,8	10992	0,0017	0,0018
457,0	10,0	14043	0,0014	0,0016
508,0	11,0	17175	0,0013	0,0014

**Tabela 5a**

Rura przewodowa ze szwem			Współczynnik	
			Izolacja STANDARD	Izolacja PLUS
Dz	g	A	W	W
mm	mm	Mm <sup>2</sup>	mm/m <sup>3</sup>	mm/m <sup>3</sup>
26,9	2,6	198	0,0158	0,0193
33,7	2,6	254	0,0124	0,0151
42,4	2,6	325	0,0118	0,0134
48,3	2,6	373	0,0103	0,0117
60,3	2,9	523	0,0083	0,0093
76,1	2,9	667	0,0073	0,0084
88,9	3,2	862	0,0065	0,0081
114,3	3,6	1252	0,0056	0,0063
139,7	3,6	1539	0,0051	0,0057
168,3	4,0	2065	0,0042	0,0053
219,1	4,5	3034	0,0036	0,0041
273,0	5,0	4210	0,0033	0,0037
323,9	5,6	5600	0,0028	0,0310
355,6	5,6	6158	0,0028	0,0029
406,4	6,3	7919	0,0023	0,0025
457,0	6,3	8920	0,0022	0,0025
508,0	6,3	9930	0,0022	0,0025
610,0	7,1	13448	0,0021	0,0000



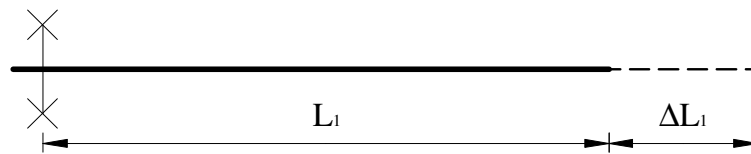
## 6.2 Metoda II - naprężeń wstępnych

Rurociąg po zmontowaniu i przeprowadzeniu prób, przed zasypaniem gruntem, poddany jest wstępnemu podgrzaniu. Rurociąg po osiągnięciu wymaganego wydłużenia jest zasypywany.

Temperaturę podgrzania rurociągu [ $T_p$ ] przyjmuje się o takiej wielkości, aby po ochłodzeniu zasypanego rurociągu do temperatury montażu [ $T_o$ ] oraz ponownym podgrzaniu do temperatury eksploatacyjnej [ $T$ ], naprężenia osiowe [ $\sigma$ ] nie przekroczyły wytrzymałości obliczeniowej na ściskanie i rozciąganie [ $f_d$ ] rury stalowej.

### 6.2.1 Wydłużenie [ $\Delta L_n$ ] rurociągu nie zasypanego

Rurociąg podgrzany wstępnie do temperatury [ $T_p$ ], nie zasypywany :



Wydłużenie [ $\Delta L_n$ ] rurociągu o długości [ $L_n$ ] podgrzanego do temperatury [ $T_p$ ] nie zasypanego gruntem - czyli wydłużenie swobodne - oblicza się wg wzoru:

$$\Delta L_n = k \cdot \alpha_t \cdot (T_p - T_o) \cdot L_n \quad [\text{m}]$$

gdzie:

$k$  - współczynnik uwzględniający działanie sił tarcia między rurą a podłożem  $k=0,7 \div 0,8$

$\alpha_t$  - współczynnik rozszerzalności liniowej  $[1/^\circ\text{C}]$

$T_p$  - temperatura podgrzania wstępnego  $[^\circ\text{C}]$

$T_o$  - rzeczywista temperatura montażu  $[^\circ\text{C}]$

$L_n$  - długość odcinka rurociągu nie zasypanego  $[\text{m}]$

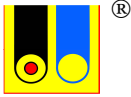
Wydłużenie swobodne rurociągu podgrzanego wstępnie można określić jako iloczyn wydłużenia jednostkowego [ $\varepsilon$ ] i długości rurociągu [ $L_n$ ]:

$$\Delta L_n = \varepsilon \cdot L_n \quad [\text{mm}]$$

Wydłużenie jednostkowe rurociągu:

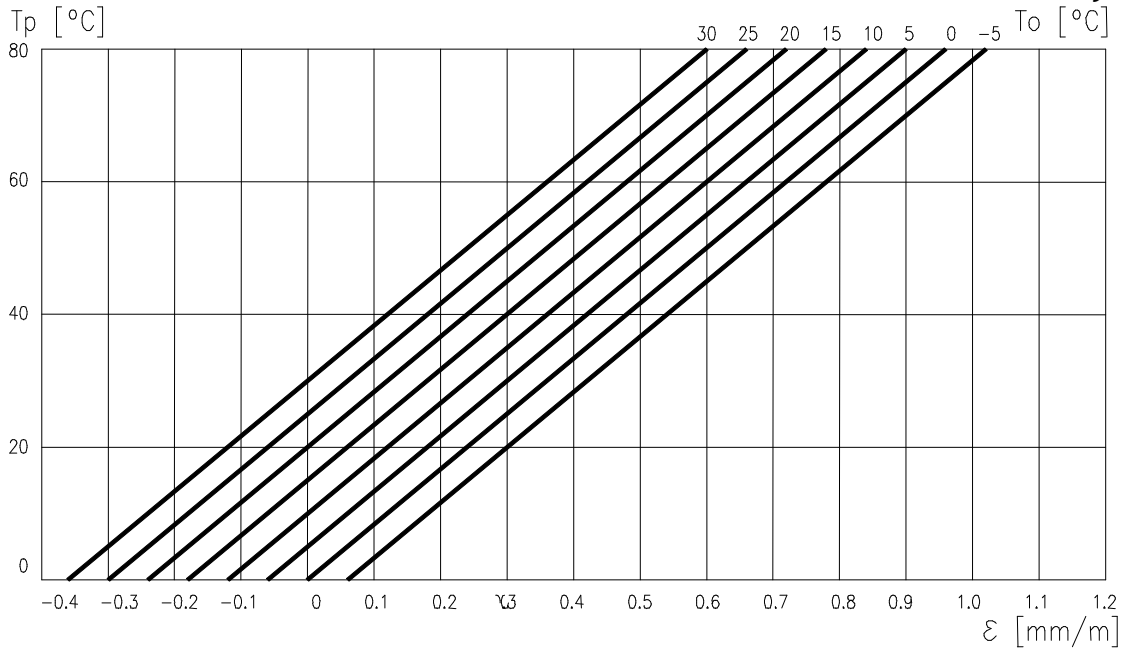
$$\varepsilon = \alpha_t \cdot (T_p - T_o) \quad [\text{mm/m}]$$





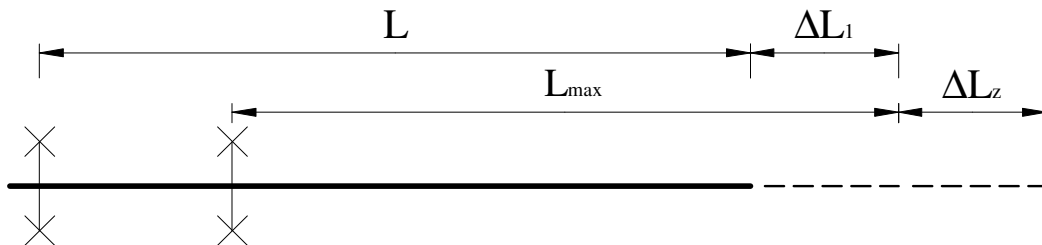
## Wydluzenie jednostkowe rurociagu

Wykres 1



### 6.2.2 Wydluzenie (skrócenie) [ $\Delta L_z$ ] rurociagu zasypanego

Rurociąg zasypany i podgrzany do temperatury eksploatacyjnej [ $T$ ]:



Wydluzenie (skrócenie) rurociagu zasypanego [ $\Delta L_z$ ] oblicza się wg wzoru:

$$\Delta L_z = \alpha_t \cdot (T - T_p) \cdot L_{\max} - \frac{F \cdot L_{\max}^2}{2 \cdot E_T \cdot A} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

$\alpha_t$  - współczynnik rozszerzalności liniowej [1/°C]

$T$  - temperatura eksploatacyjna [°C]

$T_p$  - temperatura podgrzania wstępnego [°C]

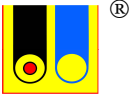
$L_{\max}$  - długość montażowa rurociagu [m]

$F$  - jednostkowa siła tarcia [N/m]

$E_T$  - współczynnik sprężystości podłużnej z uwzględnieniem wpływu temperatury [N/m<sup>2</sup>]

$A$  - pole przekroju poprzecznego rury przewodowej [m<sup>2</sup>]

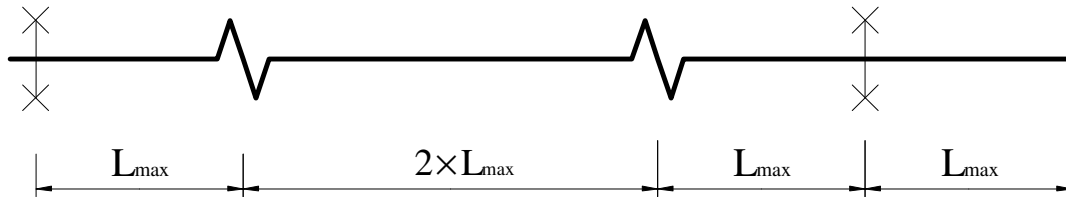
Obliczając skrócenie według wyżej wymienionego wzoru należy podstawić odpowiednie temperatury, a długość montażową rurociagu  $L_{\max}$  obliczyć według wzoru - punkt 6.1.1.



