



Politechnika Wroclawska

OGRZEWNICTWO I CIEPŁOWNICTWO 1

Kod kursu : **ISS202038W**

WYKŁAD

CIEPŁOWNICTWO

Sieci ciepłownicze (chłodnicze)

Studia dzienne II° (magisterskie)

Aktualizacja : marzec 2011



Piśmiennictwo

- PN-EN 253 - System preizolowanych rur do podziemnych wodnych sieci ciepłowniczych. Zespół rurowy.
- PN-EN 448 - System preizolowanych rur do podziemnych wodnych sieci ciepłowniczych.
- Kształtki. Zespół armatury. Zespół złącza.
- PN-EN 489 - Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych.
- PN-75/B-01420 Ciepłownictwo Urządzenia i sieć zewnętrzna
Oznaczenia na mapach i planach



Sieci ciepłownicze

Cel wykładu

- Poznanie budowy i struktury sieci ciepłowniczych
 - Parametry pracy i materiały do budowy sieci
- Nabycie umiejętności projektowania sieci ciepłowniczych
 - Klasyfikacja projektów sieci ciepłowniczych
 - Obliczenia hydrauliczne
 - Obliczenia wytrzymałościowe



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieci ciepłownicze pełnią ważną rolę w systemach ciepłowniczych / chłodniczych.

Do zadań sieci należy:

- Dostarczenie ciepła / chłodu z miejsca jego wytwarzania - do odbiorców, niekiedy na znaczne odległości
- Zagwarantowanie właściwego rozdziału ciepła / chłodu do odbiorców



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Do przesyłania ciepła / chłodu za pomocą sieci wykorzystuje się nośnik ciepła.

Do podstawowych nośników ciepła stosowanych w sieciach **ciepłowniczych** (**chłodniczych**) należą:

- Woda
- Para wodna
- Czynniki o podwyższonej temperaturze wrzenia
- (**Czynniki o obniżonej temperaturze krzepnięcia**)



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieć ciepłowniczą powinna charakteryzować:

- Łatwość rozbudowy – przyłączania nowych odbiorców, nowych źródeł ciepła
- Duża niezawodność dostawy ciepła
- Niskie nakłady inwestycyjne
- Niskie koszty eksploatacyjne – wysoka efektywność energetyczna
- Zagwarantowanie wymaganych parametrów nośnika



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Planowanie budowy sieci jest zagadnieniem o dużej złożoności wynikającej z nieznajomości jej docelowej struktury, która w znacznym stopniu zależy od:

- kierunków rozwoju infrastruktury miejskiej,
- przyszłych potrzeb cieplnych odbiorców,
- wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych,
- polityki energetycznej oraz lokalnych rynków energii.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

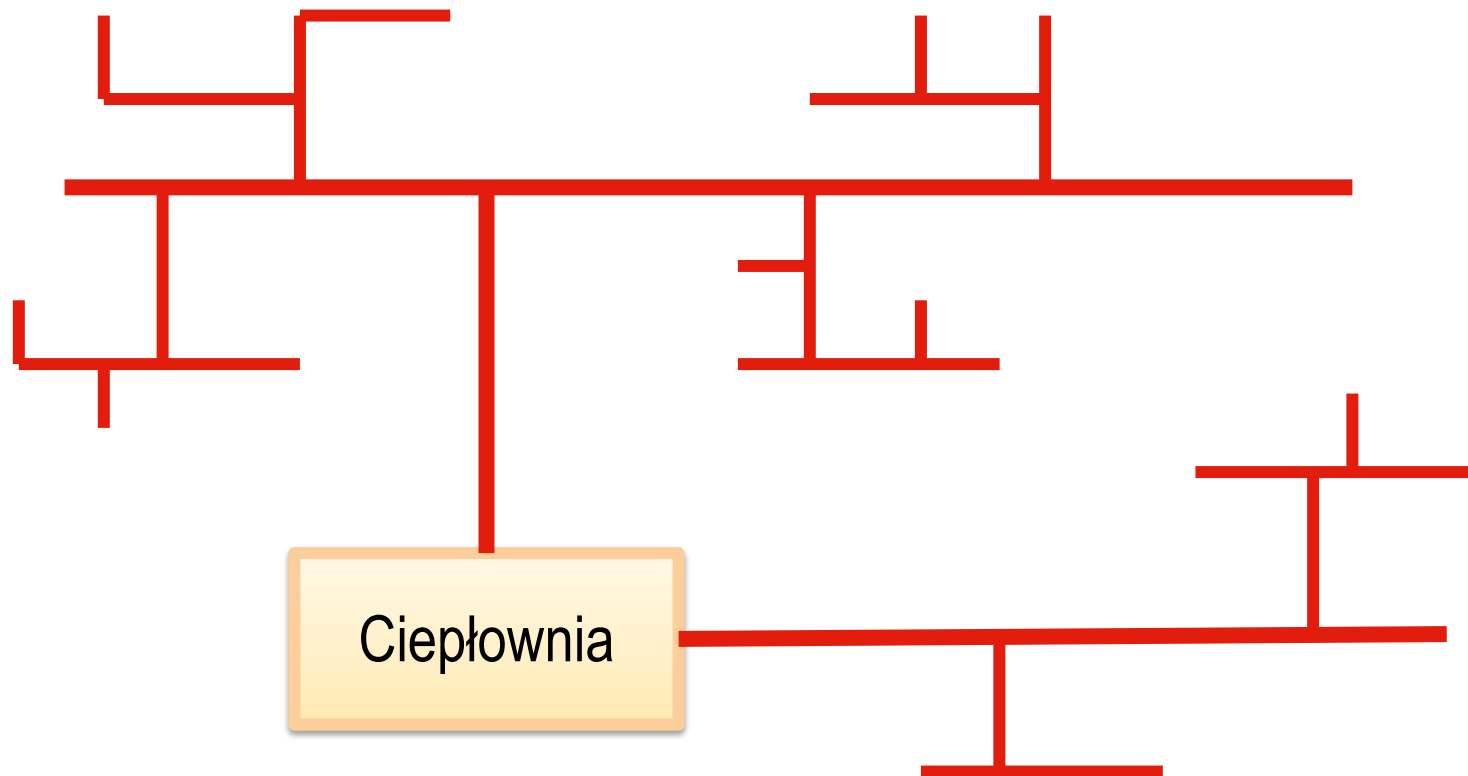
Trudności w planowaniu sieci ciepłowniczych lub jego brak mogą mieć wpływ na:

- Przyszły rozwój systemu ciepłowniczego (bariery w zakresie jego rozbudowy)
- Niską efektywność energetyczną (wysokie koszty eksploatacji)
- Niezawodność dostawy ciepła.



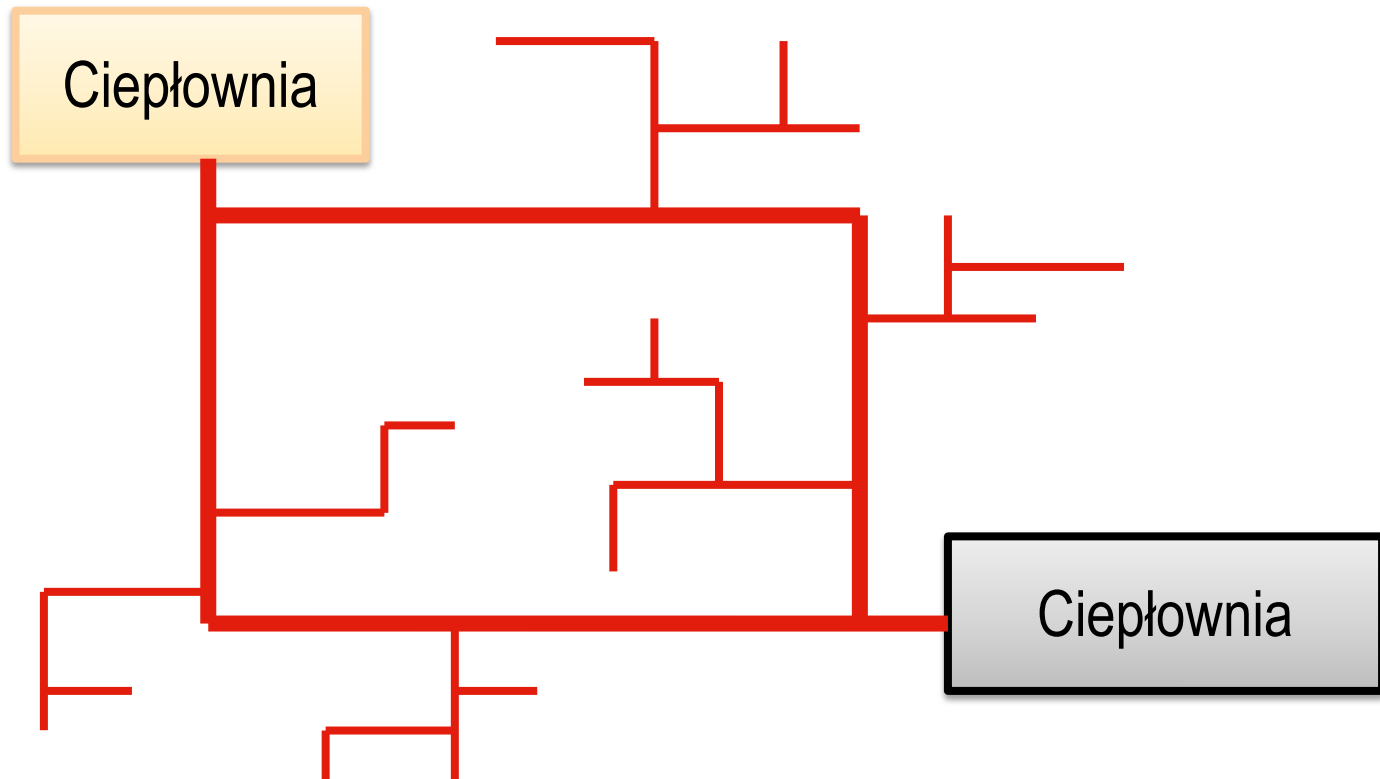
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Struktura sieci ciepłowniczych – sieć promieniowa



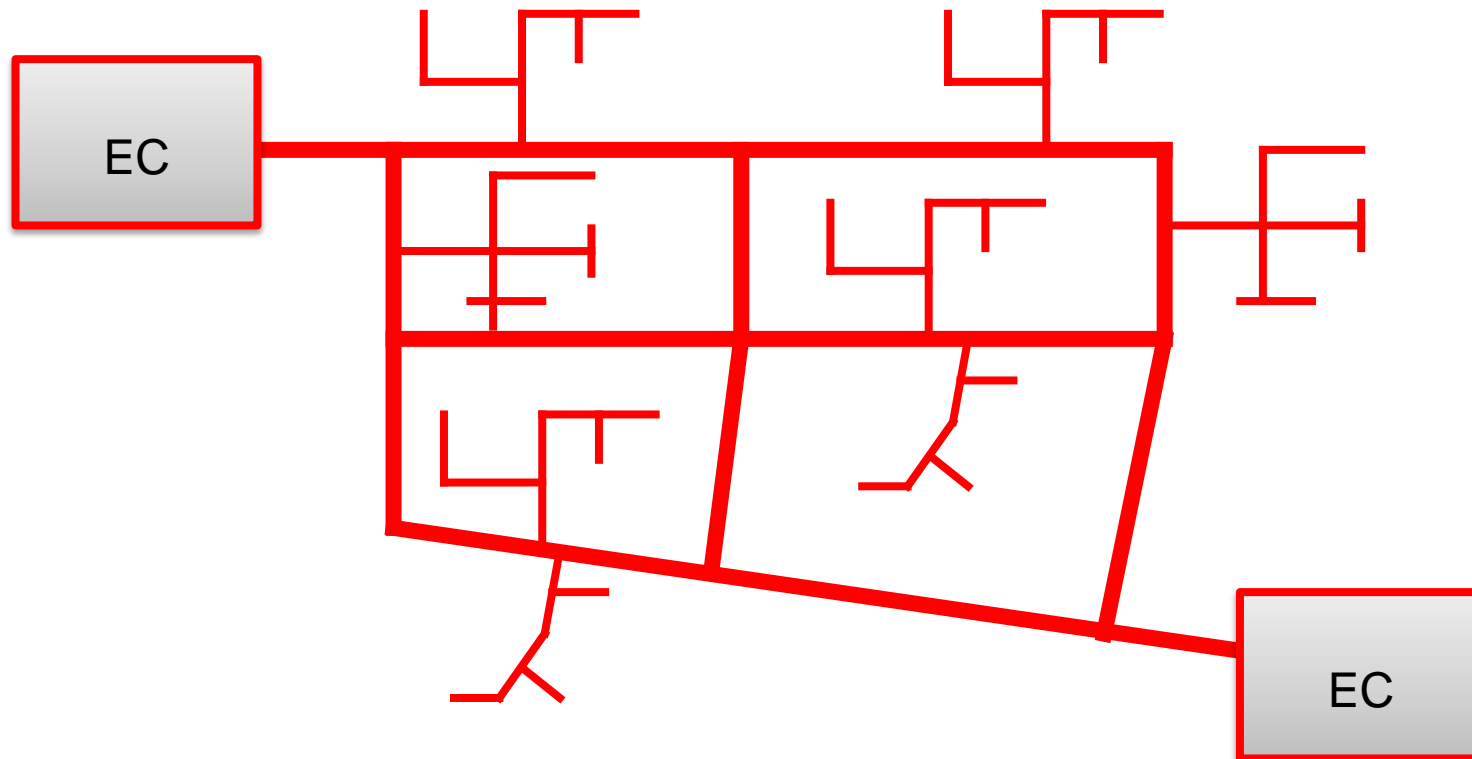
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieć pierścieniowa



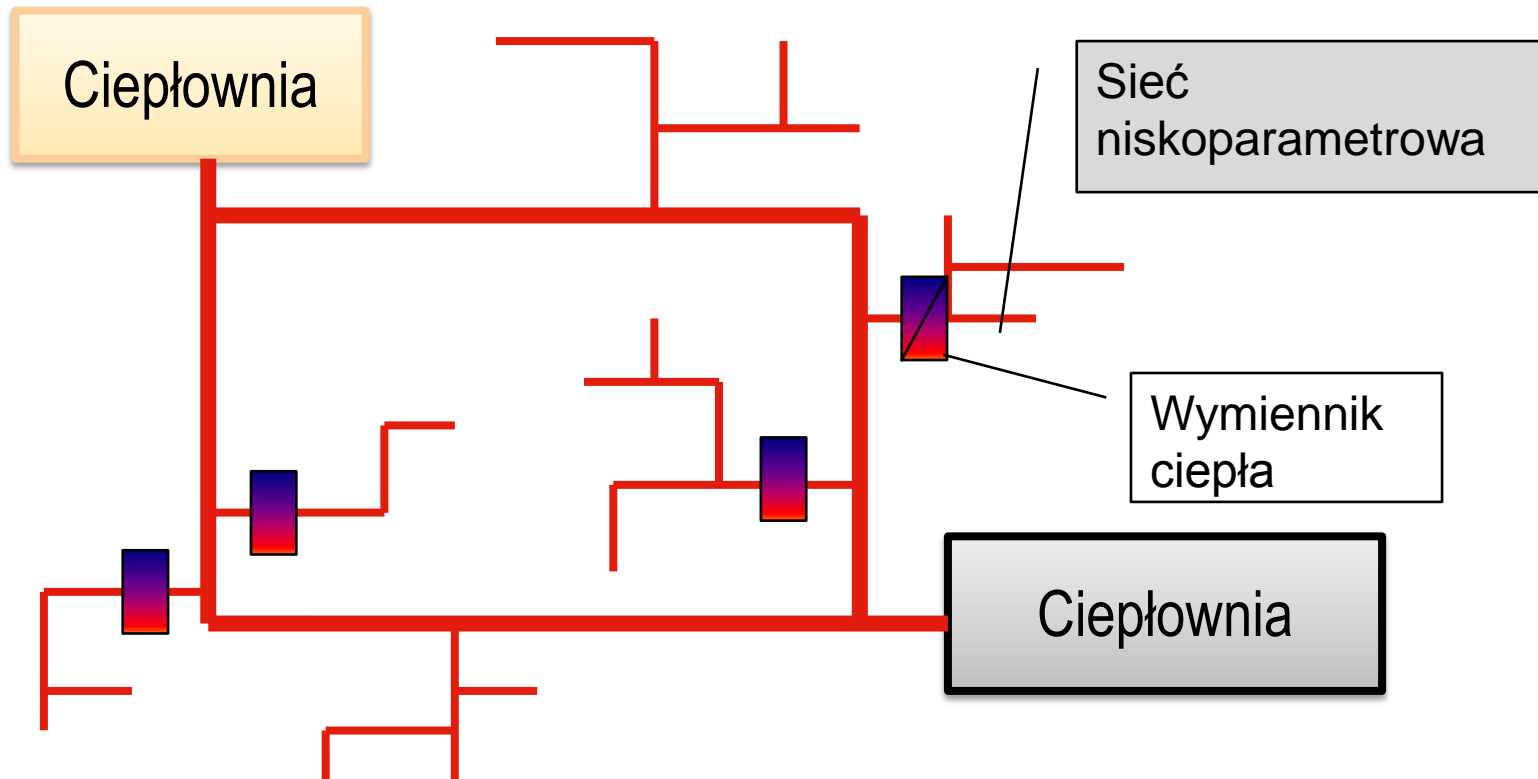
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieć wielopierścieniowa (kratownicowe)



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieć ciepłownicza ze zmianą parametrów

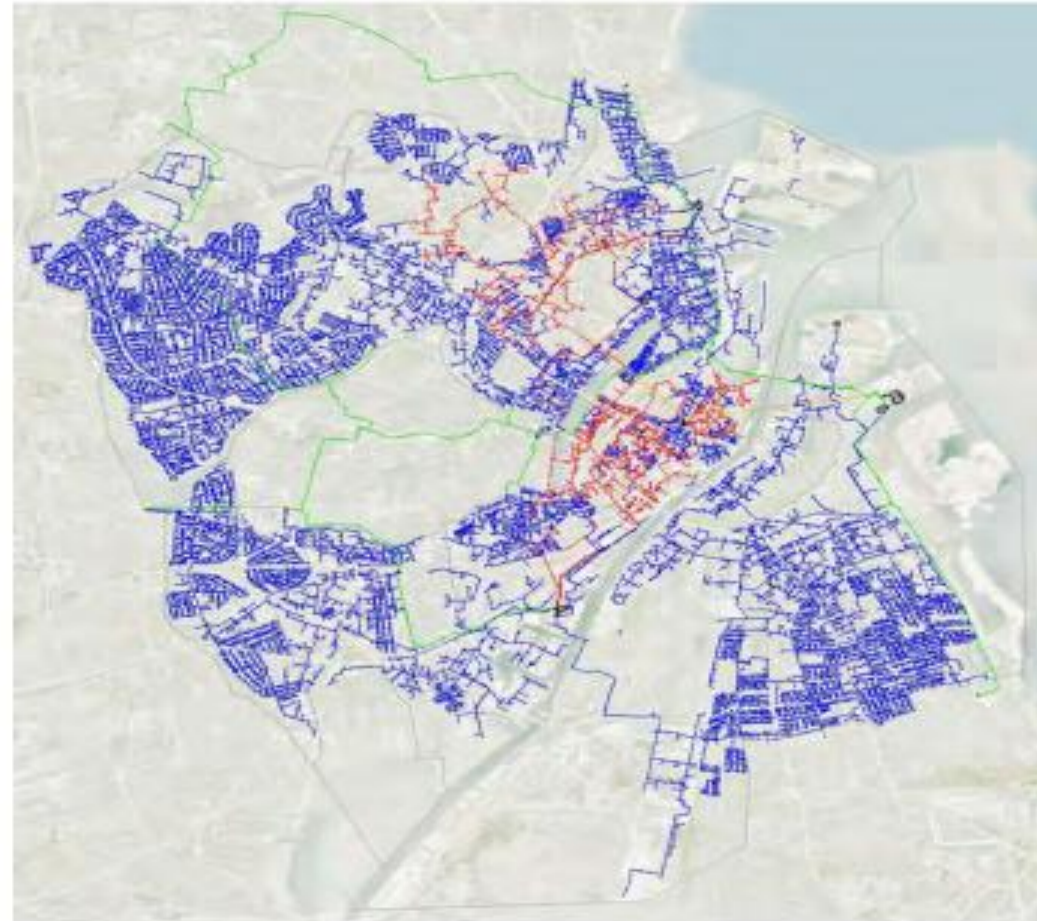


Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rurociagi tranzytowe

Sieć wodna

Sieć parowa



Źródło: Global District Energy Climate Awards – Copenhagen DH – Application 2009



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

- Struktura sieci transportujących nośnik ciepła określona jest przede wszystkim przez warunki zabudowy miejskiej (przebieg ulic, zabudowę przestrzenną).
- Małe i średnie sieci ciepłownicze mają strukturę sieci promieniowych, ponieważ charakteryzuje się ona małymi odcinkami trasy.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieci wielopierścieniowe (kratownicowe) są optymalnym rozwiązaniem z punktu widzenia bezpieczeństwa dostawy ciepła i bardzo dobrymi możliwościami rozbudowy, jednak znajdują one zastosowanie jedynie do dużych systemów ciepłowniczych ze względu na wysokie nakłady inwestycyjne na ich budowę.