## 6.3 Metoda II a - naprężeń wstępnych z użyciem kompensatorów jednorazowego zastosowania

Rurociąg z zamontowanymi kompensatorami, po przeprowadzeniu prób jest zasypywany gruntem, za wyjątkiem miejsc zamontowania kompensatorów, a następnie poddany wstępnemu podgrzaniu.

Odległość między kompensatorami nie powinna być większa niż dwukrotna maksymalna długość montażowa [ $2 L_{max}$ ], ustalona wg punktu 6.1, a odległość kompensatorów od zamocowania rurociągu rzeczywistym lub wirtualnym punktem stałym nie większa niż długość montażowa [ $L_{max}$ ], obliczona zgodnie z p.6.1.1.



Nastawienie kompensatora, który ma przejść wydłużenia rurociągu [ $\Delta L$ ], podgrzanego wstępnie, a następnie eksploatowanego w temperaturze [ $T$ ] oblicza się wg wzoru :

$$\Delta L = \alpha_t \cdot (T - T_0) \cdot L - \frac{F \cdot L^2}{4 \cdot E_T \cdot A} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

$\alpha_t$ - współczynnik rozszerzalności liniowej	[1/°C]
$T$ - temperatura eksploatacyjna	[°C]
$T_0$ - temperatura podgrzania wstępnego	[°C]
$L$ - długość odcinka rurociągu	[m]
$F$ - jednostkowa siła tarcia	[N/m]
$E_T$ - współczynnik sprężystości podłużnej z uwzględnieniem wpływu temperatury	[N/m <sup>2</sup> ]
$A$ - pole przekroju poprzecznego rury przewodowej	[m <sup>2</sup> ]

## 6.4 Zmiana kierunku trasy rurociągu

Zmiany kierunku trasy rurociągu mogą być wykonane za pomocą:

- ukosowania stalowych rur przewodowych w złączu,
- kolan preizolowanych prefabrykowanych,
- elastycznego gięcia rurociągu na budowie,
- preizolowanych rur giętych.

Załamania zmian kierunku trasy o kąt  $\alpha < 10^\circ$  traktowane jest jak odcinek prosty rurociągu.



## 6.4.1 Zmiany kierunku trasy sieci przez ukosowanie stalowych rur przewodowych w złączu

Max różnica temperatur	Max kąt załamania	Uwaga:
90 K	2°	Maksymalne odchylenie kątowe z pominięciem tolerancji po montażu nie powinno przekraczać $\pm 0,25^\circ$
100 K	1°	
110 K	0,5°	Minimalna odległość pomiędzy ukosowanymi złączami powinna wynosić 6,00 m
> 110 K	0°	

## 6.4.2 Zmiany kierunku trasy sieci przez zastosowanie prefabrykowanych kolan preizolowanych

Zmiany kierunku trasy rurociągu za pomocą preizolowanych kolan o kąty: 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90° wykonuje się dla całego zakresu średnic

Tabela 6

Średnica	Gatunek stali	promień gięcia ( r )
DN 20 do DN 80	R - 35 lub P235GH	3 × Dz
DN 100 do DN 300	St 37.0 lub P235GH	1,5 × DN

Dz - średnica zewnętrzna rury stalowej.

## 6.4.3 Zmiany kierunku trasy sieci przez elastyczne gięcie rurociągu

Zmontowany rurociąg nad wykopem z rur preizolowanych o długości  $l = 6,00$  lub  $12,00$  m, jest opuszczany do wykopu i elastycznie gięty. Minimalny promień gięcia i odpowiadający kąt gięcia rur ( $\beta$ ) w zależności od średnicy rurociągu i zastosowanych długości rur preizolowanych podano w tabeli.

Tabela 7

Rura przewodowa stalowa		Rura osłonowa	Promień gięcia	Kąt gięcia	
Średnica		Dzp		Długość rur	
nominalna	zewnętrzna			6,00 m	12,00 m
DN	Dz	Dzp	r	$\beta$	$\beta$
mm	mm	mm	m	stopień	stopień
20	26,9	75	17	20,0	—
25	33,7	90	20	17,0	—
32	42,4	110	24	14,0	28,0
40	48,3	110	28	12,0	24,0
50	60,3	125	34	10,0	20,0
65	76,1	140	42	8,0	16,4



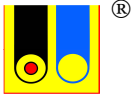
80	88,9	160	49	7,0	14,0
100	114,3	200	65	5,3	10,6
125	139,7	225	76	—	9,0
150	168,3	250	97	—	7,1
200	219,1	315	123	—	5,6
250	273,0	400	153	—	4,5
300	323,9	450	182	—	3,8
350	355,6	500	200	—	3,4
400	406,4	560	224	—	3,1
450	457,0	630	251	—	2,7
500	508,0	710	283	—	2,4
600	610,0	800	343	—	2,0

#### 6.4.4 Zmiany kierunku trasy poprzez zastosowanie preizolowanych rur giętych

Proste odcinki rur preizolowanych o długościach  $l = 6,00$  lub  $12,00$  m, są gięte specjalnymi urządzeniami na zadany - potrzebny kąt. Preizolowane rury gięte należy stosować do optymalizacji przebiegu trasy oraz mogą być stosowane zamiast kolan. Dopuszczalny - minimalny promień ( $r_{min}$ ) i odpowiadający mu maksymalny kąt ( $\beta$ ) gięcia rury preizolowanej, o długości  $l = 12,00$  m w zależności od średnicy stalowej rury przewodowej ( $D_z$ ) oraz grubości przykrycia gruntem rurociągu ( $H$ ) i przy założeniu, że naprężenia w rurze stalowej nie przekroczą  $f_d = 150$  MPa, podane w tabeli. \*) - promienie gięcia dotyczą rur o długości  $l = 6,00$  m.

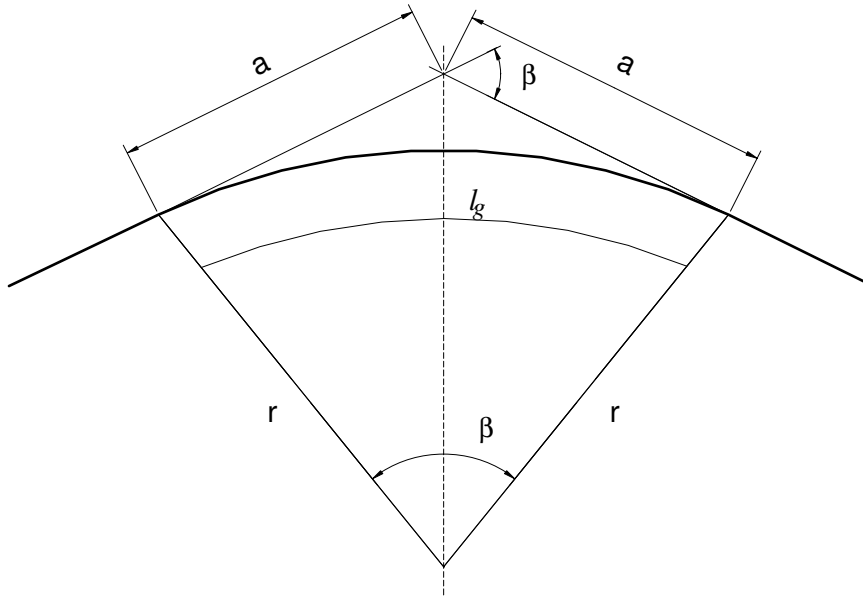
Tabela 8

Rura przewodowa stalowa		Rura ostonowa	Grubość przykrycia rurociągu [m]											
nominalna	zewnątrzna		0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1,0	
DN	Dz	Dzp	r	$\beta$	r	$\beta$	r	$\beta$	r	$\beta$	r	$\beta$	r	$\beta$
mm	mm	mm	m	stop nie	m	stop nie	m	stop nie	m	stop nie	m	stop nie	m	stop nie
20	26,9 <sup>*)</sup>	75	6,5	—	5,4	—	4,7	—	4,1	—	3,6	—	3,3	—
25	33,7 <sup>*)</sup>	90	8,4	—	7,0	—	6,0	—	5,3	—	4,7	—	4,2	—
32	42,4	110	8,8	—	7,3	—	6,3	—	5,5	—	4,9	—	4,4	—
40	48,3	110	10,1	—	8,4	—	7,2	—	6,3	—	5,6	—	5,0	—
50	60,3	125	12,3	—	10,3	—	8,8	—	7,7	—	6,9	—	6,1	—
65	76,1	140	14,0	—	11,7	—	10,1	—	8,8	—	7,8	—	7,0	—
80	88,9	160	16,2	—	13,5	—	11,6	—	10,2	—	9,0	—	8,1	—
100	114,3	200	18,5	37	15,5	44	13,3	52	11,7	59	10,4	66	9,3	74
125	139,7	225	20,3	34	16,9	41	14,6	47	12,7	54	11,4	61	10,1	68
150	168,3	250	24,8	28	20,7	33	17,8	39	15,6	44	13,9	50	12,4	56
200	219,1	315	25,8	27	21,6	32	18,5	37	16,2	42	14,4	48	12,9	53
250	273,0	400	28,2	24	23,6	29	20,2	34	17,7	39	15,8	43	14,1	49
300	323,9	450	33,3	21	27,9	25	23,9	29	21,0	33	18,7	37	16,7	41



Wzory pomocnicze i wytyczne do wyznaczania przebiegu trasy rurociągu przy zastosowaniu rur giętych lub (naginanie) gięcia elastycznego

Z projektu wyznaczamy kąt ( $\beta$ ) zmiany kierunku trasy rurociągu.



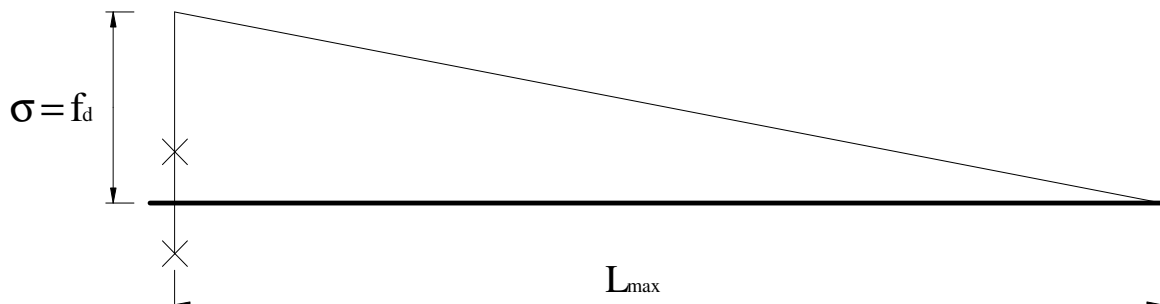
długość stycznej: 
$$a = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad [\text{m}]$$

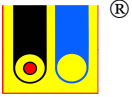
promień gięcia: 
$$r = \frac{360 \cdot l_g}{2 \cdot \pi \cdot \beta} \quad [\text{m}]$$

Długość rurociągu ( $l_g$ ) na odcinku łuku, należy przyjmować jako wielokrotność odcinków rur preizolowanych odpowiednio  $l = 6,00 \text{ m}$  dla średnicy  $DN 20$  i  $DN 25$  i  $l = 12,00 \text{ m}$  dla średnicy  $DN 32$  i powyżej. W przypadku gięcia elastycznego, długość rurociągu w łuku ( $l_g$ ) ustala się po wyznaczeniu w projekcie kąta zmiany kierunku trasy.

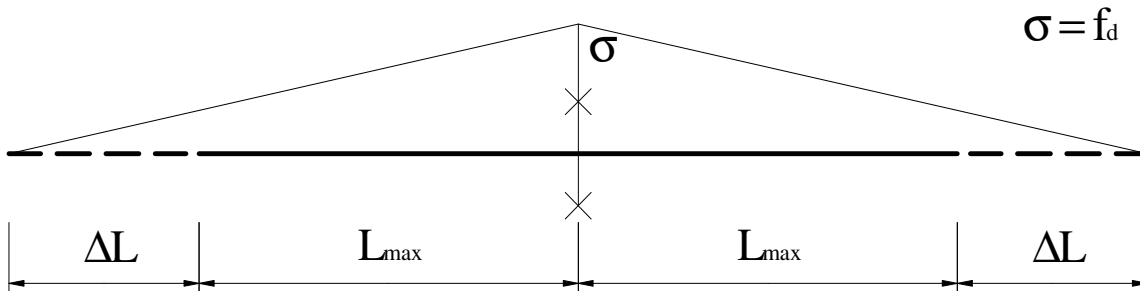
## 7. Kompensacja wydłużeń

Stan naprężeń normalnych [ $\sigma$ ] i wydłużenie [ $\Delta L$ ] rurociągu (zasypanego i następnie eksploatowanego do temperatury  $T$ ) o długości montażowej [ $L_{max}$ ], przy którym nie nastąpi przekroczenie zredukowanej wytrzymałości obliczeniowej stali [ $f_d$ ] przekroju rury przewodowej, ilustruje wykres :





Tak więc długość odcinków prostych rurociągów nie powinna przekraczać  $2 \times L_{max}$ , przy czym w środku rozpiętości wydłużenie  $\Delta L = 0$  i ustala się wirtualny (umowny) punkt stały - rurociąg zostaje umocowany, a na swobodnych końcach rurociągu wystąpi wydłużenie  $[\Delta L]$ .



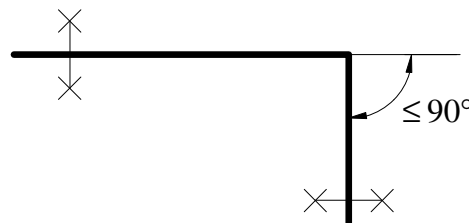
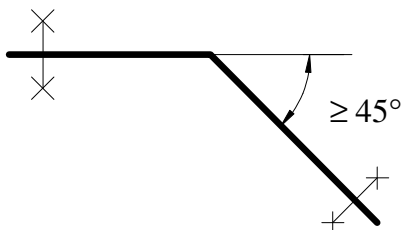
Wydłużenia występujące w rurociągach kompensowane są przez zmianę kierunku trasy (kompensacja naturalna) lub montowanie kompensatorów.

W zależności od kształtu geometrycznego trasy jako kompensację naturalną stosuje się:

- układ "L" - kształtowy,
- układ "Z" - kształtowy,
- układ "U" - kształtowy.

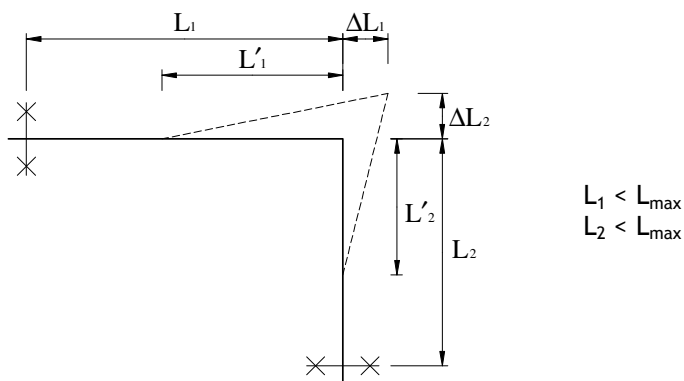
## 7.1 Układ „L”- kształtowy

Do układu kompensacyjnego "L" - kształtowego zalicza się zmianę kierunku trasy o kącie od  $45^\circ$  do  $90^\circ$ .



## Obliczenie wydłużeń i długości ramion kompensacji

Układ kompensacji L90 - zmiana kierunku o kąt  $90^\circ$



Długość ramion kompensacji  $[L']$  oblicza się wg wzorów:



$$L'_1 = 1.2 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L_2} \quad [\text{m}]$$

$$L'_2 = 1.2 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L_1} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

$D_z$  - średnica zewnętrzna rury przewodowej [m]

$f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]

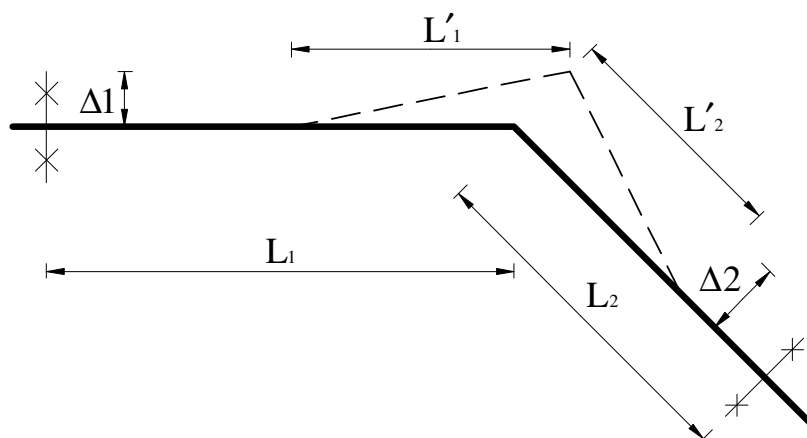
$E_T$  - współczynnik sprężystości podłużnej [MPa]

$\Delta L_1$  - wydłużenie odcinka  $L_1$  (obliczyć wg pkt 6.1.2) [m]

$\Delta L_2$  - wydłużenie odcinka  $L_2$  (obliczyć wg pkt 6.1.2) [m]

Długość ramion kompensacji [ $L'$ ], dla stosowanych średnic rury przewodowej [ $D_z$ ] i warunków ułożenia rurociągu w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ], można określić z wykresu nr 2.