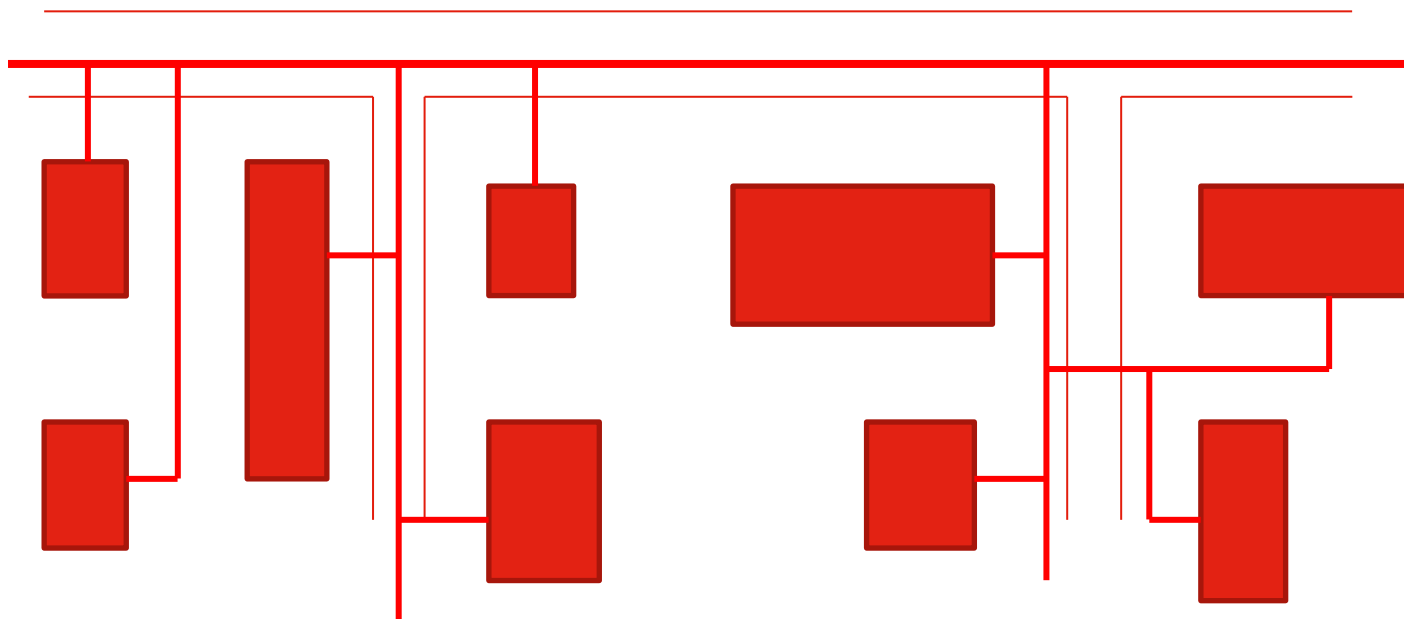
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Przebieg trasy sieci ciepłowniczej wyznacza się wg warunków geograficznych (ukształtowania terenu) uwzględniając zabudowę (prowadzenie ulic, inną infrastrukturę itp.), a także stosowane systemy rurociągów i ich układania.

Przy gęstej zabudowie rosną nakłady inwestycyjne ze względu na liczne odgałęzienia (trójniki).

Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieci rozdzielcze i przyłącza



Standardowy sposób układania sieci ciepłowniczej



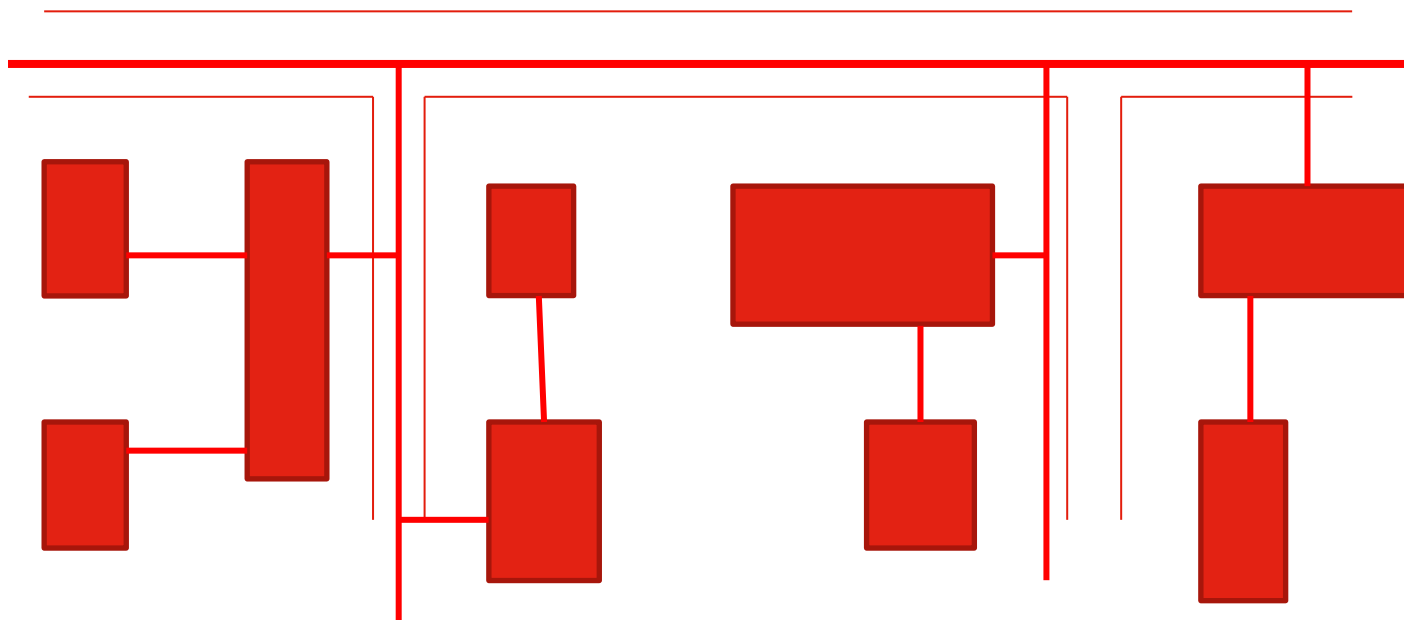
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Inne sposoby rozprowadzenia sieci mające na celu zmniejszenie ilości trójników – rozdział nośnika ciepła następuje w piwnicach.

Taki sposób prowadzenia trasy sieci ciepłowniczej wymaga jednak zgody właścicieli budynków i przylegających do nich gruntów na ułożenie rurociągów.

Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Sieć rozdzielcza i przyłącza – sieć „z domu do domu”





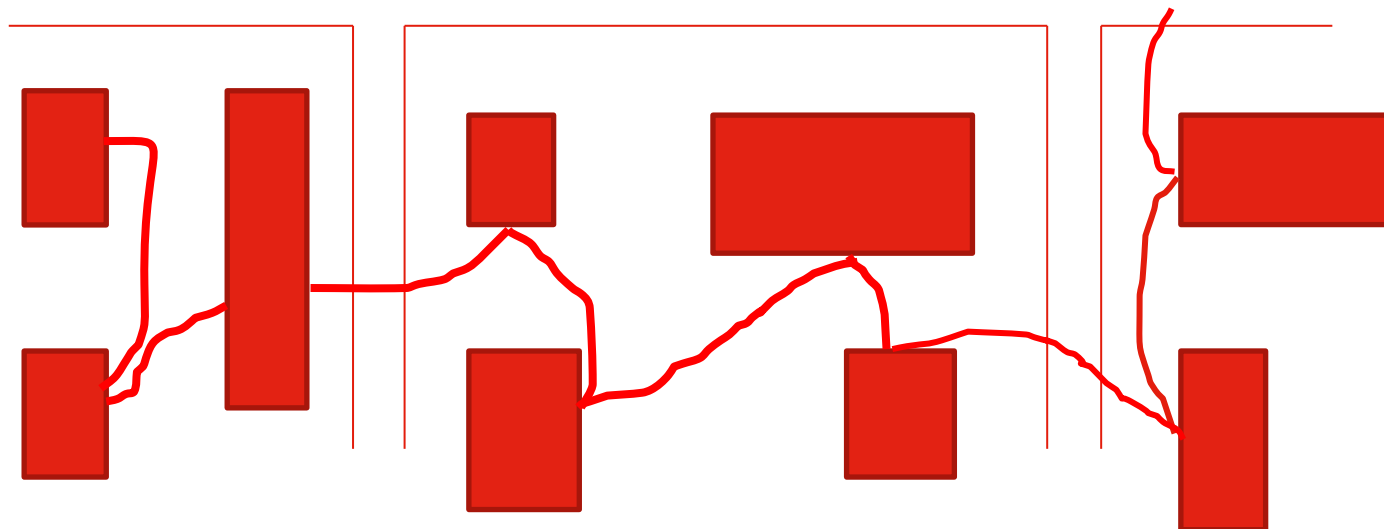
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Obniżeniu nakładów inwestycyjnych sprzyja często system mieszany układania sieci ciepłowniczej łączący zalety obu wymienionych wyżej systemów.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

System pętlicowy





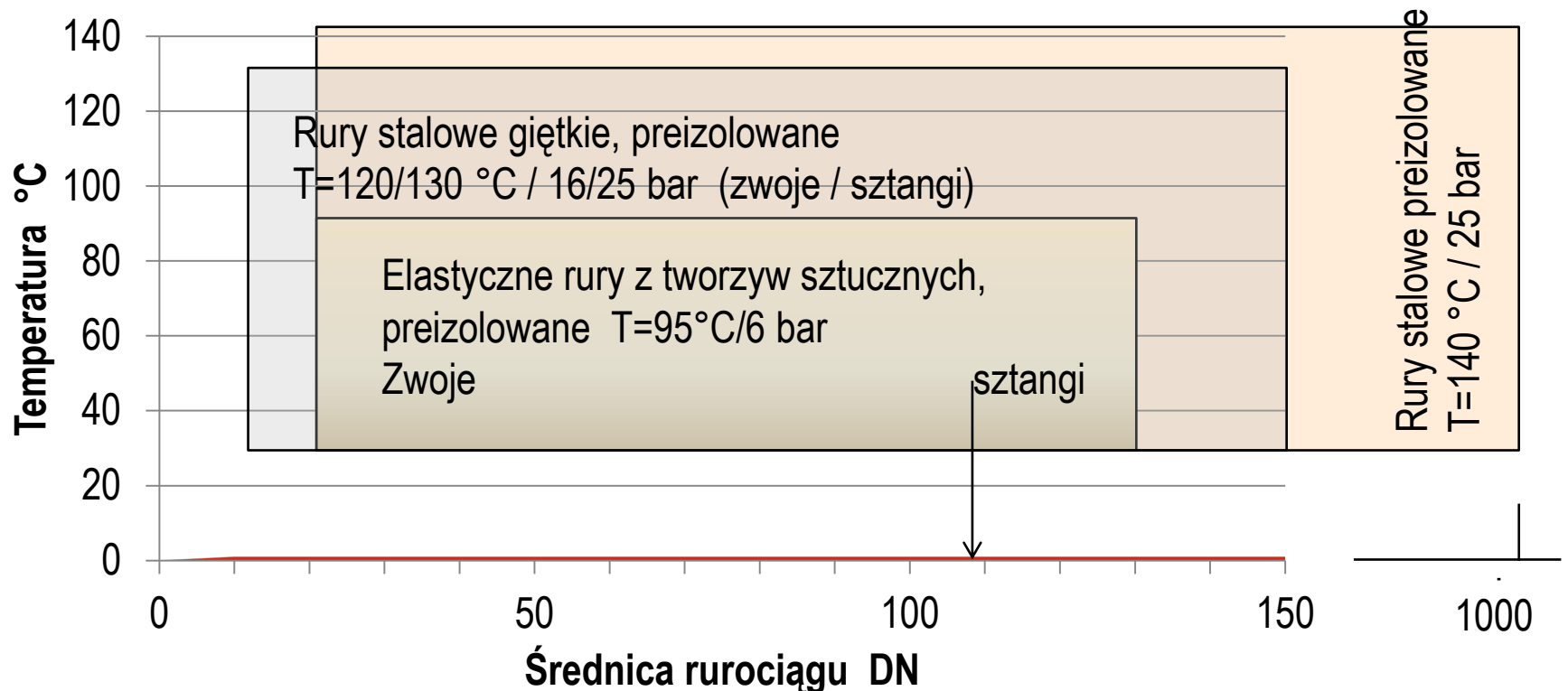
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Taki sposób po ułożeniu nie nadaje się jednak do dalszej rozbudowy i przyłączenia nie zaplanowanych wcześniej odbiorców. Ten sposób układania może znaleźć zastosowanie dla małych systemów ciepłowniczych „zamkniętych” przy zastosowaniu systemu rur elastycznych.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Systemy rurociągów preizolowanych





Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rury preizolwane zespolone w płaszczu z tworzywa

Temperatura / ciśnienie	130 – 140 °C
Średnice	DN 20 - DN 1000
Stosowane długości	6 , 12 , 16 , 24 m - sztangi
Szczególne zastosowania	Rury podwójne do DN 150



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rury preizolowane są najczęściej stosowanymi materiałami do budowy nowych sieci ciepłowniczych. Ze względu na ich wysoką wytrzymałość na temperaturę i ciśnienie mogą być one stosowane w każdej sieci ciepłowniczej.

Konieczne jest stosowanie kompensacji.

Do łączenia rur stosuje się połączenia spawane oraz mufowanie.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Długoletnia praktyka w tych systemach zaowocowała odstępstwami od standardowych technik układania, wieloma innowacjami, redukcją kosztów – rury podwójne, i niekosztownymi możliwościami rozbudowy sieci podczas pracy (technika nawiercania sieci podczas jej normalnej pracy).



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rozwiązaniami konkurencyjnymi są:

**Elastyczne rury z tworzyw sztucznych,
preizolowane**

Temperatura / Ciśnienie	85 – 95 °C / 6 – 10 bar
Średnica	DN 22 – DN 100 w zwojach DN 63 – DN 110 sztangi
Stosowane długości	Do 50 / 100 m w zwojach 12 m sztangi
Szczególne zastosowania	Rury podwójne w zwojach do DN 40



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Elastyczne rury z tworzyw sztucznych stosowane są w związku z dostępnymi średnicami do DN 110 i parametrów zastosowania (95 °C, 6 bar), jako przyłącza, jak i sieci rozdzielcze w sieciach niskotemperaturowych. Należy zwrócić uwagę, aby możliwe było przyłączenie do sieci . Połączenie przez nawiercenie nie jest możliwe.

Można wpinać się stosując zamrażanie lub zagniatanie rurociągu.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rury metalowe giętkie, preizolowane

Temperatura / Ciśnienie	120 – 130 °C / 16 – 25 bar
Średnice	DN 15 – DN 50 w zwojach DN32 – DN 100 w sztangach DN 25 – DN 150 w zwojach Flexwell
Dostępne długości	20 – 800 m w zwojach 9 – 10 – 12 m sztangi
Szczególne przypadki	Rury podwójne do DN 50 sztangi



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Elastyczność rur metalowych uzyskuje się stosując odpowiednie materiały (miedź lub stal szlachetna) albo małe średnice nominalne, jak również systemy rur pofalowanych (fala) uformowane podobnie do kompensatorów (kabel ciepłowniczy).

Ważną zaletą elastycznych rur metalowych jest pełna samokompensacja (brak elementów kompensacyjnych)
Dostępne są w zwojach do średnicy do DN 150.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Elastyczne rury metalowe preizolowane zalecane są do stosowania jako przyłącza do budynków (duża elastyczność w prowadzeniu trasy, brak kształtek, małe promienie gięcia od 0,6 do 9 m).

Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Przykładowe systemy rur preizolowanych

Kabel ciepłowniczy FLEXWELL® (FHK)

Giętka, dwuściankowa, samokompensująca się oraz wyposażona w system monitoringu

rura preizolowana, temperatura robocza od -

170°C do +150°C, ciśnienie robocze PN

16/25, średnice nominalne DN 25-150. Rura

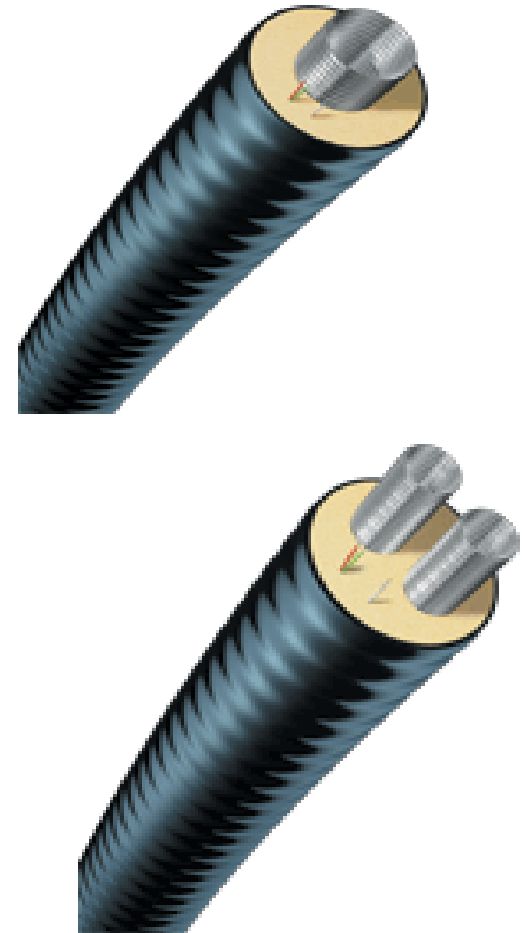
przewodowa ze stali nierdzewnej, izolacja

ciepłna z pianki poliuretanowej PUR.