Układ kompensacji  $L \geq 45^\circ$  - zmiana kierunku o kąt  $\geq 45^\circ$



Długości ramion kompensacji [ $L'_1$ ] i [ $L'_2$ ] oblicza się, z uwzględnieniem zredukowanych wydłużeń  $\Delta 1$  i  $\Delta 2$ , wg wzoru :

$$L'_1 = 1.2 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta 2} \quad [\text{m}]$$

$$L'_2 = 1.2 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta 1} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

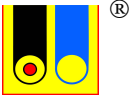
$D_z$  - średnica zewnętrzna rury przewodowej [m]

$f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]

$E_T$  - współczynnik sprężystości podłużnej [MPa]

$\Delta 1$  - zredukowane wydłużenie odcinka  $L_1$  [m]

$\Delta 2$  - zredukowane wydłużenie odcinka  $L_2$  [m]



Zredukowane wartości wydłużeń oblicza się wg wzoru:

$$\Delta l = \frac{\Delta L_2}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{\Delta L_1}{\sin \alpha} \quad [\text{mm}]$$

$$\Delta 2 = \frac{\Delta L_2}{\sin \alpha} + \frac{\Delta L_1}{\operatorname{tg} \alpha} \quad [\text{mm}]$$

gdzie:

$\alpha$  - kąt rozwarcia

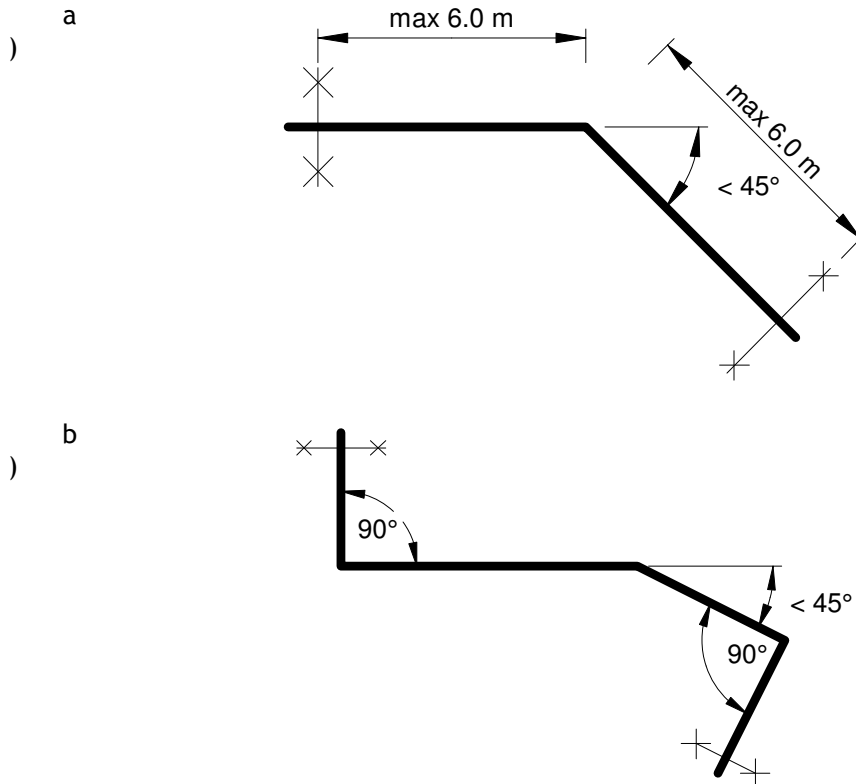
$\Delta L_1$  - wydłużenie odcinka  $L_1$  (obliczone wg pkt 6.1.2) [m]

$\Delta L_2$  - wydłużenie odcinka  $L_2$  (obliczone wg pkt 6.1.2) [m]

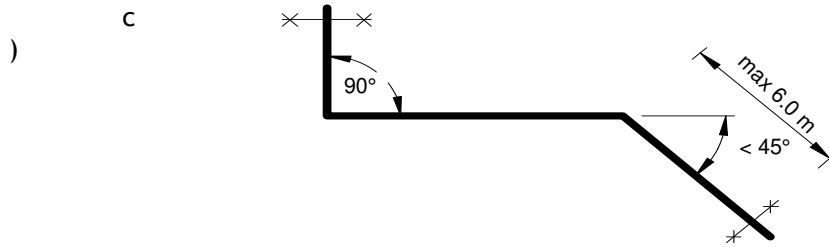
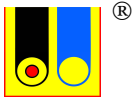
Długość ramion kompensacji [ $L'1$ ] i [ $L'2$ ] dla stosowanych średnic rury przewodowej [ $D_z$ ] w zależności od wydłużenia zredukowanego [ $\Delta l$ ] i [ $\Delta 2$ ] można określić z wykresu nr 2.

### Szczególne wymagania

Układ jest nie kompensacyjny w przypadku zastosowania zmian kierunku trasy o kąt  $80^\circ < \alpha < 45^\circ$ . Układ taki powinien być zabezpieczony przed przeciążeniem za pomocą punktu stałego w odległości  $\max L = 6,0$  m lub układu kompensacyjnego  $L 90$  w odległości nie większej niż  $0,5 \cdot L_{\max}$ .





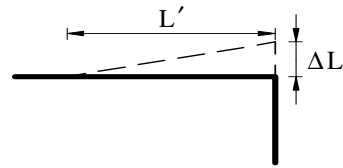


### Układ "L"-kształtowy

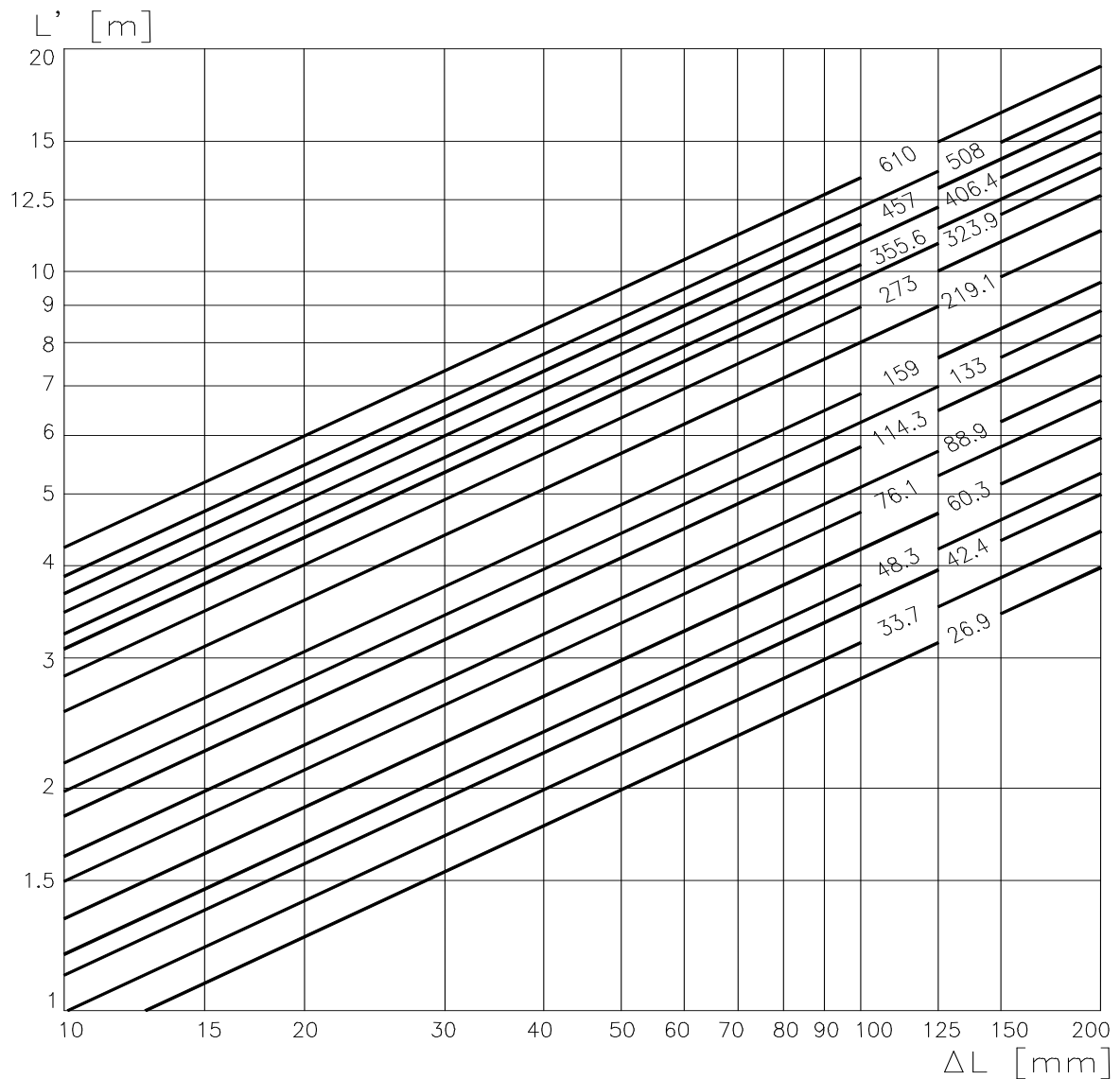
Długość ramion kompensacji [ $L'$ ] w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ].

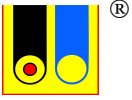
$E = 204 \text{ GPa}$

$f_d = 150 \text{ MPa}$



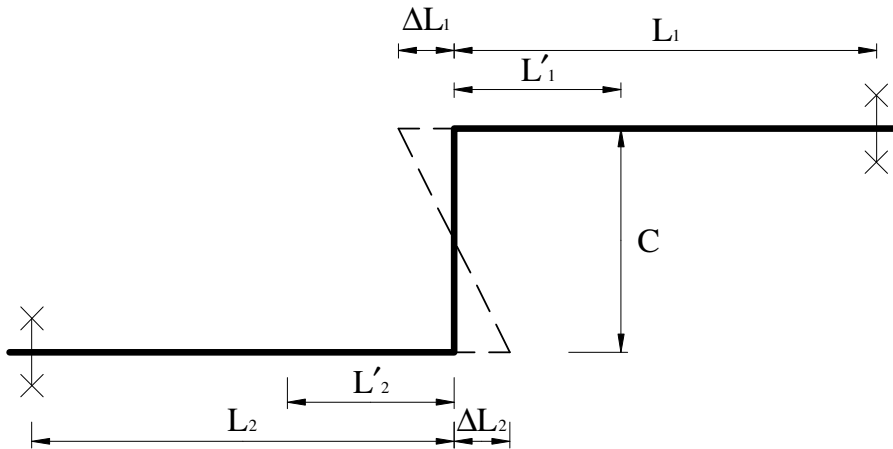
Wykres 2





## 7.2 Układ "Z" - kształtowy

Długość ramienia kompensacji [C] układu Z- kształtowego oblicza się wg wzoru:



$$C = \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

$D_z$  - średnica zewnętrzna rury przewodowej [m]

$f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]

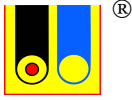
$E_T$  - współczynnik sprężystości podłużnej [MPa]

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

$\Delta L_1$  - wydłużenie odcinka  $L_1$  (obliczamy wg pkt 6.1.2) [m]

$\Delta L_2$  - wydłużenie odcinka  $L_2$  (obliczamy wg pkt 6.1.2) [m]

Długości ramion kompensacji [C] układu Z - kształtowego dla stosowanych średnic rury przewodowej i przyjętych danych wyjściowych, w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ] można określić wg wykresu nr 3.