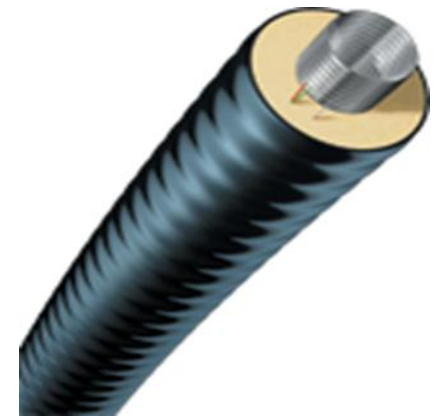
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

CASAFLEX® jest systemem giętkich, samokompensujących się i monitorowanych rur preizolowanych z rurą przewodową ze stali nierdzewnej i izolacją cieplną z pianki PIR.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

- Zabezpieczenie przeciw dyfuzji oraz konstrukcja systemu rurowego CASAFLEX® gwarantują uzyskanie minimalnych strat ciepła przy dużej odporności na działanie wysokich temperatur. Temperatura robocza do 160 °C, temperatura max. do 180 °C, ciśnienie robocze PN 16/25, średnice nominalne DN 20-100.



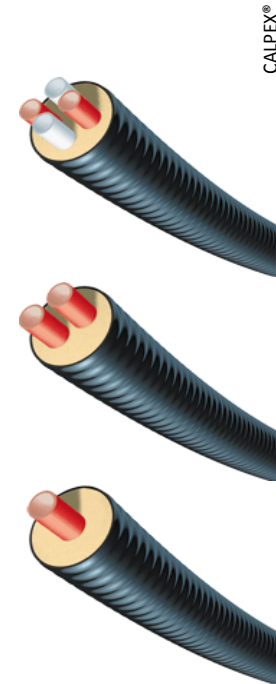
Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rury preizolowane CASAFLEX® stosowane są jako przyłącza do budynków w sieciach ciepłowniczych bliskiego i dalekiego zasięgu.



Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

- System rur preizolowanych przeznaczony do stosowania w sieciach niskotemperaturowych
- CALPEX® jest systemem giętkich, samokompensujących się rur preizolowanych z rurą przewodową wykonaną z sieciowanego polietylenu.





Sieci ciepłownicze - wprowadzenie

Rury preizolowane CALPEX® w zależności od wymiarów dostarczane są w zwojach o długości nawet do 807 m, co pozwala w dużym stopniu na zredukowanie połączeń w ziemi do minimum.

W porównaniu do rur z płaszczem z tworzywa sztucznego rury preizolowane CALPEX® wymagają tylko 60% dotychczasowej szerokości wykopu.

Małe promienie gięcia rur.

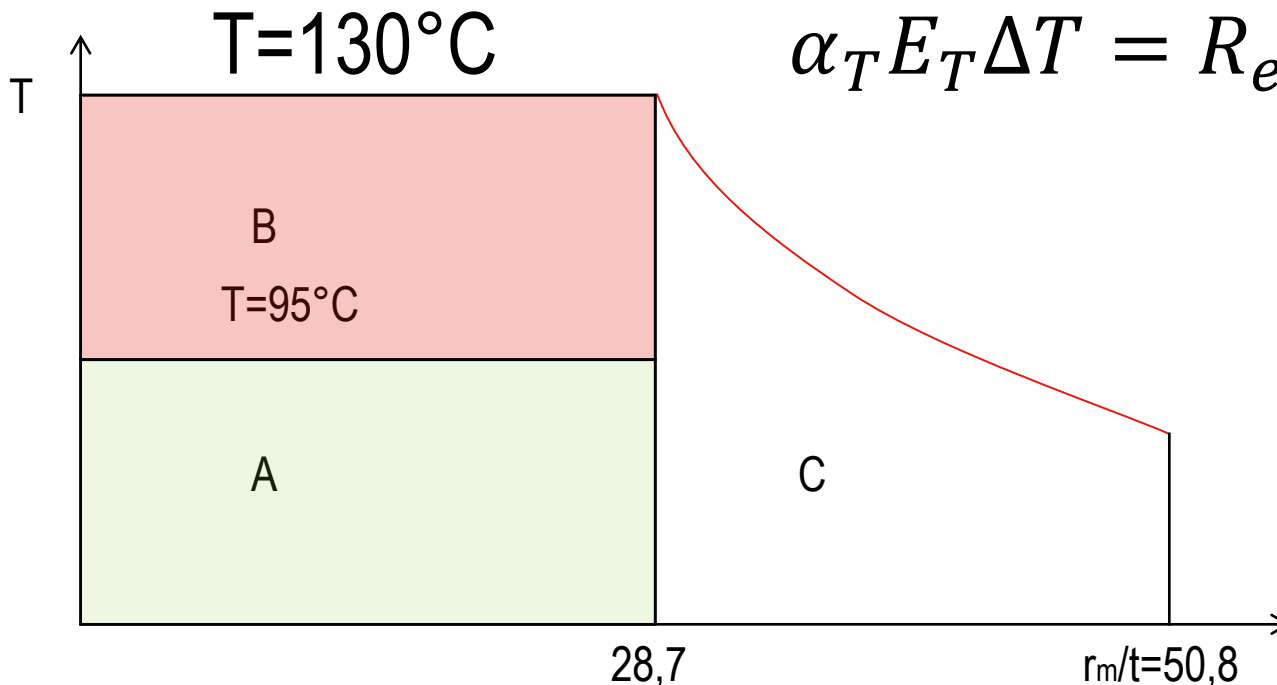


Sieci ciepłownicze - projektowanie

KLASYFIKACJA PROJEKTÓW (wg PN:EN-13941)

Wprowadzono podział projektów na trzy klasy – A, B i

C.



$$\alpha_T E_T \Delta T = R_{eT} = \Delta \sigma$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Klasa projektu A, B dla rur ze szwem do DN300, dla rur bez szwu do DN500 ($r_m/t < 28,7$).

Ponieważ grubość ścianki rury bez szwu jest większa niż grubość rury ze szwem, granica klasyfikacji projektu (A,B) przesuwana się w kierunku większych średnic.

rura przewodowa STAL					
dn	d	ze szwem		bez szwu	
		t	r_m/t	t	r_m/t
[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[-]
20	26,9	2,6	4,7	2,6	4,7
25	33,7	2,6	6,0	2,6	6,0
32	42,4	2,6	7,7	2,6	7,7
40	48,3	2,6	8,8	2,6	8,8
50	60,3	2,9	9,9	2,9	9,9
65	76,1	2,9	12,6	2,9	12,6
80	88,9	3,2	13,4	3,2	13,4
100	114,3	3,6	15,4	3,6	15,4
125	139,7	3,6	18,9	4,0	17,0
150	168,3	4,0	20,5	4,5	18,2
200	219,1	4,5	23,8	6,3	16,9
250	273,0	5,0	26,8	6,3	21,2
300	323,9	5,6	28,4	7,1	22,3
350	355,6	5,6	31,3	8,0	21,7
400	406,4	6,3	31,8	8,8	22,6
450	457,0	6,3	35,8	10,0	22,4
500	508,0	6,3	39,8	11,0	22,6
600	610,0	7,1	42,5		
700	711,0	8,0	43,9		
800	813,0	8,8	45,7		
900	914,0	10,0	45,2		
1000	1016,0	11,0	45,7		



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projekt klasy A.

Do klasy A zalicza się wszystkie projekty dla których spełniony jest warunek $r_m/t \leq 28,7$, o małych naprężeniach osiowych ($T \leq 95^\circ\text{C}$), rurociągi o małym ryzyku okaleczenia ludzi lub spowodowania szkód w środowisku oraz rurociągi o małym ryzyku strat ekonomicznych, niezależnie od sposobu układania sieci.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projektowanie i budowę rurociągów sieci ciepłych można przeprowadzić na podstawie dokumentacji ogólnej producenta systemu, pod warunkiem zgodności jej z normą.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projekt klasy B.

Do klasy B zalicza się wszystkie projekty dla których spełniony jest warunek $r_m/t \leq 28,7$, o dużych naprężeniach osiowych ($T \leq 130^\circ\text{C}$), rurociągi o małym ryzyku okaleczenia ludzi lub spowodowania szkód w środowisku oraz rurociągi o małym ryzyku strat ekonomicznych, niezależnie od sposobu układania sieci.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projektowanie i budowę rurociągów sieci ciepłych można przeprowadzić na podstawie dokumentacji ogólnej producenta systemu, pod warunkiem zgodności jej z normą.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projekt klasy C.

Do klasy C zalicza się wszystkie rurociągi w pełnym zakresie naprężeń dla parametrów dopuszczonych przez normę PN EN 13941, rurociągi o podwyższonym ryzyku okaleczenia ludzi lub spowodowania szkód w środowisku oraz rurociągi o niskim ryzyku strat ekonomicznych, niezależnie od sposobu ich układania.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projektowanie i budowę rurociągów sieci ciepłych można przeprowadzić tylko na podstawie dokumentacji specjalnej.

Ze względu na błędy występujące zarówno w angielsko- jak i polsko-języcznej normie, zaleca się projektować wg zasad podawanych przez producentów rur preizolowanych.

Stosowanie normy nie zwalnia projektanta z odpowiedzialności zawodowej.



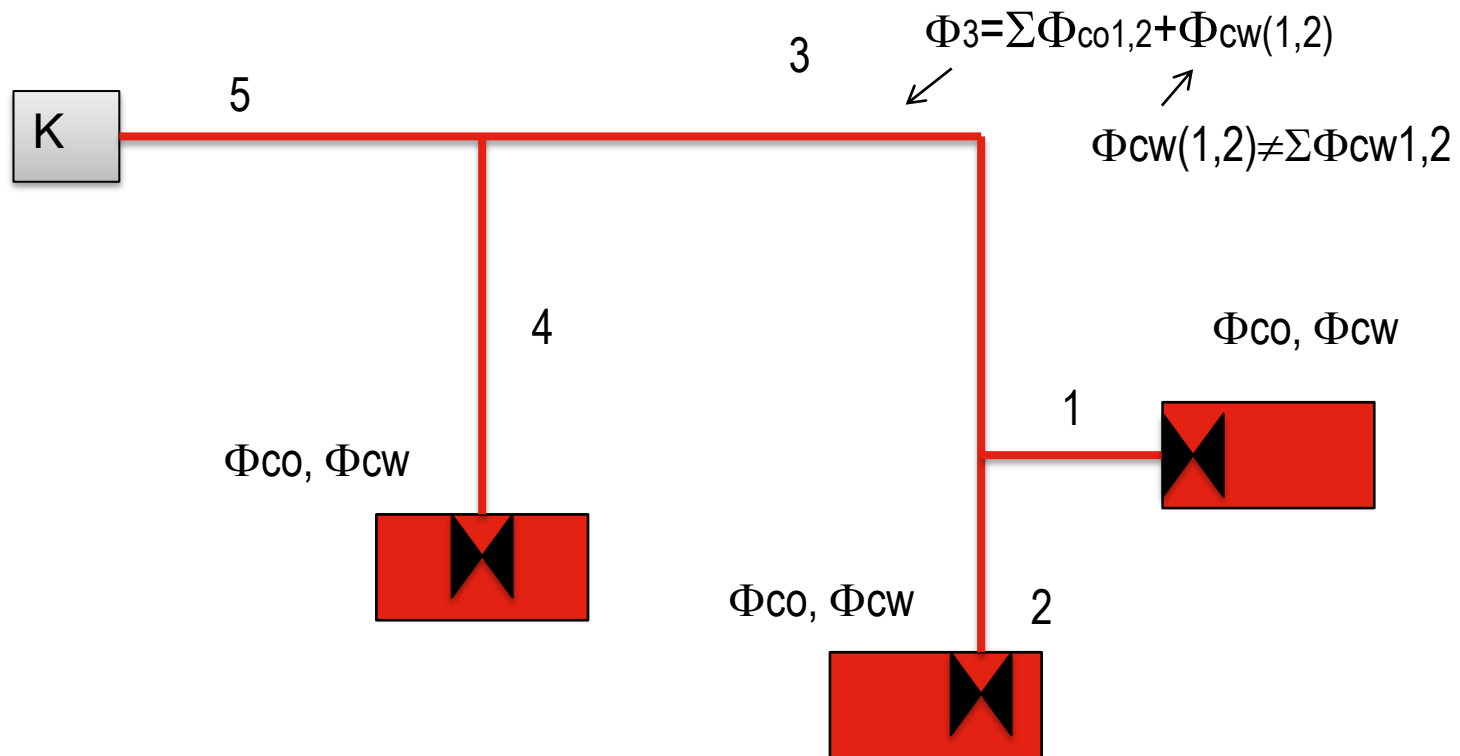
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Określenie średnicy rurociągu.

Średnicę rurociągu sieci ciepłowniczej ustalamy na podstawie projektowego strumienia wody sieciowej przepływającego przez odcinek przewodu.

Strumień wody sieciowej określa się na podstawie zapotrzebowania na ciepło odbiorców (ogrzewanie, ciepła woda, ciepło technologiczne).

Sieci ciepłownicze - projektowanie





Sieci ciepłownicze - projektowanie

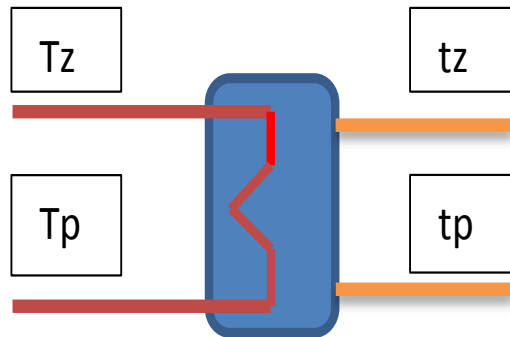
Obliczenie strumienia wody sieciowej dla węzła ciepłowniczego

- Obliczenie strumienia wody sieciowej na potrzeby węzła centralnego ogrzewania

$$M_{sco} = \frac{\Phi_H}{c (T_z - T_{px})}$$

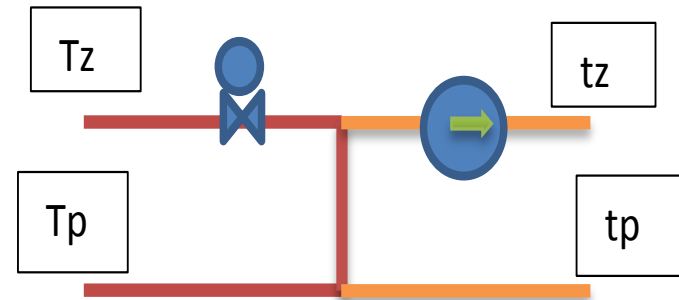
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Temperatura wody sieciowej T_{px} we wzorze przyjmowana jest w zależności od typu węzła ciepłowniczego, i tak:



Węzeł wymiennikowy (pośredni)

$$T_{px} = t_p + \Delta t_k$$



Węzeł bezpośredni (zmieszania pompowego)

$$T_{px} = t_p$$



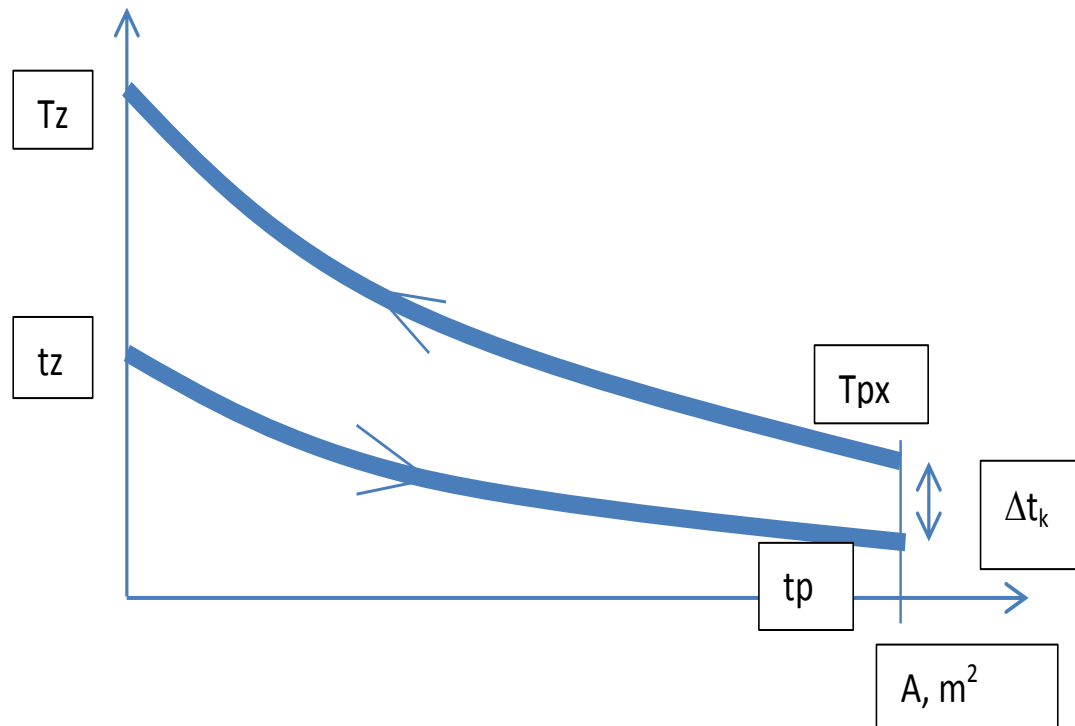
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Gdzie końcowa różnica temperatur wody sieciowej i temperatury wody powracającej z instalacji c.o. przyjmowana jest w zależności od rodzaju wymiennika ciepła odpowiednio:

- 2..5 °C – dla wymienników płytowych oraz wysokosprawnych wymienników płaszczowo-rurowych np. typu JAD, WWB
- 5 ... 10 °C – dla wymienników płaszczowo rurowych starszego typu.

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Wykres temperatur dla wymiennika ciepła





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczenie strumienia wody sieciowej na potrzeby wentylacji

$$M_{sV} = \frac{\Phi_V}{c (T_z - T_{px})}$$

$$T_{px} = t_{pV} + 5$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczenie
strumienia wody
sieciorowej na
potrzeby ciepłej
wody użytkowej.