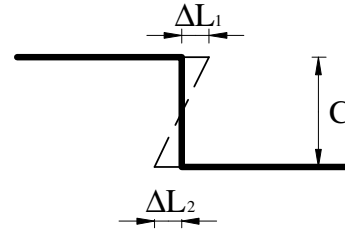


## Układ "Z" - kształtowy

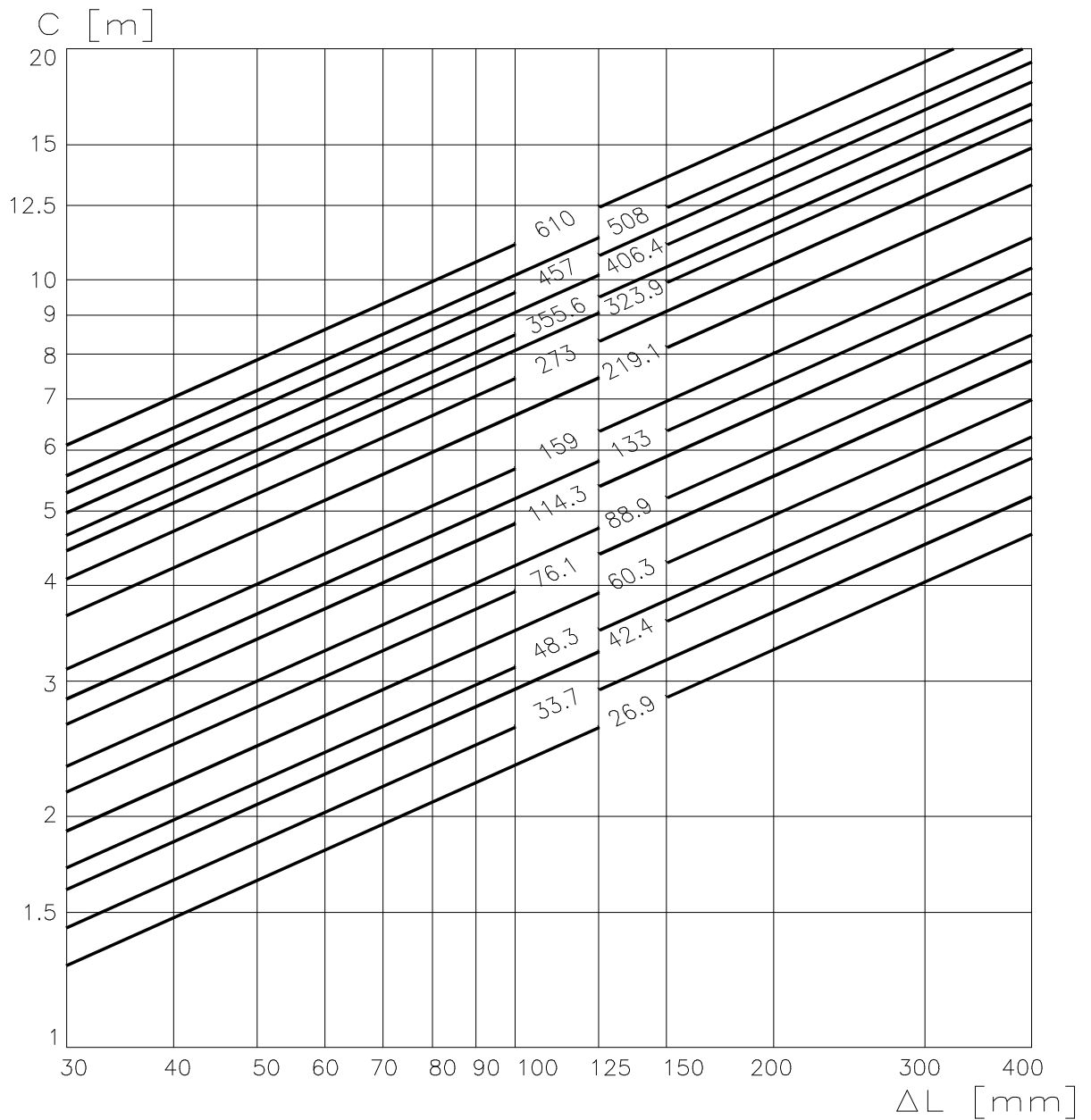
Długość ramion kompensacji [C] w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ].

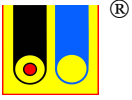
$E = 204 \text{ GPa}$

$f_d = 150 \text{ MPa}$



Wykres nr 3

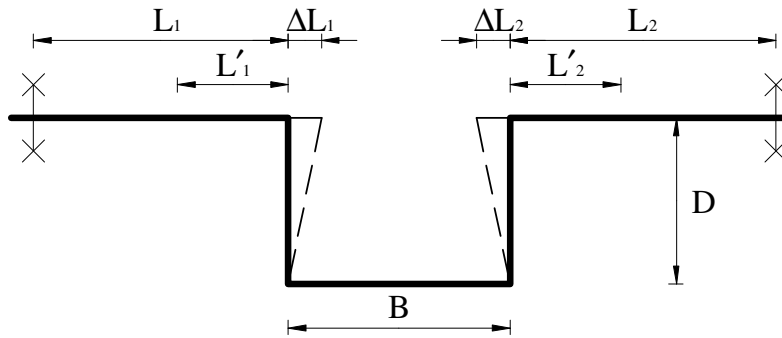




### 7.3 Układ "U" - kształtowy

Jako układ "U"- kształtowy traktuje się układ o długości ramion [D] mieszczącej się w granicach:

$$B \leq D \leq 2 * B$$



Długość ramienia kompensacji [D] układu "U"-kształtowego oblicza się wg wzoru:

$$D = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L} \quad [\text{m}]$$

gdzie:

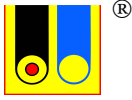
$D_z$  - średnica zewnętrzna rury przewodowej [m]  
 $f_d$  - zredukowana wytrzymałość obliczeniowa stali [MPa]  
 $E_T$  - współczynnik sprężystości podłużnej [MPa]

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

$\Delta L_1$  - wydłużenie odcinka  $L_1$  (obl.wg p.6.1.2) [m]

$\Delta L_2$  - wydłużenie odcinka  $L_2$  (obl.wg p.6.1.2) [m]

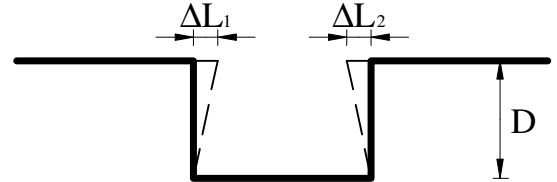
Długości ramion kompensacji [D] układu "U"-kształtowego dla stosowanych średnic rury przewodowej i przyjętych danych wyjściowych, w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ] można określić wg wykresu nr 4.