	$q_j =$ Dt	110 dm ³ /m d		
		55 °C		
	Współ. godzinowej nierównomierności rozbioru cw Nh	Czas użytkowania instalacji h	Moc średnia godzinowa F _{cwsh} kW	Moc max godzinowa F _{maxh} kW
Ilość osób				
1	9,32	3	2,3	21,9
2	7,87	3,5	4,0	31,7
3	7,13	4	5,3	37,6
4	6,65	4,5	6,3	41,6
5	6,29	5	7,0	44,3
6	6,02	5,5	7,7	46,2
7	5,80	6	8,2	47,6
8	5,61	6,5	8,7	48,6
9	5,45	7	9,1	49,4
10	5,31	7,5	9,4	49,9
15	4,81	9	11,7	56,5
20	4,49	10	14,1	63,2
30	4,06	12	17,6	71,5
40	3,79	14	20,1	76,2
50	3,59	16	22,0	79,0
100	3,03	18	39,1	118,5
200	2,56	18	78,2	200,2
300	2,32	18	117,4	272,0
320	2,28	18	125,2	285,6



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczenie strumienia wody sieciowej na potrzeby ciepłej wody (wytyczne Fortum)

$$\mu = \frac{\Phi_{cwm} \max h}{\Phi_{co}}$$

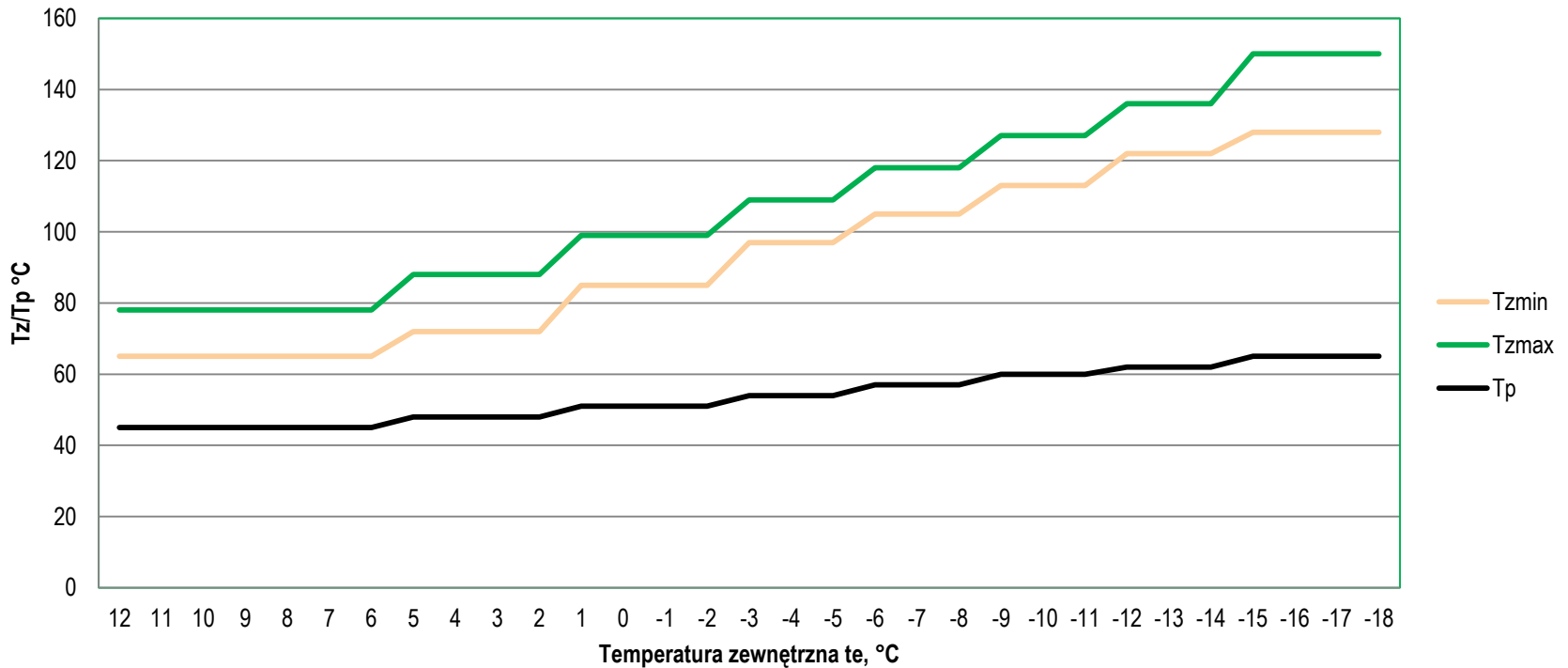
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Węzeł jednostopniowy równoległy	Węzeł dwustopniowy szeregowo-równoległy	Węzeł jednostopniowy równoległy
$\mu < 0,25$	$0,25 \leq \mu \leq 1,2$	$\mu > 1,2$
$M_s = M_{sco} + \frac{\Phi_{cw\acute{s}rh}}{c_w(T_z - T_p)}$	$M_s = M_{sco} + \frac{0,55 \Phi_{cw\acute{s}rh}}{c_w(T_z - T_p)}$ $M_{sL} = \frac{\Phi_{cwmax} h}{c_w(T_{zz} - T_{pz})}$ Przyjmujemy wartość większą	$M_s = \frac{\Phi_{cwmax} h}{c_w(T_{zz} - T_{pz})}$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Wykres regulacyjny m. Wrocławia





Sieci ciepłownicze - projektowanie

$T_z = 130 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $T_p = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{px} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_z = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{zz} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_p = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{pz} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\Delta T_{II} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Φ_{co}	Φ_{cwmaxh}	$\Phi_{cwśrh}$	f_L	M_{sco}	ΔM_{scw}	M_s	M_{sL}	M_s	Rodzaj węzła
kW	kW	kW	-	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	
150	37,6	5,3	0,251	0,551	0,021	0,572		0,572	węzeł jednostopniowy równoległy
150	118,5	39,1	0,790	0,551	0,086	0,636	1,131	1,131	węzeł dwustopniowy szer-rów.
150	200,2	78,2	1,335	0,551	1,911			1,911	węzeł jednostopniowy równoległy



Sieci ciepłownicze - projektowanie

- Strumień wody sieciowej dla węzła szeregowo-równoległego wg SPEC

$$M_s = \frac{\Phi_{co}}{c \Delta T_{co}} + \frac{B \Phi_{cwm} h}{c \Delta T_{II}}$$

$\Delta T_{II} = 24 \text{ lub } 21^\circ\text{C}$ Wymiennik płytowy / wymiennik JAD

B – udział wymiennika ciepłej wody II°



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Strumień wody sieciowej w okresie lata

$$\Delta M_{scw} = \frac{1,05 \Phi_{cwm} h}{c \Delta T_{cw}}$$

Dla węzła jednostopniowego równoległego

$$\Delta T_{cw} = 46 \text{ lub } 41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Wymiennik płytowy / wymiennik JAD

Dla lata – węzeł szeregowo-równoległy

$$\Delta T_{cw} = 48 \text{ lub } 43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Wymiennik płytowy / wymiennik JAD



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Strumienie wody sieciowej dla węzła szeregowo-równoległego wg SPEC

Φ_{co}	Φ_{cwmaxh}	$\Phi_{cwśrh}$	μ	M_{sco}	ΔM_{scw}	M_s	M_{sL}	M_s	Rodzaj węzła	
kW	kW	kW	-	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	SPEC	
150	37,6	5,3	0,251	0,551	0,214	0,764	0,219	0,764	węzeł dwustopniowy równoległy	JAD
150	118,5	39,1	0,790	0,551	0,673	1,224	0,691	1,224	węzeł dwustopniowy szer-rów.	JAD
150	200,2	78,2	1,335	0,551	1,138	1,688	1,167	1,688	węzeł dwustopniowy równoległy	



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Wnioski:

Strumienie wody sieciowej obliczone wg wytycznych Fortum są mniejsze od wyznaczonych wg wytycznych SPEC dla $\mu < 1,2$ natomiast większy jest strumień wody sieciowej dla $\mu > 1,2$.

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przepustowość rurociągów należy powiększyć o straty ciepła na odcinkach sieci.

Straty ciepła	Przy obciążeniu szczytowym	Średnioroczne	Charakterystyka długości sieci
Zabudowa jednorodzinna	4 – 5 %	12 – 17 %	14 – 25 m/WE
Zabudowa szeregową	3 – 4 %	8 – 12 %	6 – 14 m/WE
Zabudowa wielorodzinna	2 – 3 %	5 – 9 %	2 – 6 m/WE
Wartości statystyczne dla 843 sieci (AGFW)		11 %	

WE -mieszkanie



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczenia hydrauliczne sieci ciepłowniczej.

$$\Delta p = \Delta p_l + \Delta p_z$$

$$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2 \rho}{2}$$

$$w = \frac{M}{\rho A} = \frac{4M}{\rho \pi d^2} = 1,273 \frac{M}{\rho d^2}$$

$$\Delta p_l = 0,81 \lambda l \frac{M^2}{\rho d^5}$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

$$\Delta p_l = Rl$$

$$R = 0,81\lambda \frac{M^2}{\rho d^5}$$

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,81\lambda M^2}{\rho R}}$$

$$M = 1,11 \sqrt{\frac{\rho R d^5}{\lambda}}$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Dla $Re > 2300$ rozpatrujemy dwa obszary

Pierwszy, przejściowy $2300 < Re < 4000$ (tzw. strefa krytyczna)

Drugi $Re > 4000$

Dla obu przypadków można zastosować wzór Waldena

$$\lambda = \frac{1}{\left(-2 \log \left(\frac{6,10}{Re^{0,916}} + \frac{0,268k}{d_i} \right) \right)^2}$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Dla $Re > 4000$ należy sprawdzić czy ε spełnia zależność

$$\varepsilon = \frac{k}{d_i} > \varepsilon_{gr} = \frac{23}{Re}$$

Jeżeli nie to współczynnik oporów liniowych wyznaczamy ze wzoru Prandtla-Karmana

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \log \frac{\sqrt{\lambda}}{2,51} Re\right)^{-2}}$$

A jeśli $\varepsilon > \varepsilon_{gr}$ ze wzoru Colebrooka-Whit'a

$$\lambda = \frac{1}{\left(-2 \log \left(\frac{2,51}{Re \frac{1}{\sqrt{\lambda}}} + \frac{\varepsilon}{3,71} \right)\right)^2}$$

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przykład obliczeń z zastosowaniem wzoru Waldena

Gęstość wody w temp. T		ρ	958	kg/m ³			
Chropowatość przewodu		k	0,0005	m			
Średnia temperatura		T	100	°C			
Lepkość kinematyczna w temp T		ν	2,92863E-07	m ² /s			
DN	do	t	w	Re	λ	Δp_l	M
mm	mm	mm	m/s	--	--	Pa/m	kg/s
50	60,3	2,9	0,8	148874,8	0,0160	81,34	2,187

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Opory miejscowe

$$Z = \Sigma \zeta \frac{w^2}{2} \rho = 0,81 \Sigma \zeta \frac{M^2}{\rho d^4}$$

$$Z = \Sigma \zeta \frac{w^2}{2} \rho = \lambda \frac{l_z}{d} \frac{w^2}{2} \rho$$

$$l_z = \Sigma \zeta \frac{d}{\lambda}$$

Sieci ciepłownicze - projektowanie

dn	Współczynniki przepływu					
	Filtro- odmulnik FOM	Filtr	Zawór - sieć	Zawór - inst.	Wodomierz skrzydełkowy	
[mm]	k_v [m ³ /h]	k_v [m ³ /h]	k_v [m ³ /h]	k_v [m ³ /h]	k_v [m ³ /h]	zakres przepływów [m ³ /h]
20		9	14	14	5,33	1,5-2,1
25	16,5	11	26	25	7,29	2,1-3,0
32	24,0	20	41	42	12,79	3,0-5,0
40	39,5	33	67	65	78,00	5,0-8,0
50	62,0	54	105	100	95,00	8,0-12,0
65	100,0	75	182	170		
80	147,0	107	315	300		
100	207,0	150	420			
125			650			
150			1070			
200			1420			
250			2620			

$$\Delta p = \left(\frac{V}{k_v} \right)^2$$

Źródło: Poradnik projektanta
PRIM S.A.



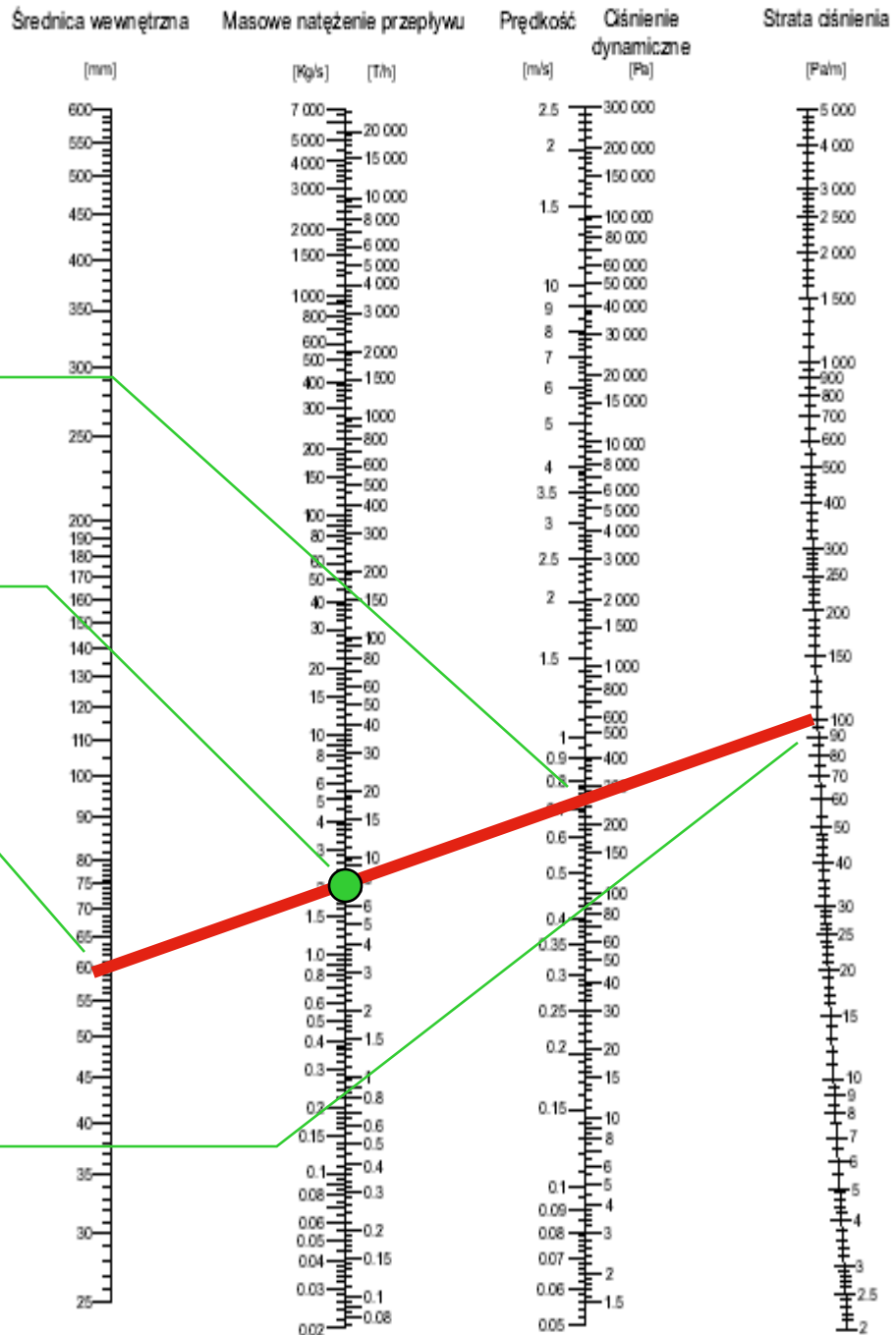
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Współczynniki oporów miejscowych ζ												
dn	Kolano		Trójnik przelot		Trójnik odgałęzienie		Trójnik zbieżny		Zwężka		Rozszerzenie	
	R=1,5D	R=3,5D	zasilanie	powrót	zasilanie	powrót	zasilanie	powrót	o 1xdn	o 2xdn	o 1xdn	o 2xdn
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
20	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
25	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
32	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
40	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
50	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
65	0,5	0,4	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
80	0,5	0,4	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
100	0,5	0,4	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
125	0,5	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
150	0,5	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
200	0,5	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
250	0,4	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0
300	0,4	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	1,5	1,0	0,2	1,0

Źródło: Poradnik projektanta PRIM S.A.



Obliczenia h



Prędkość [m/s]

Przepływ wody [kg/s, kg/h]

Średnica przewodu [mm]

Dobór średnicy sieci wg nomogramu

Opór jedn. [Pa/m]

2011-06-15

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Typoszereg rur preizolowanych

Projektowane rurociągi w klasie A lub B

$$\frac{r_m}{t} < 28,7$$

Rurociąg 355,6 x 5,6 w klasie C, natomiast 355,6 x 8 w klasie A lub B.

rura przewodowa STAL					
dn	d	ze szwem		bez szwu	
		t	r_m/t	t	r_m/t
[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[-]
20	26,9	2,6	4,7	2,6	4,7
25	33,7	2,6	6,0	2,6	6,0
32	42,4	2,6	7,7	2,6	7,7
40	48,3	2,6	8,8	2,6	8,8
50	60,3	2,9	9,9	2,9	9,9
65	76,1	2,9	12,6	2,9	12,6
80	88,9	3,2	13,4	3,2	13,4
100	114,3	3,6	15,4	3,6	15,4
125	139,7	3,6	18,9	4,0	17,0
150	168,3	4,0	20,5	4,5	18,2
200	219,1	4,5	23,8	6,3	16,9
250	273,0	5,0	26,8	6,3	21,2
300	323,9	5,6	28,4	7,1	22,3
350	355,6	5,6	31,3	8,0	21,7
400	406,4	6,3	31,8	8,8	22,6
450	457,0	6,3	35,8	10,0	22,4
500	508,0	6,3	39,8	11,0	22,6
600	610,0	7,1	42,5		
700	711,0	8,0	43,9		
800	813,0	8,8	45,7		
900	914,0	10,0	45,2		
1000	1016,0	11,0	45,7		



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Wytyczenie trasy sieci ciepłowniczej w terenie

Oznaczenia na mapach urządzeń i sieci zewnętrznych.

PN-75/B-01420 Ciepłownictwo Urządzenia i sieć zewnętrzna Oznaczenia na mapach i planach

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przedmiot oznaczenia	Podziałka 1:200 / 1:500	1:1000 / 1:2500
Elektrociepłownia		
Ciepłownia		
Kotłownia rejonowa Wolnostojąca Wbudowana	 	
Sieć ciepła		
Kanałowa o wysokich i niskich parametrach		
Bezkanałowa o wysokich parametrach		
Bezkanałowa o niskich parametrach		

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Komory, kompensatory, armatura odcinająca		
Komora		
Kompensator U-kształtowy		
Armatura odcinająca		Nie oznacza się
Węzły ciepłownicze		
Węzeł ciepłowniczy wolnostojący		
Węzeł ciepłowniczy wbudowany		
Przepompownie		
Przepompownia wolnostojąca		
Przepompownia wbudowana		
Inne		
Sieć ciepłownicza z drenażem		

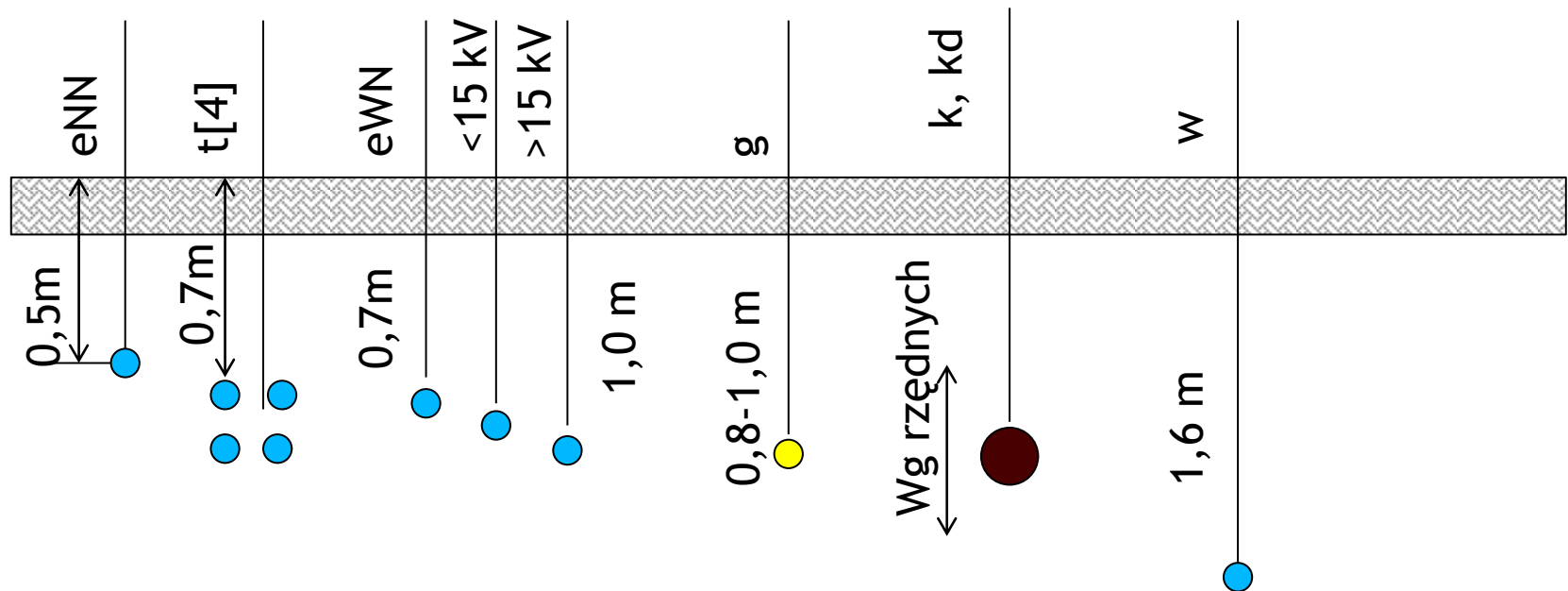
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Kompensator U-kształtowy		
Armatura odcinająca		Nie oznacza się
Węzły ciepłownicze		
Węzeł ciepłowniczy wolnostojący		
Węzeł ciepłowniczy wbudowany		
Przepompownie		
Przepompownia wolnostojąca		
Przepompownia wbudowana		
Inne		
Sieć ciepłownicza z drenażem		

Sieci ciepłownicze - projektowanie

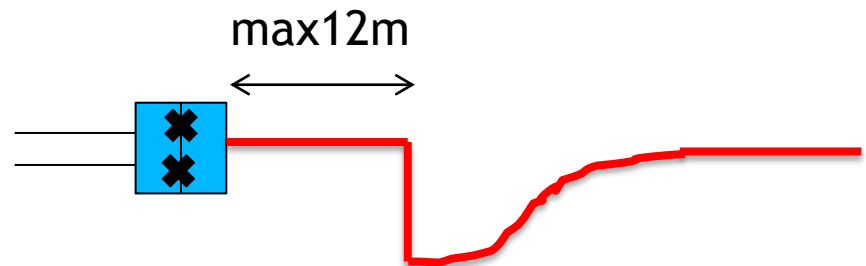
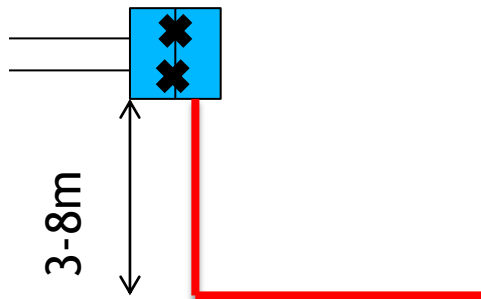
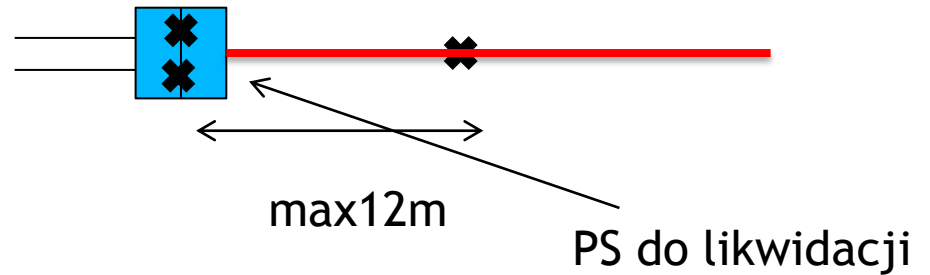
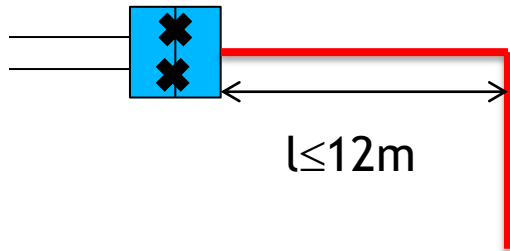
Zasady tyczenia trasy sieci ciepłowniczej

- Podziemne uzbrojenie terenu

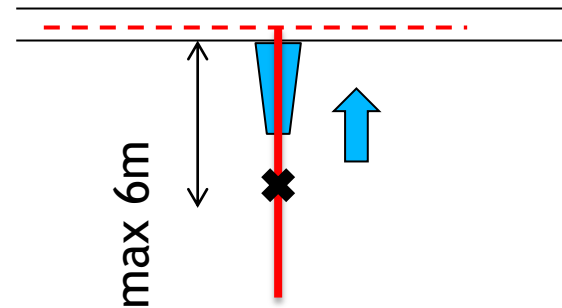
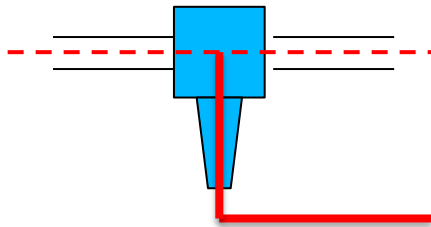


Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia - od sieci kanałowej



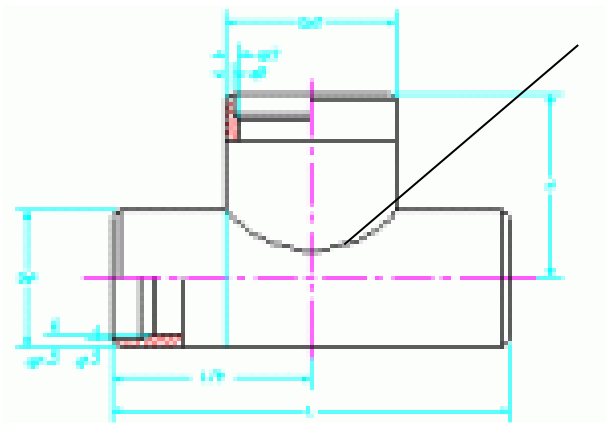
Sieci ciepłownicze - projektowanie



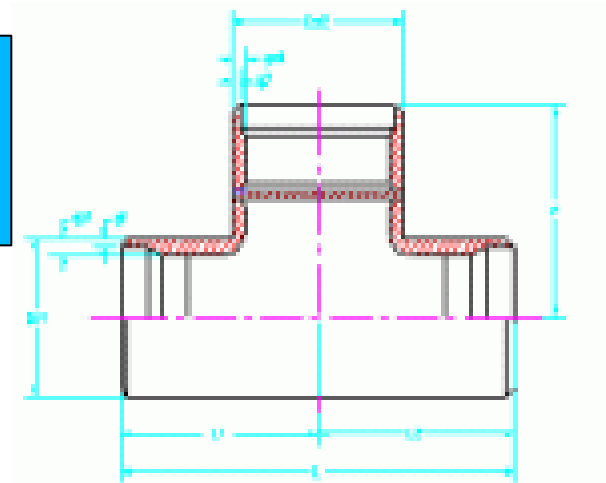
Należy zwrócić uwagę na
możliwość zrzucenia sieci
kanalowej z podpór ruchomych

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia od sieci preizolowanej



Spoina
pachwinowa



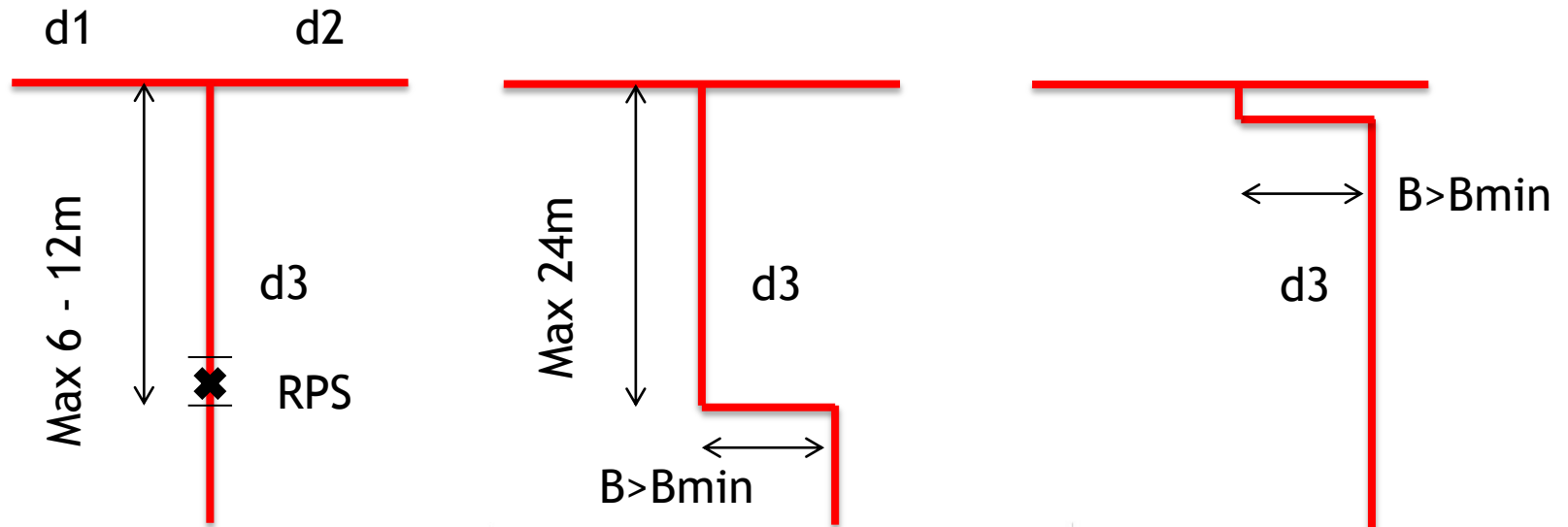
Trójnik wspawany

Trójnik kuty

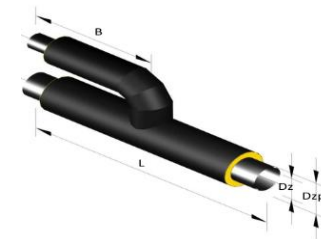
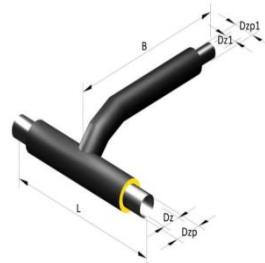


Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia od sieci preizolowanej

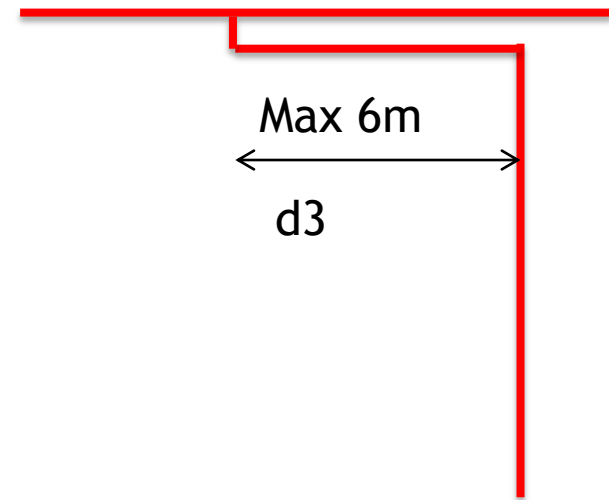
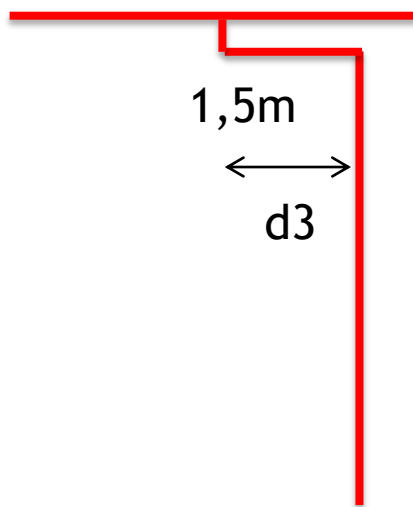


$d_1 \geq d_2 > d_3$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia równoległe

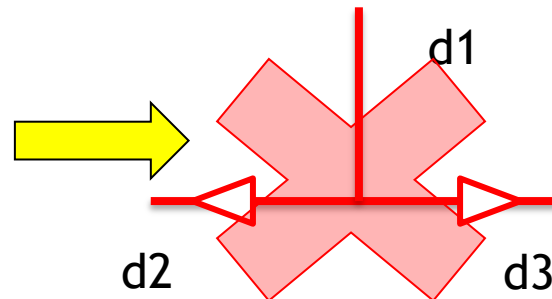


Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia na sieci preizolowanej

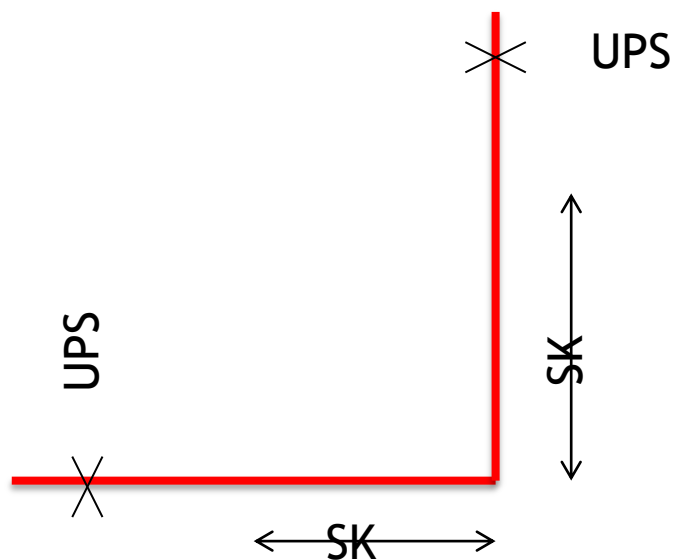


Rozwiązanie niedopuszczalne



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgałęzienia na sieci preizolowanej

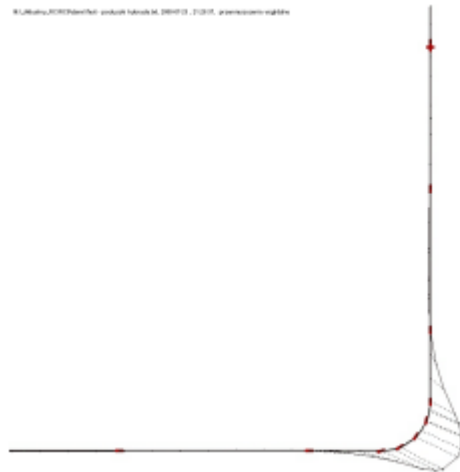


Należy unikać umieszczania odgałęzienia bezpośrednio w strefie kompensacji

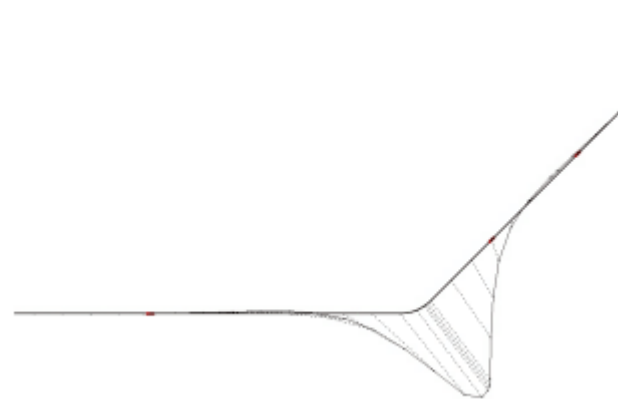
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zmiana kierunku sieci ciepłowniczej

Najkorzystniejsze jest załamanie pod kątem 90°



Odształcenia na kolanie 90°



Odształcenia na kolanie 45°



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odształcenia powstające na załamaniu sieci zależą od:

- Średnicy rury stalowej
- Grubości ścianki
- Kąta załamania
- Promienia gięcia kolana
- Zmiany temperatury i ciśnienia
- Sprężystości podłoża



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Projektując sieć mamy wpływ na:

- Dobór grubości ścianki rury
- Długości odcinków przylegających do załamania
- Promienia gięcia kolana
- Podatność podłoża



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Grubość ścianki rury $t_{min} = \frac{p_d d_o}{2\sigma_d z} + C_1 + C_2$

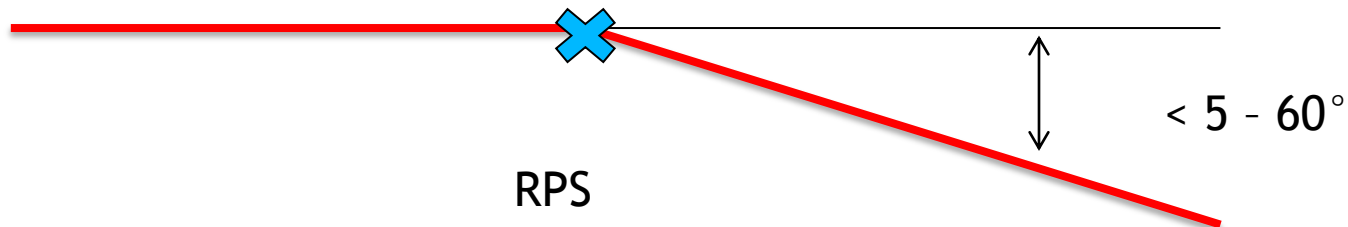
Ciśnienie robocze	p_d	16MPa
Naprężenia dopuszczalne	σ_d	190N/mm ²
Naddatek na tolerancję	C_1	0,08mm
Naddatek na korozję	C_2	0mm
Współczynnik wytrzymałości złącza	z	0,9

DN	d_o	t	t_{min}
mm	mm	mm	mm
50	60,3	2,9	2,90

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Załamania niekompensacyjne

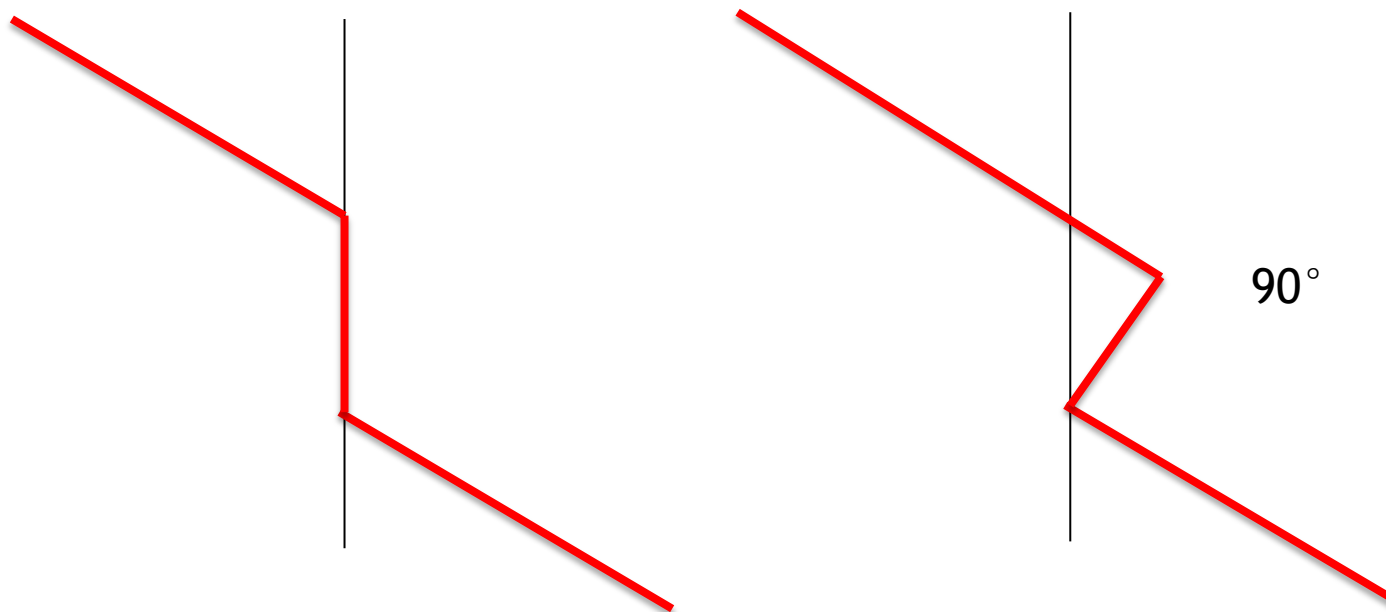
Do załamania trasy należy stosować kolana o kątach od 60° , warunkowo dopuszcza się stosowanie od 45° do 60° .