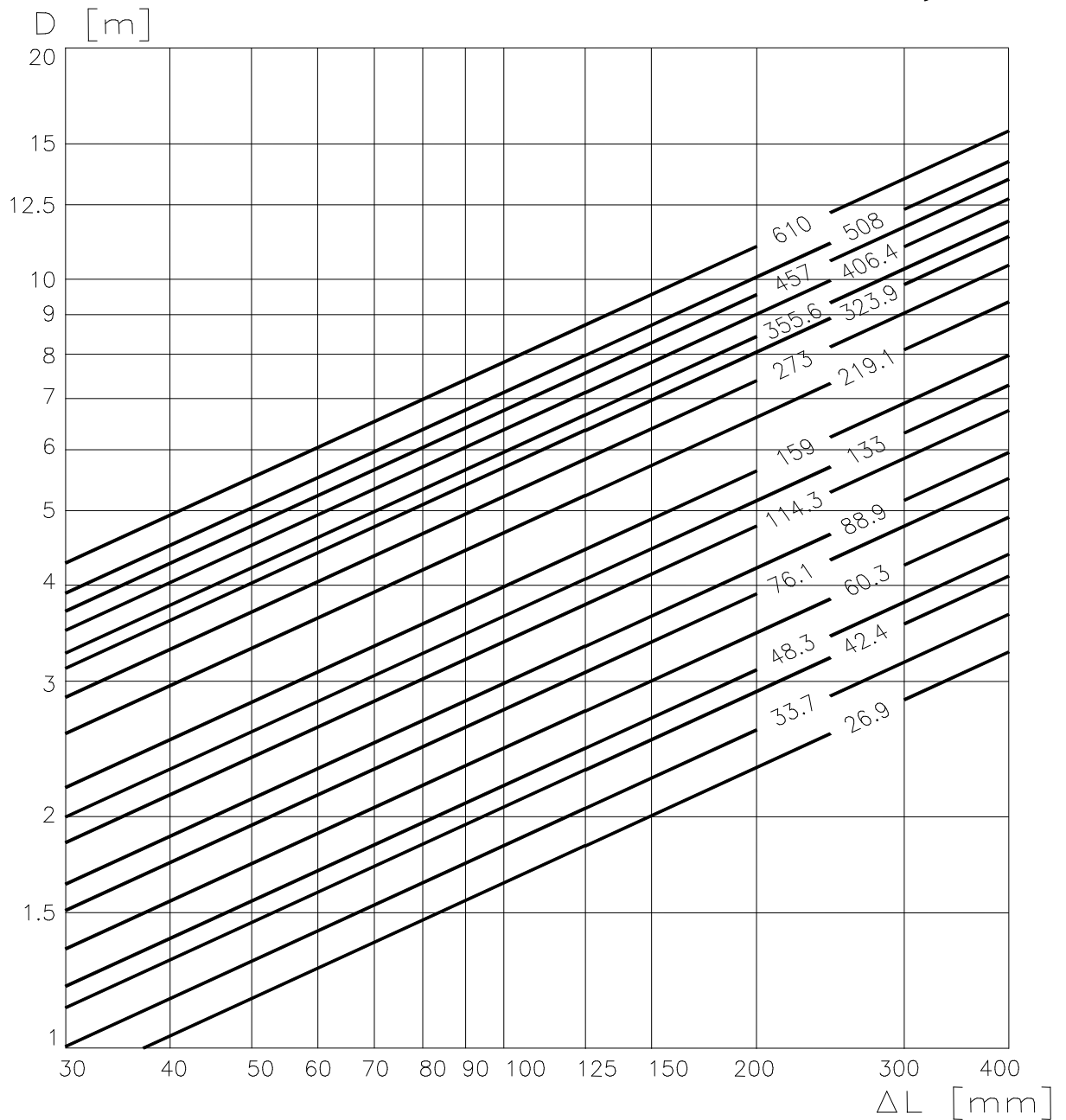
## Układ "U" - kształtowy

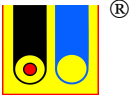
Długości ramion kompensacji [ $D$ ] w zależności od wydłużenia [ $\Delta L$ ].

$E = 204 \text{ GPa}$   
 $f_d = 150 \text{ MPa}$



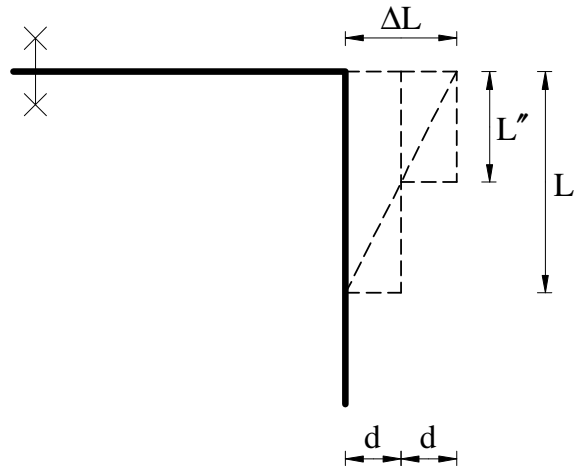
Wykres nr 4





## 7.4 Strefy kompensacyjne

Przez strefę kompensacyjną należy rozumieć przestrzeń przy rurociągu, ograniczoną długością ramienia kompensacji [ $L'$ ] i występującymi wydłużeniami [ $\Delta L$ ], w której ma nastąpić odciążenie odcinka rurociągu bądź kolana od parcia rurociągu na grunt. Zalecamy aby strefa kompensacyjna była wypełniona na odcinku  $L = 2/3L'$ .



### Zalecamy:

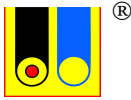
W celu prawidłowego wypełnienia strefy kompensacyjnej np. matami z wełny mineralnej lub płytami piankowymi, należy ułożenie poszczególnych warstw zestopniować, przyjmując, że jeżeli jedna warstwa maty o grubości [ $d$ ] przejmie część wydłużenia [ $\Delta L$ ] na długości [ $L'$ ], to druga mata powinna mieć długość [ $L''$ ] wynoszącą:

$$L'' = \frac{\Delta L - d}{\Delta L} \cdot L' \quad [\text{m}]$$

## 8. Punkt stały preizolowany - rzeczywisty

Preizolowane punkty stałe na sieciach cieplnych preizolowanych stosowane są w celu:

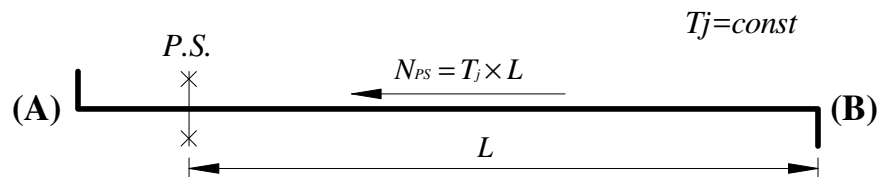
- odciążenia innych elementów preizolowanych konstrukcyjnie nie przystosowanych do przenoszenia obciążeń, tj. np. odgałęzienia trójników preizolowanych, wejścia rurociągów do budynków, zmianie technologii prowadzenia sieci cieplnej z tradycyjnej na preizolowaną;
- kształtowania pożądanych wydłużeń sieci cieplnej, np. w przypadku gdy ramię kompensacyjne kolana preizolowanego wyliczone w oparciu o wydłużenie rzeczywiste nie przenosi tego wydłużenia ze względu na warunki terenowe.



## 8.1 Obliczanie sił działających na punkt stały

### Punkt stały - odciążony

Punkt stały odciążony całkowicie jednostronnie to taki punkt, na który działa siła osiowa jednostronnie. Przypadek jednostronnego obciążenia punktu stałego spotykamy gdy z jednej strony punktu stałego przebiega odcinek prosty o długości  $L$ , z drugiej strony punktu stałego następuje załamanie trasy ciepłociągu, np. poprzez kolano  $90^\circ$ . Istotne jest, że odcinek prosty pomiędzy kolanem  $90^\circ$  (A) - kompensacyjnym i punktem stałym jest pomijalnie krótki. Sytuację tę ilustruje poniższy rysunek.



Siła osiowa  $[N_{ps}]$  działająca na punkt stały wyrażona jest wzorem:

$$N_{ps} = T_j \times L \quad [\text{N}]$$

gdzie:

$T_j$  - jednostkowa siła tarcia gruntu działająca na rurę preizolowaną  $[\text{N}/\text{m}]$

$L$  - długość rurociągu od P.S. do kolana kompensacyjnego (B)  $[\text{m}]$

### Punkt stały - częściowo odciążony

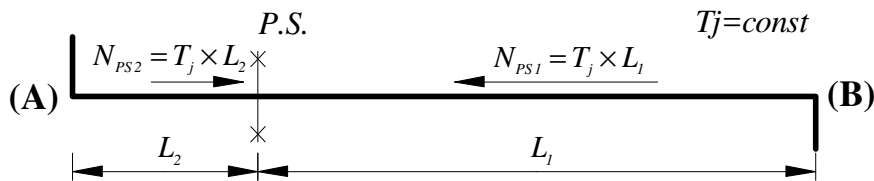
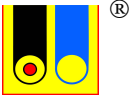
Punkt stały częściowo odciążony, to taki punkt stały gdzie siła osiowa spowodowana tarciem pomiędzy osłoną rury preizolowanej i obsybką piaskową rurociągu działająca na punkt stały:

$$N_{ps1} = T_j \times L_1 \quad [\text{N}]$$

zebrana z długości  $L_1$  pomiędzy punktem stałym i kolanem kompensacyjnym w punkcie (B), jest częściowo zredukowana siłą osiową przeciwnie skierowaną od tarcia gruntu działającą na punkt stały:

$$N_{ps2} = T_j \times L_2 \quad [\text{N}]$$

zebraną z długości  $L_2$  pomiędzy punktem stałym i kolanem kompensacyjnym w punkcie (A). Sytuację tę ilustruje poniższy rysunek:



Sumaryczna siła osiowa  $[N_{PS}]$ , działająca na punkt stały wyrażona jest wzorem:

$$N_{PS} = N_{PS1} - N_{PS2} \quad [N]$$

$$N_{PS} = T_j \times (L_1 - L_2) \quad [N]$$

(oznaczenia jak na poprzednim rysunku)

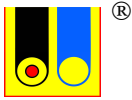
W tabeli nr 12 przedstawiono maksymalne wymiary bloków betonowych punktów stałych. Siły osiowe działające na punkt stały obliczono przy następujących założeniach:

- zagłębienie osi rurociągu poniżej poziomu gruntu  $H=1,0$  m;
- punkt stały całkowicie jednostronnie odciążony;
- długość odcinka, z którego zebrano siły osiowe działające na punkt stały wynosi  $L_{max}$ , gatunek stali St 37.0; izolacja standard;
- do wymiarowania bloków betonowych przyjęto dwukrotną wartość siły osiowej  $[N_{PS}]$  ze względu na oddziaływanie na blok betonowy rury zasilającej i powrotnej;
- jednostkowy odpór gruntu przy wymiarowaniu bloku betonowego przyjęto 150 kPa zgodnie z normą PN-81/B-03020.