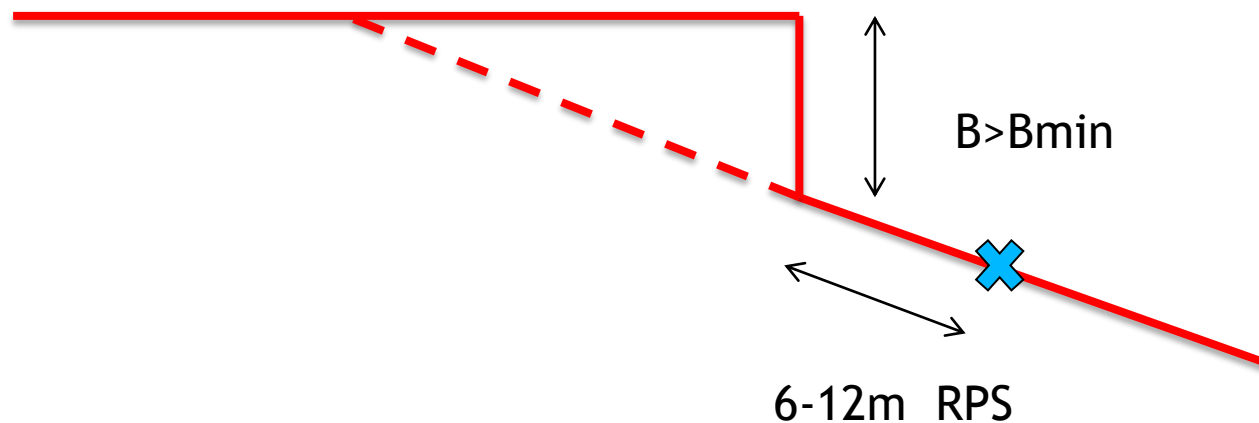
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Załamania niekompensacyjne



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Załamania niekompensacyjne





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zmiana kierunku - ukosowanie

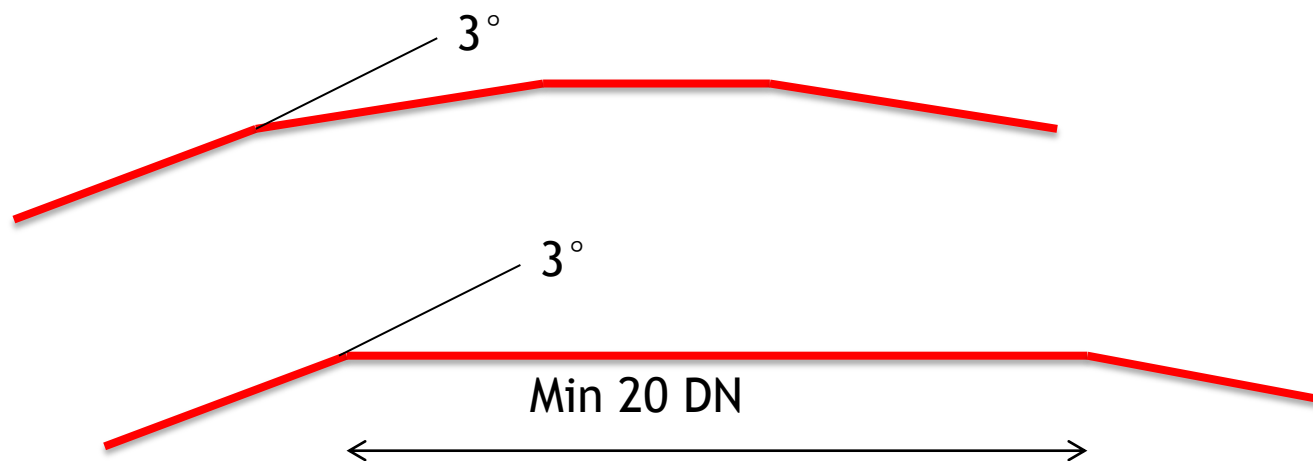
Dopuszcza się ukosowanie rurociągów w odcinkach instalacyjnych (strefa poślizgu).

Wielkość ukosowania nie powinna przekraczać 3° na jednym połączeniu spawanym.

Zaleca się wykonywać ukosowanie nie częściej jak co 20 krotność DN rurociągu.

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Ukosowanie



Dopuszczalny kąt ukosowania 3° i minimalnym odstępem $\Rightarrow 6$ m

Sieci ciepłownicze - projektowanie

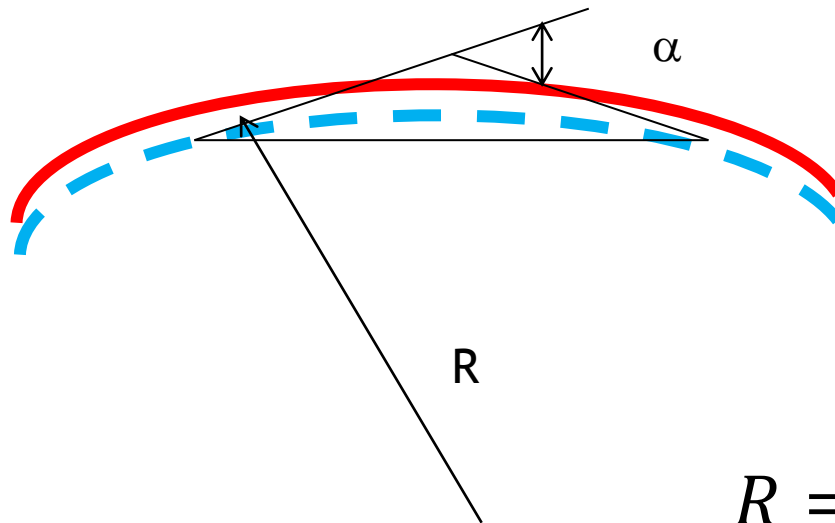
W rurociągach klasy B i C w odcinkach zahamowanych przez tarcie niedopuszcza się ukosowania.

Maksymalna różnica temperatur	Maksymalny kąt ukosowania
90°K	2,0°
100°K	1,0°
110°K	0,5°
>110°K	0,0°

Maksymalne odchylenie kątowe z pominięciem tolerancji montażu nie powinno przekraczać $\pm 0,25^\circ$

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zmiana kierunku przez gięcie rurociągu



Odcinki gięte rur traktujemy jak odcinki proste.

$$R = \frac{L_r 180}{\pi \alpha}$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

W tabelach podaje się tzw. elastyczny promień gięcia oraz minimalny promień gięcia, którego nie należy przekraczać.

Przykład obliczenia gięcia elastycznego:

Dane: kąt uzupełniający $\alpha=55^\circ$

Rura gięta DN 80

Maksymalny kąt gięcia $\alpha_{\max}=34^\circ$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Ilość odcinków rur podlegających gięciu

$$n = \frac{\alpha}{\alpha_{max}} = \frac{55}{34} = 1,62 \approx 2$$

Długość łuku

$$L_l = 2 \times 12 = 24 \text{ m}$$

Promień gięcia

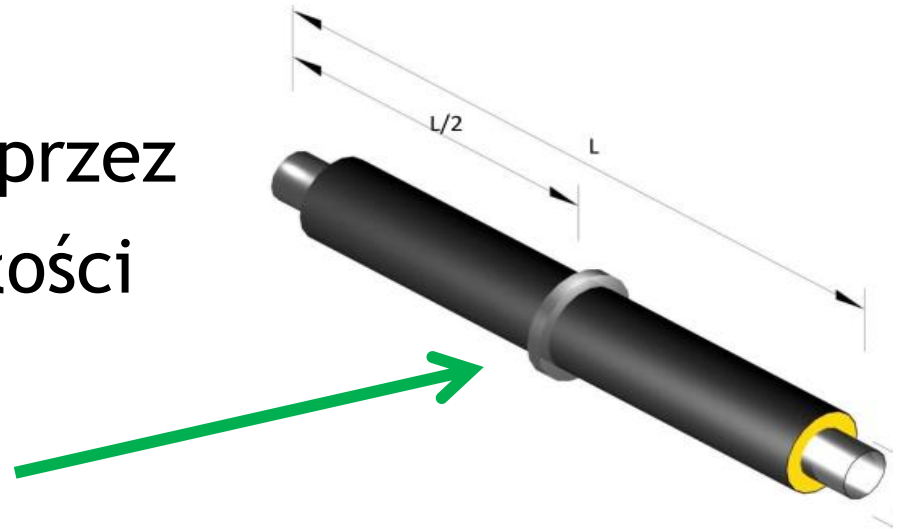
$$R = \frac{24 \cdot 180}{\pi \cdot 55} = 25,01 \text{ m} > R_{min} = 20,22 \text{ m}$$

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Punkty stałe

W poprawnie zaprojektowanej sieci ciepłowniczej, rzeczywiste pkt stałe są zazwyczaj zbędne.

Eliminacja RPS zwiększa bezpieczeństwo sieci poprzez wyeliminowanie nieciągłości płaszczka osłonowego w konstrukcji pkt stałego.





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zastosowanie rzeczywistego pkt stałego redukuje dopuszczalną długość ułożenia prostego odcinka sieci do wartości L_{\max} .

W pkt stałych występują bardzo duże siły, co pociąga za sobą konieczność stosowania dużych bloków betonowych. Praktycznie nie są stosowane dla średnic powyżej DN350.



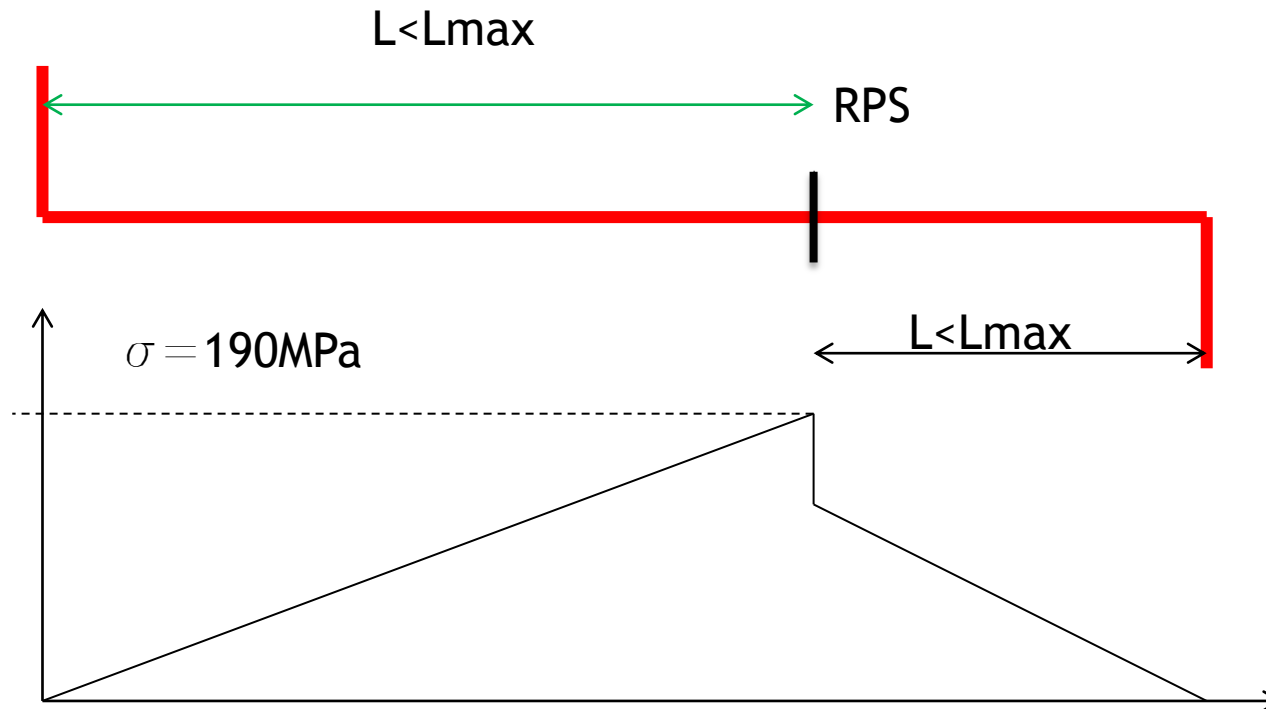
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Rzeczywiste pkt stałe należy zastosować:

- Do zabezpieczenia przejść przez ścianę budynku, jeżeli mogłoby wystąpić nadmierne wydłużenie osiowe.
- Do nadania kontrolowanego kierunku wydłużenia np. dla kolan o kącie $\alpha \leq 30^\circ$.
- W celu zapobieżenia obsunięciu się sieci ciepłowniczej np. na zboczach.

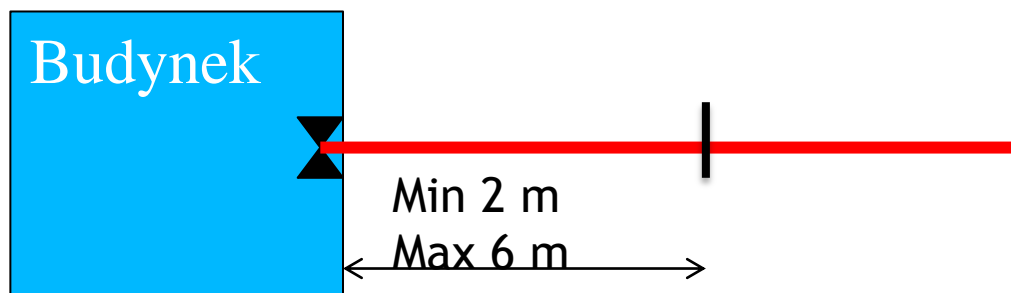
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Naprężenia w pkt stałych



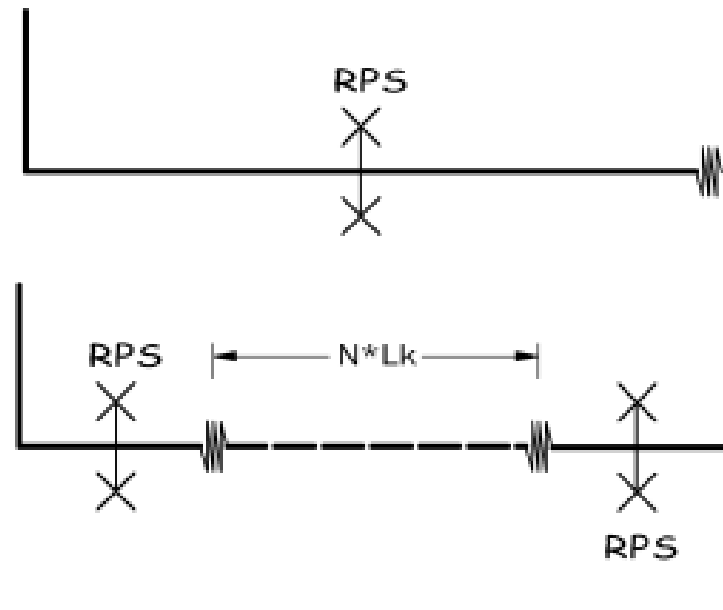
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zastosowanie rzeczywistego pkt stałego



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Zastosowanie rzeczywistego pkt stałego





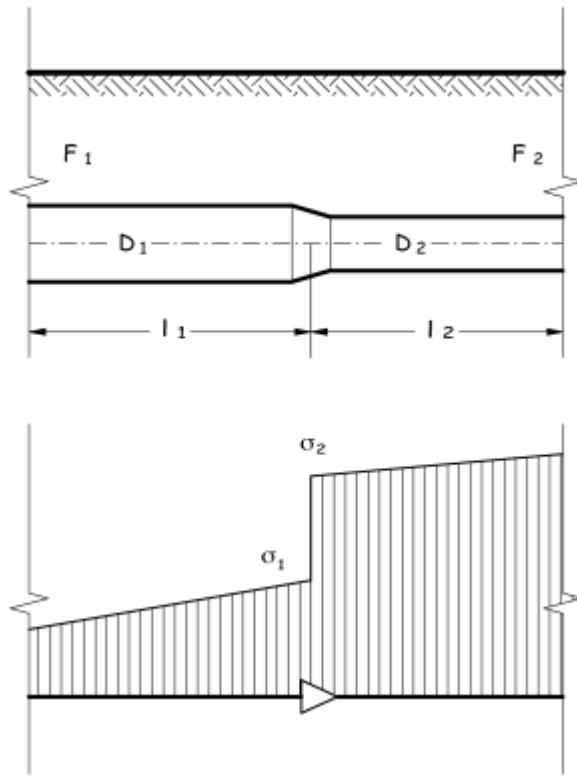
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Redukcje średnicy.

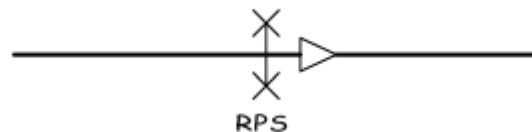
Redukcję średnicy projektujemy zawsze za trójnikiem.

Ze względu na zmniejszenie pola przekroju rury na zwężce występuje skokowy wzrost naprężeń proporcjonalny do stosunku powierzchni przekrojów rurociągów.