Bloki fundamentowe punktów stałych należy projektować i wykonywać z betonu przynajmniej klasy B-15, zbrojonego stalą zbrojeniową klasy A-III w gatunku 34 GS.





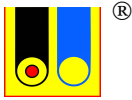


## MAKSYMALNE WYMIARY BLOKÓW BETONOWYCH PUNKTÓW STAŁYCH

Tabela 9

Średnica		Siła maksymalna przenoszona przez blok betonowy	Wymiary bloku punktu stałego			Zbrojenie bloku betonowego punktu stałego						
Rura stalowa	Rura osłonowa		[NPS]	A	B	H	Nr pręta	Średnica $\varnothing$	Ilość n	L1	L2	L3
Zewnętrzna												
Dz/g	Dzp	dN	cm	cm	cm		mm	szt.	cm	cm	cm	cm
26,9/2,6	75	6030	80	50	30	1	8	4	70	20		
						2	6	5			42	22
33,7/2,6	90	7530	105	50	30	1	8	4	95	20		
						2	6	6			42	22
42,4/2,6	110	10800	110	60	30	1	8	4	100	20		
						2	6	5			52	22
48,3/2,6	110	11730	130	60	30	1	8	4	120	20		
						2	6	5			52	22
60,3/2,9	125	15870	150	70	40	1	10	5	140	30		
						2	6	6			62	32
76,1/2,9	140	20580	165	80	40	1	10	6	155	30		
						2	6	7			72	32
88,9/3,2	160	27520	170	100	50	1	10	8	160	40		
						2	6	7			92	42
114,3/3,6	200	40970	205	120	70	1	10	10	195	60		
						2	6	8			112	62
139,7/3,6	225	48430	240	125	70	1	10	10	230	60		
						2	6	9			117	62
168,3/4	250	65050	280	140	100	1	12	10	270	90		
						2	8	11			132	92
219,1/4,5	315	90760	390	150	100	1	1	12	380	90		
						2	8	15			142	92
273,0/5	400	124863	446	180	100	1	14	14	435	90		
						2	10	17			172	92
323,9/5,6	450	173730	541	190	150	1	14	16	530	140		
						2	10	20			182	142

**UWAGA :** Wymiary fundamentów należy określać indywidualnie uwzględniając rzeczywistą wartość siły normalnej w rurociągach, sprawdzając warunki obliczeniowe stanu granicznego nośności odporu podłoża gruntowego i stateczności układu fundament podłoża gruntowe, zgodnie z normą PN-81/B-03020.

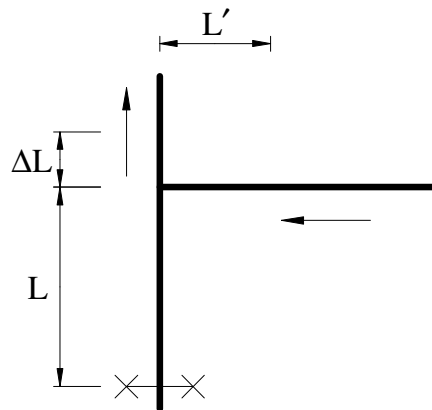


## 9. Odgałęzienia rurociągu i wejścia do budynków

Odgałęzienia rurociągu systemu *ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o.* należy realizować za pomocą trójników.

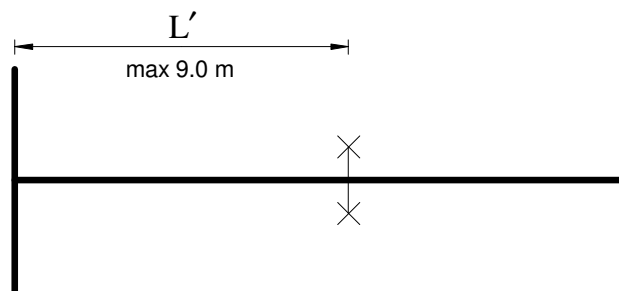
Na odgałęzienie oddziaływać będzie wydłużenie rurociągu głównego (jak na rysunku), ponadto odgałęzienie (przewód boczny) będzie również podlegało wydłużeniu termicznemu, oddziaływując na rurociąg główny.

Długość strefy kompensacyjnej [ $L'$ ] i wydłużenie [ $\Delta L$ ], oblicza się jak dla układu kompensacyjnego L90.

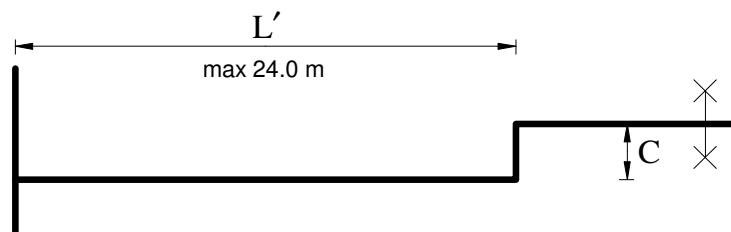


Zniwelowanie skutków wydłużenia termicznego odgałęzienia na rurociąg główny można zrealizować:

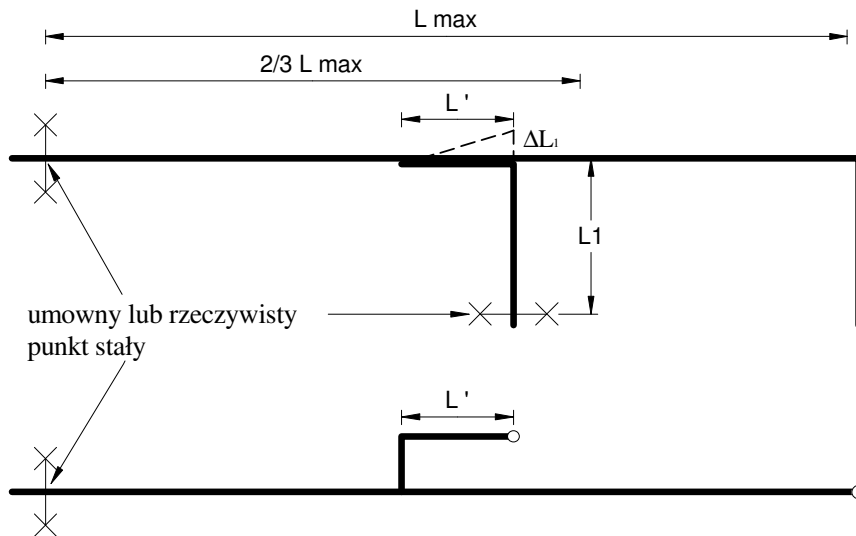
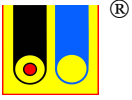
Wbudowując na odgałęzieniu rzeczywisty punkt stały w odległości max 9.0 m od osi rurociągu głównego:



Stosując na odgałęzieniu układ "Z" - kształtowy kompensacji w odległości max 24.0 m:

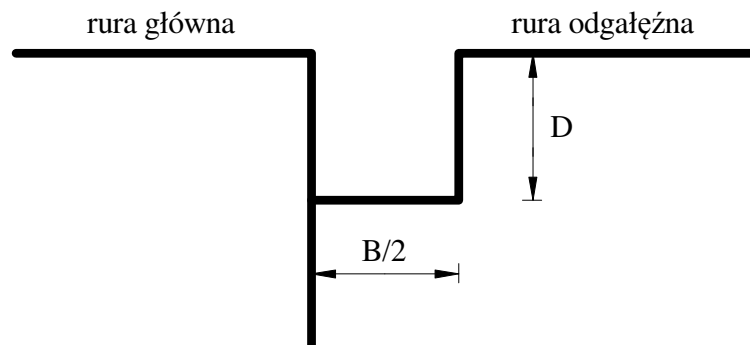


Stosując odgałęzienia równoległe do rury głównej na odcinku  $2/3 L_{\max}$  od punktu stałego (lub umownego)



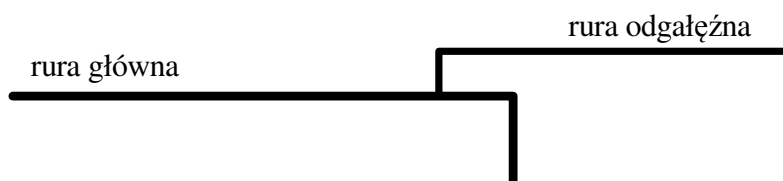
Długość ramienia kompensacji [ $L'$ ] odgałęzienia równoległego oblicza się, jak dla kompensacji w układzie "L" - kształtowym, tj. obliczamy wydłużenia  $\Delta L_1$  odcinka  $L_1$  i znajdujemy ramię kompensacyjne  $L'$  w funkcji  $\Delta L_1$  wg wykresu na str. 21.

W przypadku gdy odgałęzienie stanowi przedłużenie rury głównej, należy projektować połowę układu kompensacyjnego typu "U" - kształtowego.



***Nie należy projektować przebiegu odcinka preizolowanego równoległego sieci ciepłej jako przedłużenia odcinka głównego przy zastosowaniu trójkąta równoległego.***

Na rysunku poniżej przedstawiono nieprawidłowo zaprojektowany odcinek sieci ciepłej.

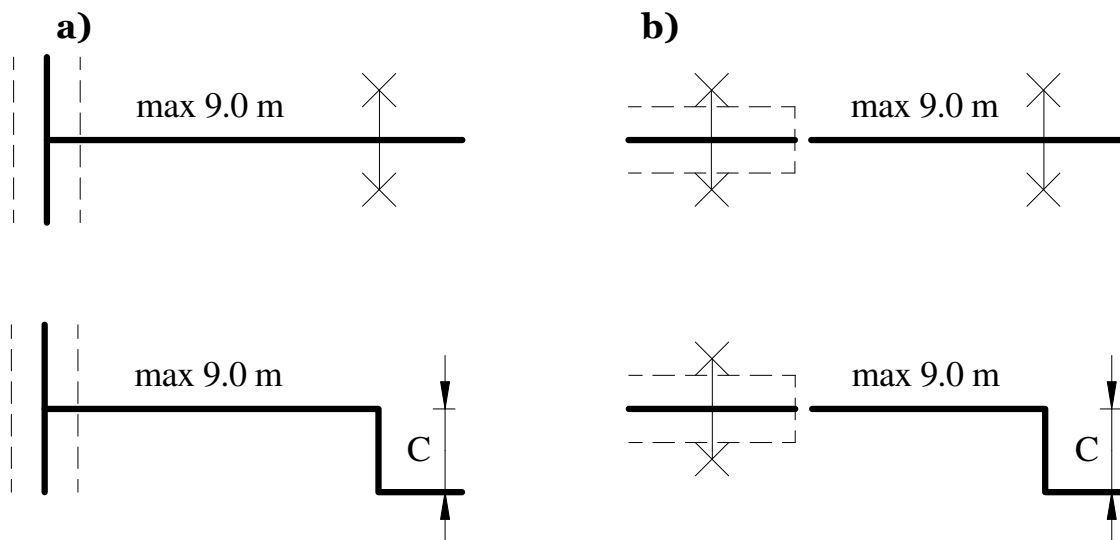


W strefach kompensacyjnych nie należy montować preizolowanej armatury odcinającej, odpowietrzającej, odwadniającej oraz odgałęzień preizolowanych.



## 10. Połączenie rurociągu preizolowanego z rurociągiem tradycyjnym (sieć kanałowa)

Skutki wydłużenia rurociągu preizolowanego niwelowane są przez wbudowanie punktu stałego lub układu "Z"-kształtowego w odległości max 9.0 m od osi rurociągu tradycyjnego lub połączenia.

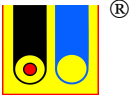


## 11. Armatura stalowa

Projektując preizolowaną armaturę stalową - zawory odcinające, zawory odcinające z jednym zaworem odpowietrzającym (odwadniającym), zawory odcinające z odwodnieniem i odpowietrzeniem - należy:

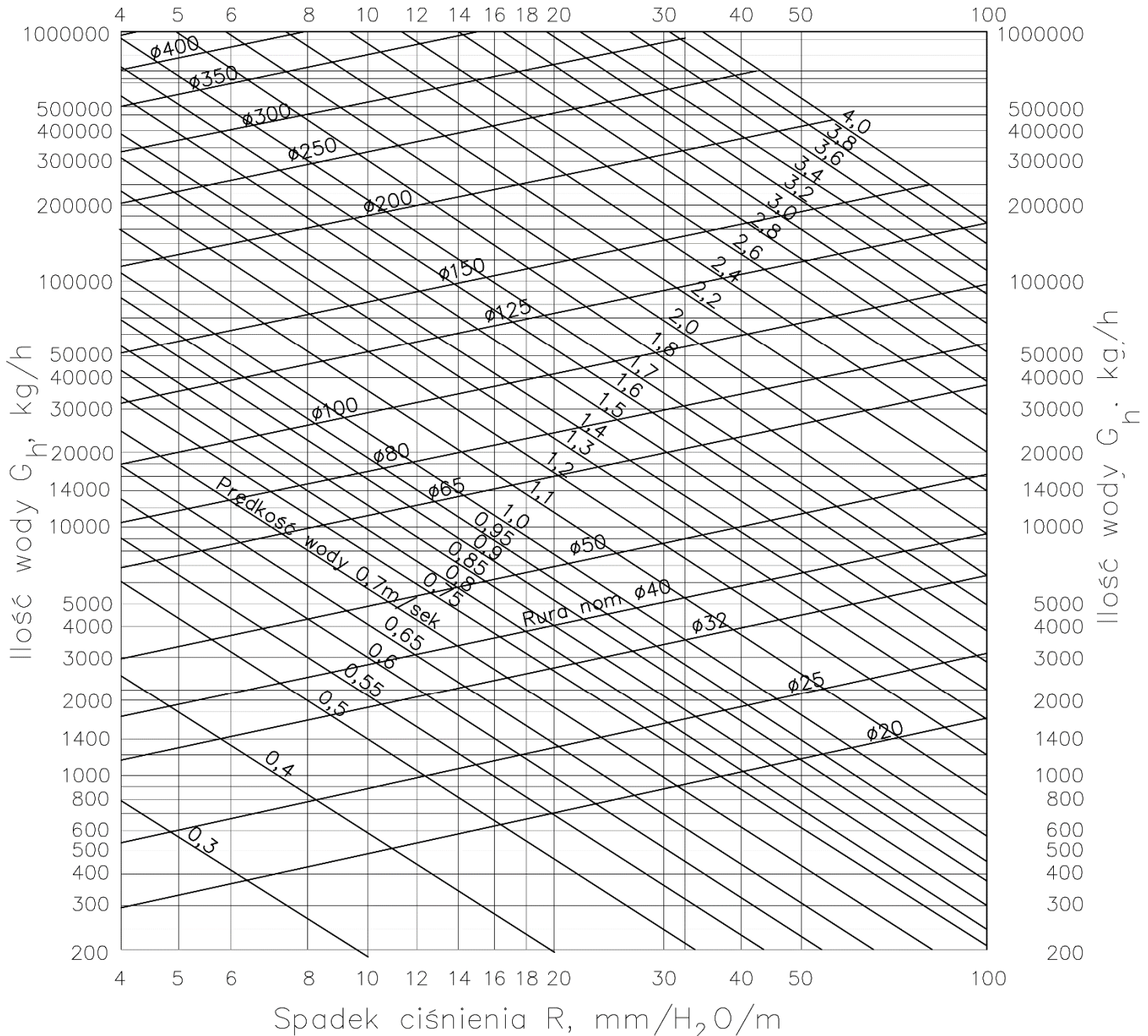
- nie lokalizować armatury w pobliżu kolan kompensacyjnych (kompensatorów typu L,Z,U),
- zapewnić dostęp do trzpienia zaworu odcinającego poprzez skrzynkę uliczną i rurę osłonową lub wykonanie studzienki z kręgów betonowych o średnicy minimum 600 mm
- trzpień zaworu odcinającego umieszczonego w gruncie zabezpieczyć matami kompensacyjnymi,
- zawory odcinające z odpowietrzeniem i odwodnieniem umieszczać w studzienkach z kręgów betonowych o średnicy minimum 1000 mm lub w komorach betonowych.

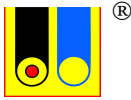
Armaturę stalową odcinającą stosuje się dla odcięcia przepływu czynnika w poszczególnych odcinkach i urządzeniach sieci ciepłowniczej. Zawory odwadniające należy projektować w najniższych a odpowietrzające w najwyższych punktach sieci ciepłowniczej oraz przy zaworach odcinających odpowiednio dla spustu wody i dla odpowietrzania lub napowietrzania.



## 12. Spadki ciśnienia i prędkości w przewodach dla systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o.o.

Nomogram sporządzono dla wody o temp.  $t=80^{\circ}\text{C}$ , spadek ciśnienia  $R$ ,  $\text{mm}(\text{H}_2\text{O})/\text{m}$





## 13. Informacje techniczne

Stosowanie rur i kształtek preizolowanych omówiono powyżej ogólnie, natomiast szczegóły odnośnie projektowania, wykonawstwa i odbioru sieci zawierają:

1. Wytyczne Wytyczne do projektowania  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
2. Instrukcja Wykrywanie nieszczelności rurociągów. Połączenia instalacji sygnalizacji - impulsowej (opis instalacji, zasady montażu i obsługi)  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
3. Instrukcja Wykonania i odbioru  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
4. Instrukcja Wykonania izolacji i hermetyzacji zespołu złącza  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
5. Instrukcja Spawania rur stalowych [IS/01/06]  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
6. Instrukcja Kontrola jakości połączeń spawanych rur stalowych [IK/01/06]  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
7. Instrukcja Technologia lutowania rur ocynkowanych  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
8. Instrukcja Złącza DX zgrzewane elektrycznie  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*
9. Instrukcja Złącza termokurczliwe zgrzewane elektrycznie typu DT  
*Systemu ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*

**Uwaga:** Dokonujemy nieodpłatnych adaptacji projektów instalacji ciepłowniczych z innych systemów do potrzeb wykonania w technologii *ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.*

## 14. Informacje handlowe

Producent i sprzedawca:

Zakład Produkcyjno Usługowy  
Międzyrzecz  
**POLSKIE RURY PREIZOLOWANE Sp. z o. o.,**  
Ul. Zakaszewskiego 4  
66-300 Międzyrzecz

**Telefony:**

**Fax.** +48 95 742 33 01, 742 33 02

**Sekretariat:** +48 95 741 25 26, 742 00 93, 742 33 00

**Biuro handlowe:** +48 95 742 33 43, 742 33 31

**Biuro zaopatrzenia:** +48 95 742 33 46, 742 33 56

**e-mail:** [zpu@zpum.pl](mailto:zpu@zpum.pl) <http://www.zpum.pl>