Sieci ciepłownicze - projektowanie

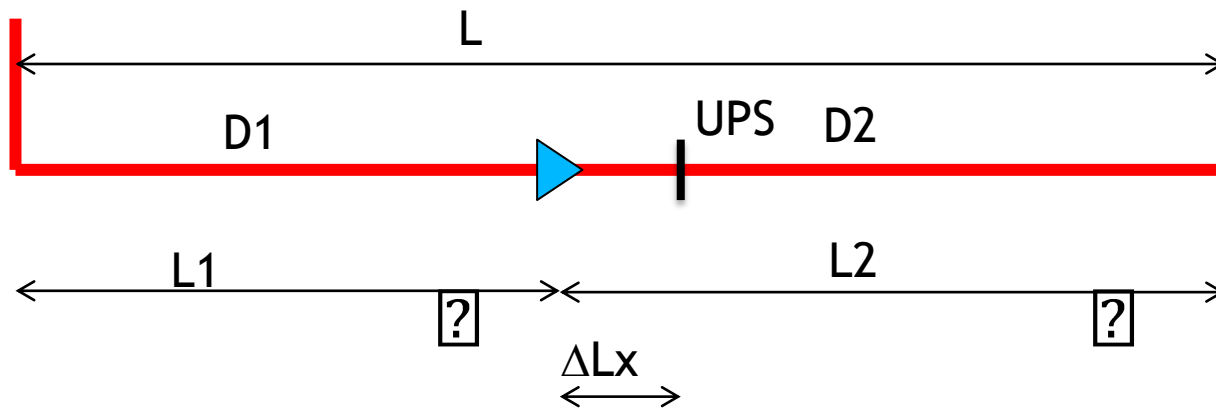


Nie należy wykonywać na jednej redukcji zmiany średnicy o więcej niż dwie średnice, a w odcinkach zahamowanych przez tarcie nie więcej niż o jedną średnicę.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przesunięcie umownego pkt stałego UPS przy redukcji średnicy - przykład



$$D1 \cdot L1 + Lx \cdot D2 = (L2 - Lx) * D2$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

$$\Delta Lx = \frac{L2 - \frac{D1}{D2} \cdot L1}{2}$$

Przykład:

L=60 m; L1=25 m; L2=35 m

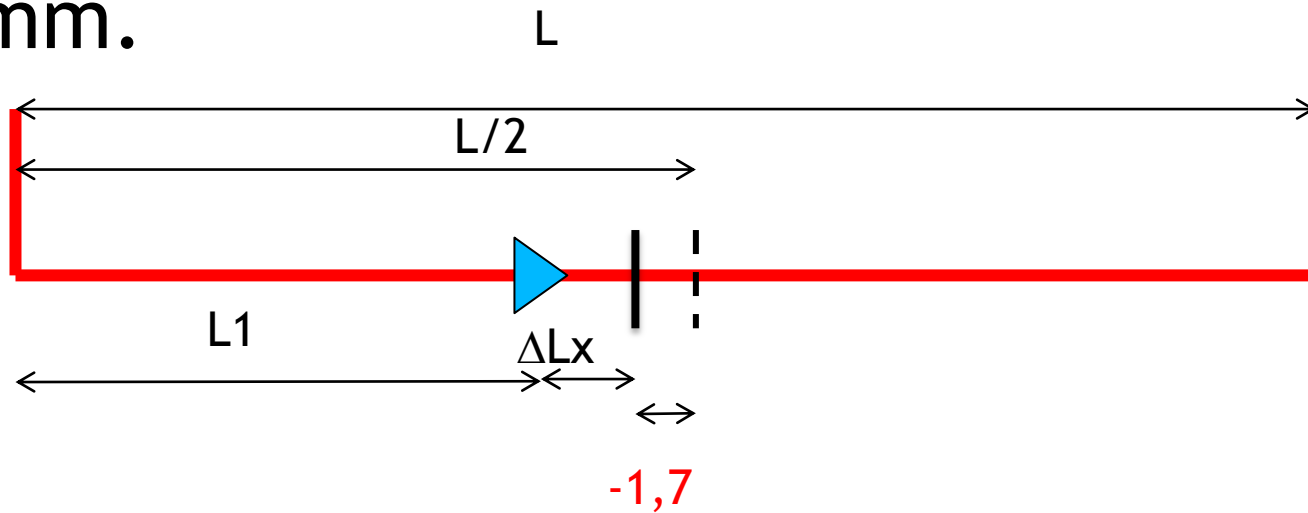
D1=125 mm; D2=110 mm

Po podstawieniu do wzoru $\Delta Lx=3,29$ m, stąd

UPS leży w odległości $L_{UPS}=L1+\Delta Lx=28,3$ m

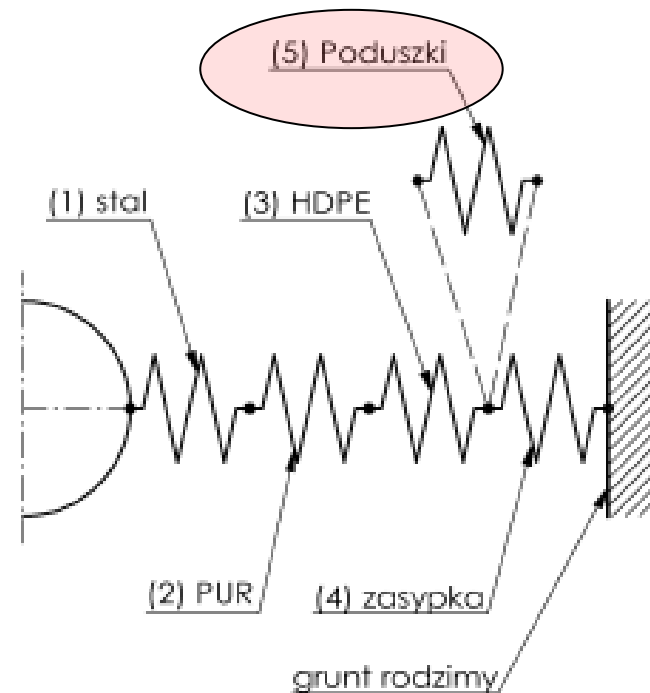
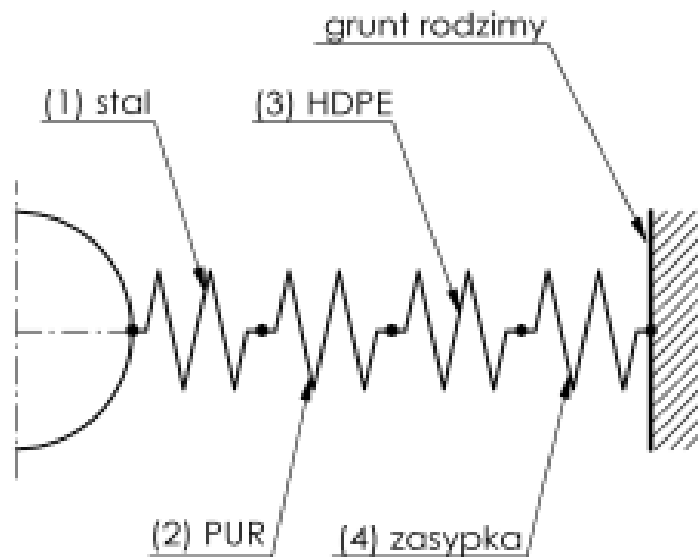
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Ponieważ połowa odcinaka to 30 m, przesunięcie UPS względem środka odcinka wynosi -1,7 m w kierunku średnicy $D1=125$ mm.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Strefy kompensacyjne





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Dla kolan kompensacyjnych minimalną grubość poduszek określić można z zależności:

$$\Delta P_{min} = \Delta L \cdot 1,5 \text{ mm}$$

ΔL - wydłużenie efektywne rurociągu z uwzględnieniem zagłębienia, wydłużenia swobodnego i działania sił tarcia i korekty temperatury zasilania sieci



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Grubość poduszek powinna zawierać się w zakresach:

$\Delta P=40$ mm dla $\Delta L=0 \dots < 27$ mm

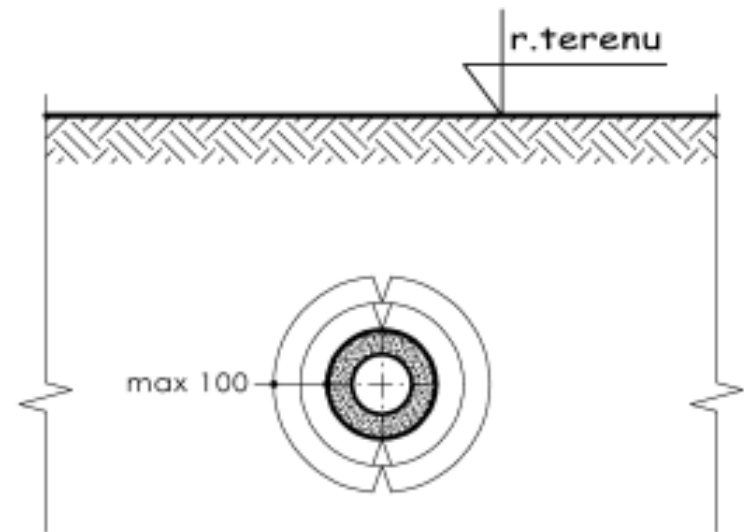
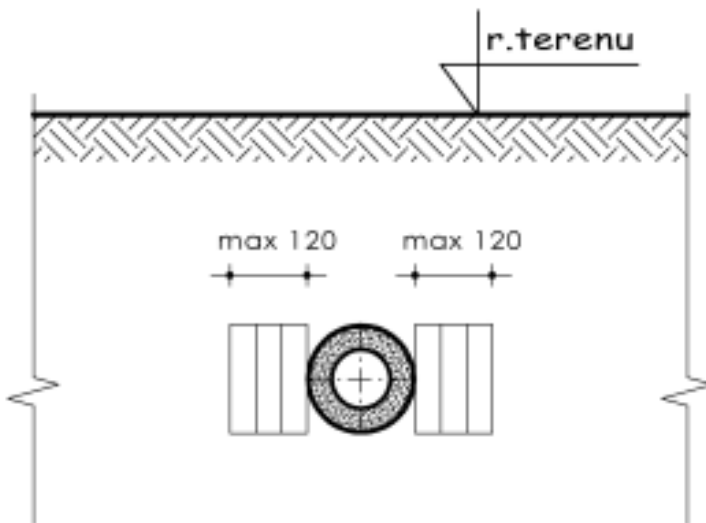
$\Delta P=80$ mm dla $\Delta L=27 \dots < 53$ mm

$\Delta P=120$ mm dla $\Delta L=53 \dots < 80$ mm

Nie należy stosować poduszek o grubości większej niż 120 mm ze względu na możliwe przekroczenie dopuszczalnej temperatury pianki PUR (50...60° C)

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Ograniczenia grubości poduszek





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Dla wydłużeń przekraczających $\Delta L > 80$ mm należy stosować naciąg wstępny mechaniczny lub termiczny o 50% wydłużenia rurociągu, wówczas grubość poduszek wyniesie odpowiednio:

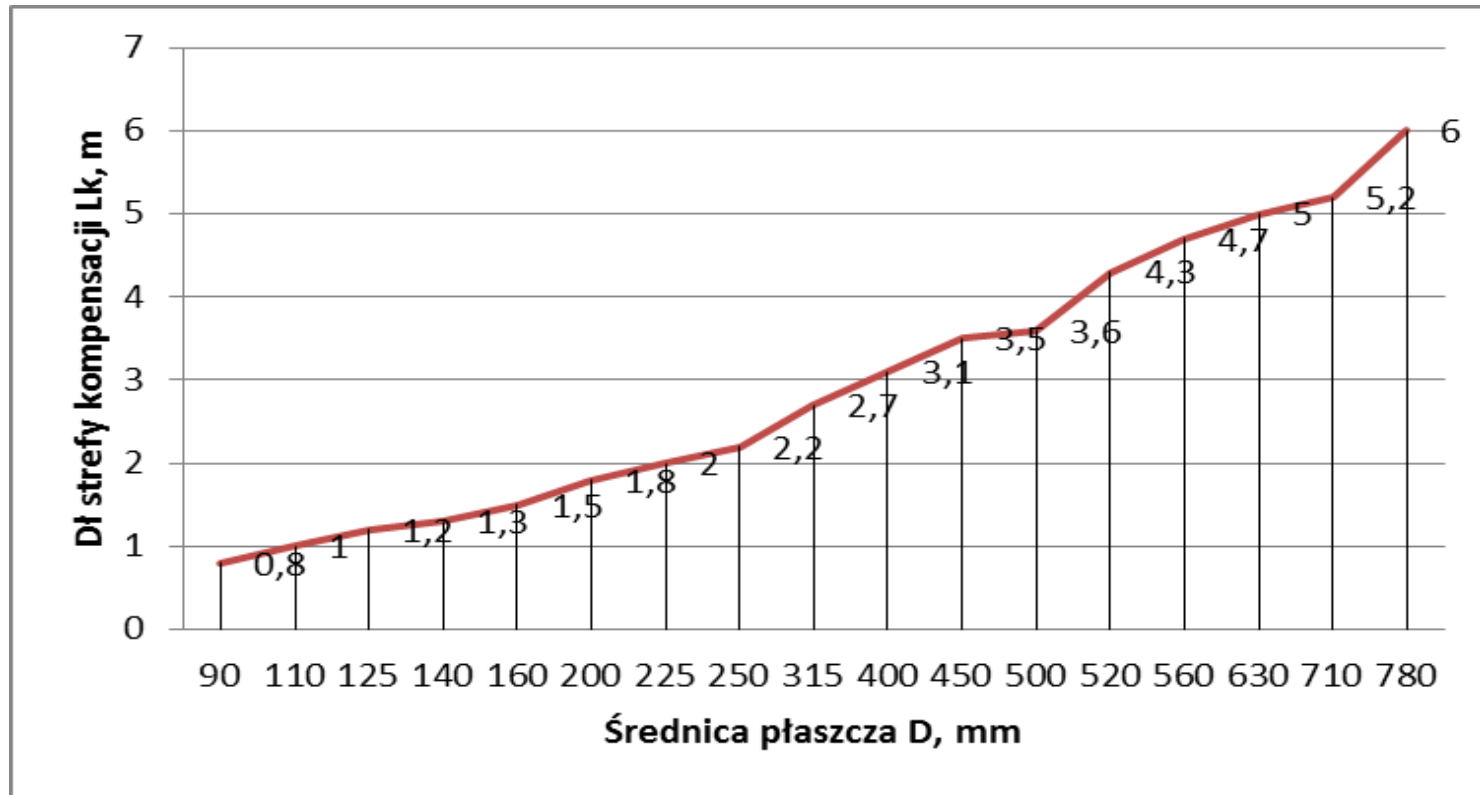
$\Delta P=80$ mm dla $\Delta L=80 \dots 106$ mm

$\Delta P=120$ mm dla $\Delta L=106 \dots 160$ mm



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Długość strefy kompensacji





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przykład doboru poduszek

$$\Delta L_1 = 61 \text{ mm} \quad \Delta P_{\min} = \Delta L_1 \times 1,5 = 91,5 \text{ mm}$$

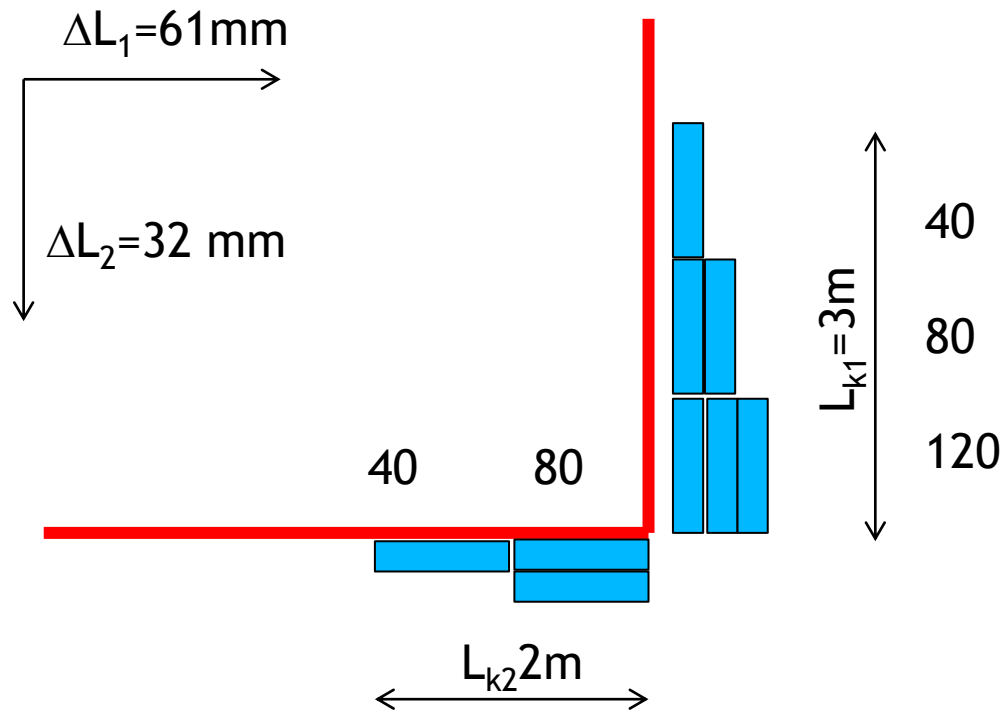
Przyjęto 120 mm $L_{k1} = 3 \text{ m}$

$$\Delta L_2 = 32 \text{ mm} \quad \Delta P_{\min} = \Delta L_2 \times 1,5 = 48 \text{ mm}$$

Przyjęto 80 mm $L_{k2} = 2 \text{ m}$

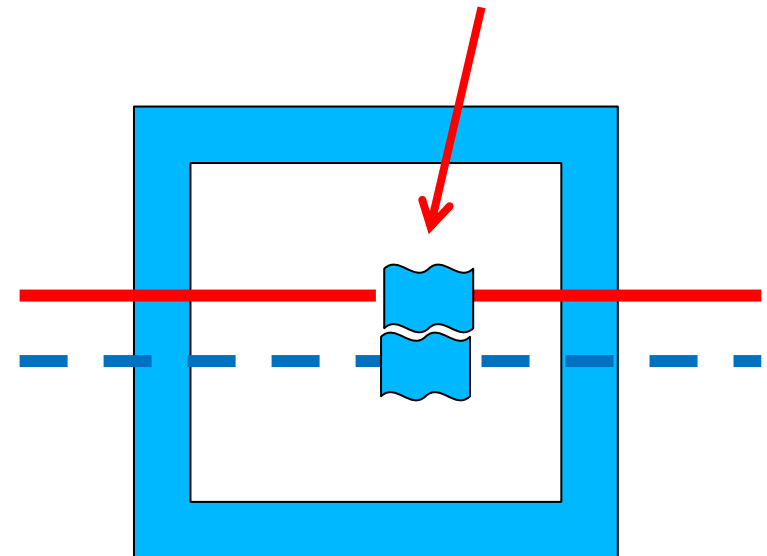
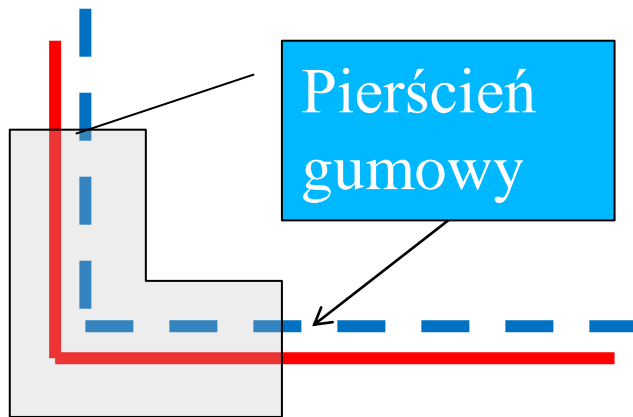
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Rozmieszczenie poduszek dla przykładu



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Dla wydłużeń przekraczających $\Delta L > 160$ mm
Należy zastosować nisze lub kompensatory osiowe w komorach.





Sieci ciepłownicze - projektowanie

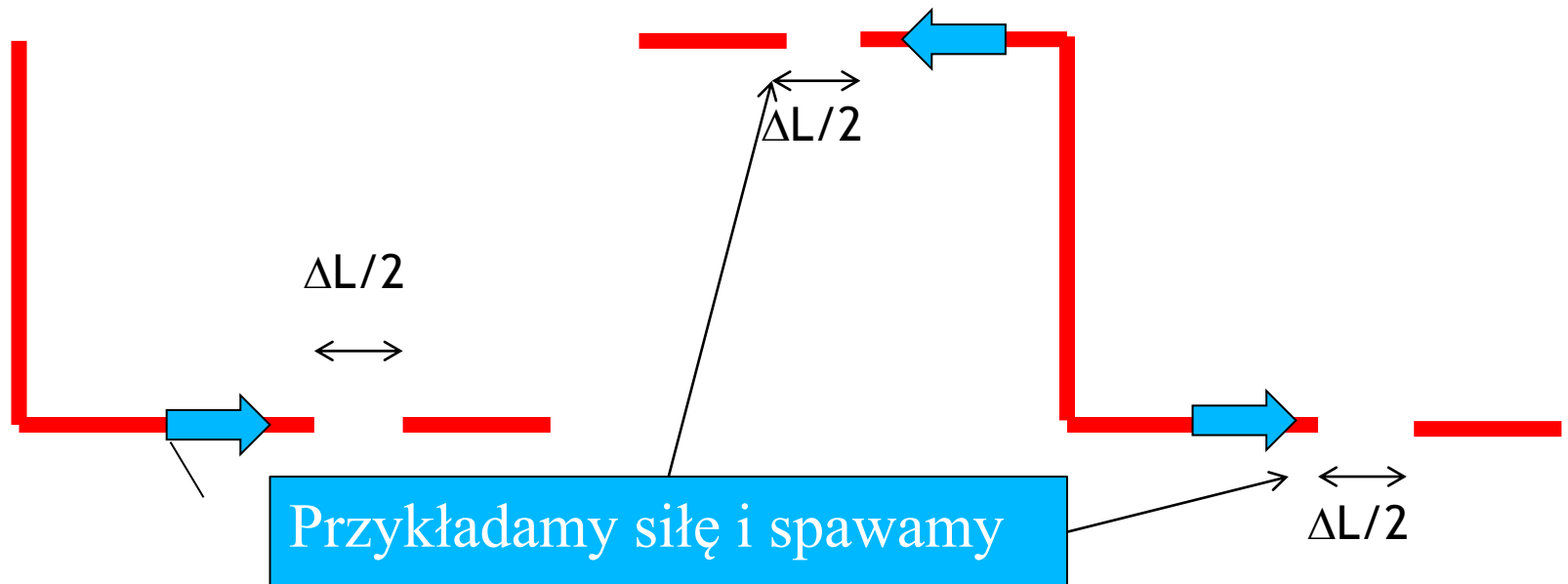
Naciąg wstępny

Ma na celu redukcję wysięgu ramion kompensacyjnych typu „L”, „Z” lub „U” oraz redukcję grubości poduszek kompensacyjnych.

Szczególne zastosowanie w technologii zimnego montażu.

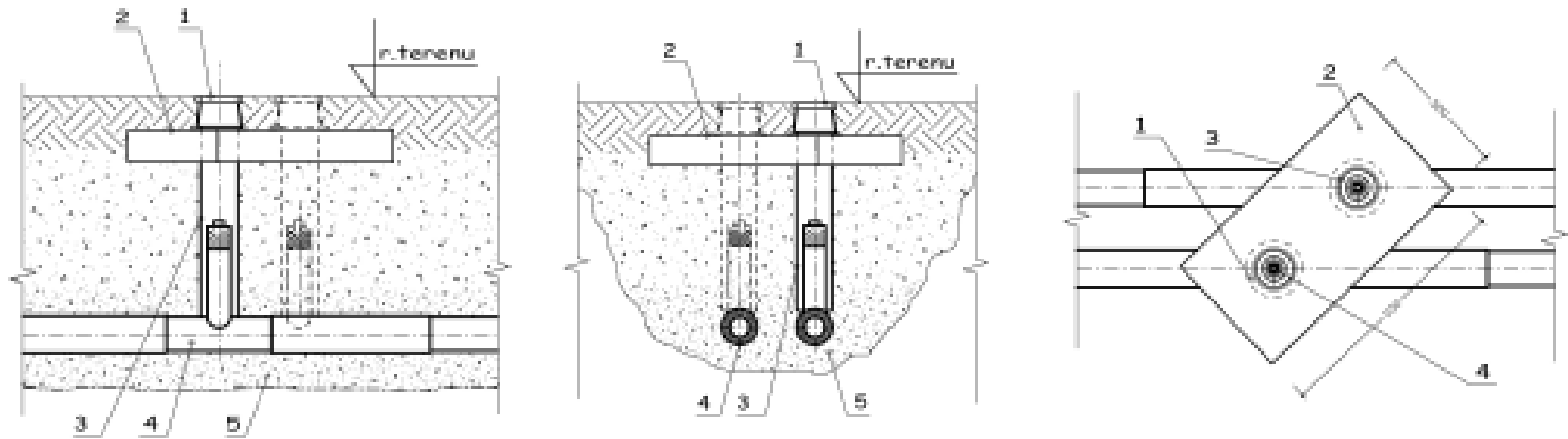
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Naciąg wstępny może być uzyskany w sposób mechaniczny bądź termiczny.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

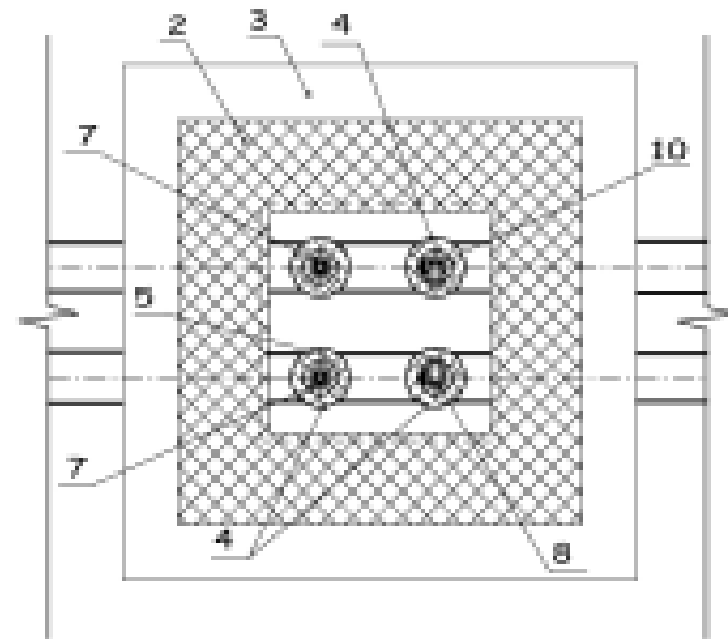
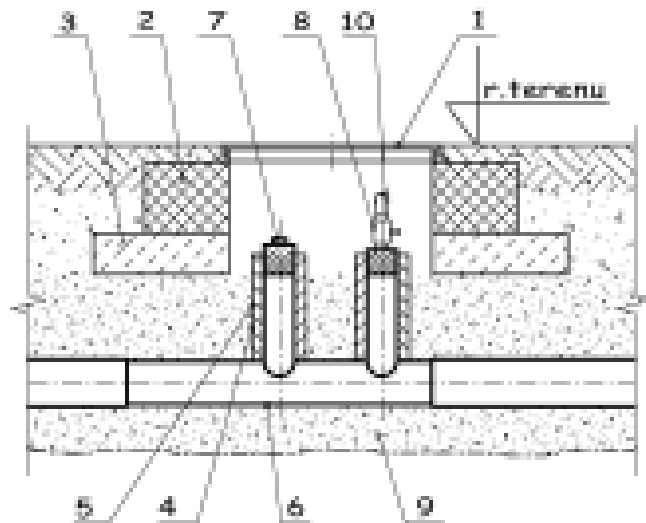
Montaż armatury odcinającej



R-2. Trzpienie przelotowych zaworów kulowych w oddzielnych obudowach na wspólnej płycie.
[1. okrągłka żeliwna; 2. płyta betonowa; 3. rura osłonowa HDPE z materiałem elastycznym; 4. element zamocowania przelotowanego; 5. zasypka]

Źródło: PRIM Lublin

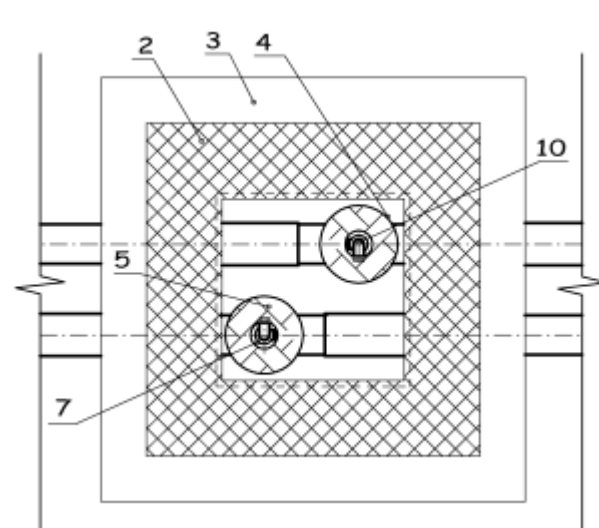
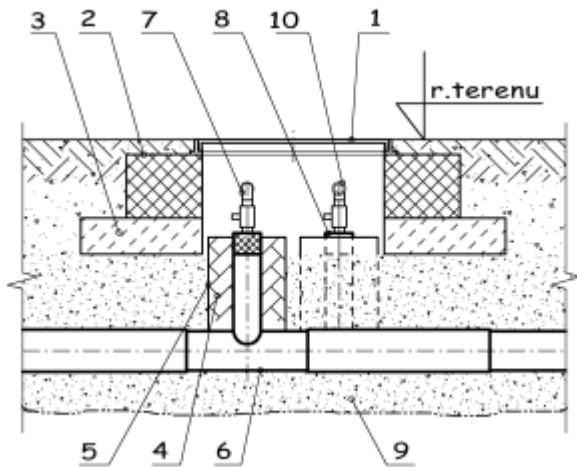
Sieci ciepłownicze - projektowanie



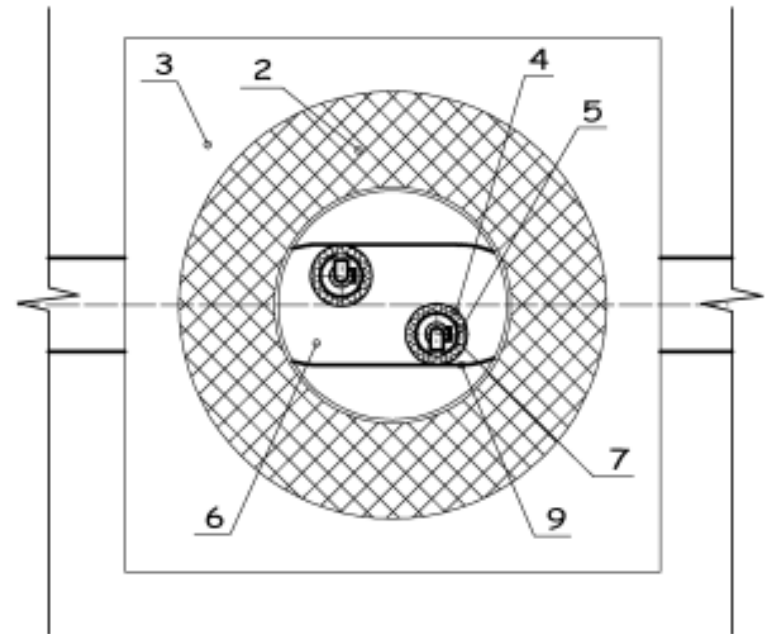
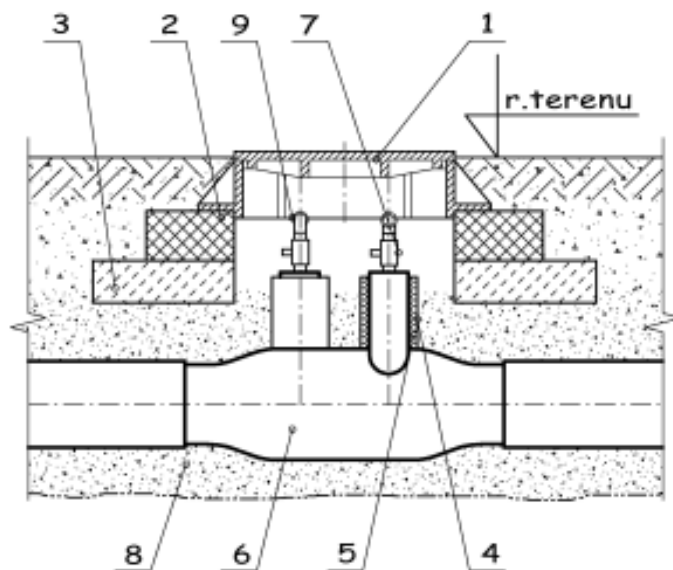
R-3. Trzpienie zaworów we wspólnej obudowie z króćcami odpowietrzającymi lub odwadniającymi.
 (1. wisz żelazny; 2. obudowa z cegły lub bloczków betonowych; 3. płyta betonowa; 4. rura osłonowa HDPE; 5. materiał elastyczny; 6. element zaworu przeizolowanego z np. odpowietrzeniem; 7. trzpieli zaworu; 8. Zawór kulowy np. odpowietrzenia; 9. zasypka; 10. kolanko z korkiem - element zabezpieczający obsługę przed poparzeniem)

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odpowietrzenia na sieci preizolowanej

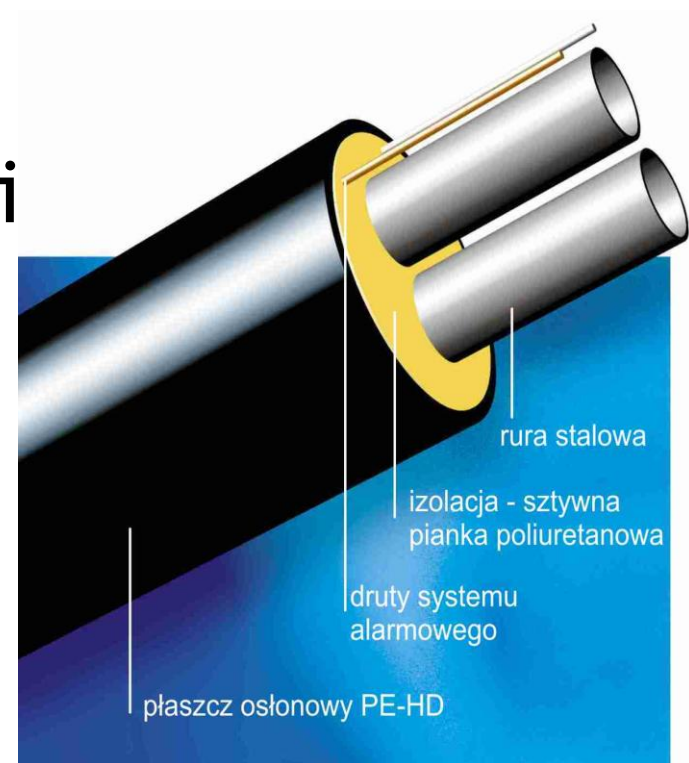


Odpowietrzenia systemu podwójnego



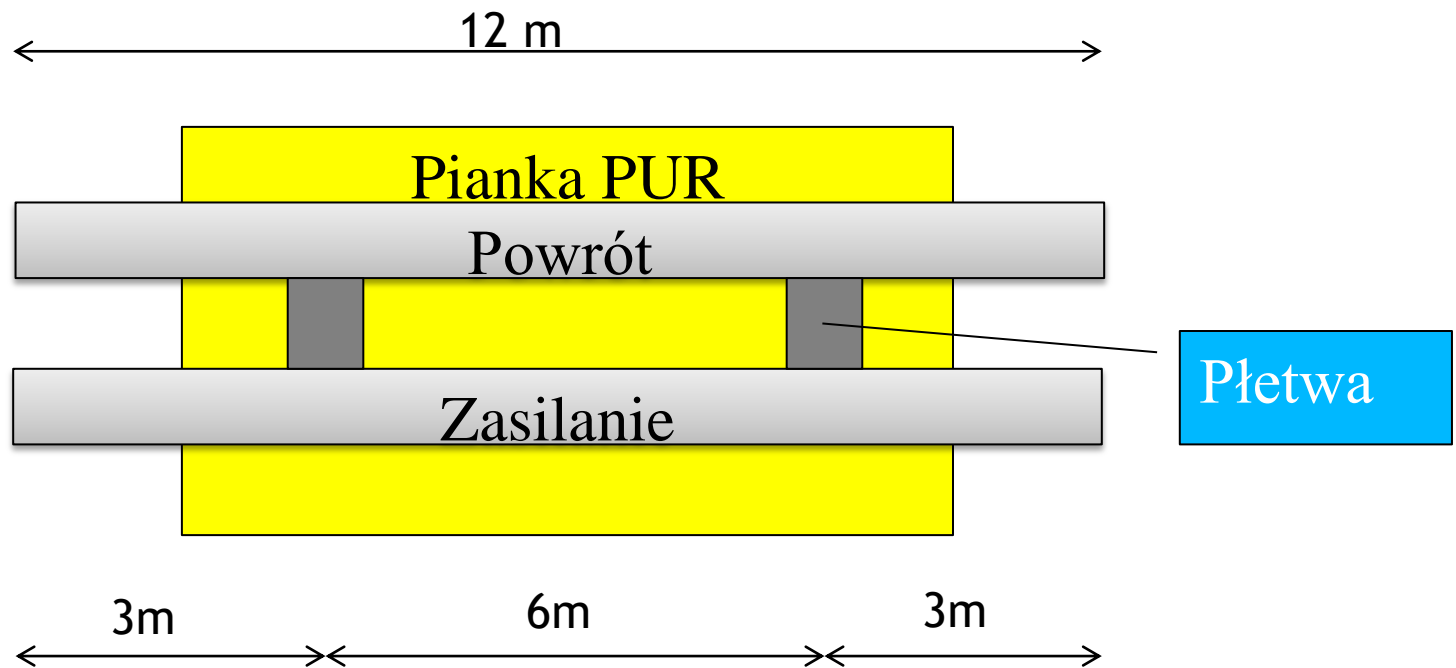
Sieci ciepłownicze - projektowanie

System zespolony rur podwójnych
Udoskonaleniem bez-
kanałowego układania sieci
ciepłowniczej jest system
zespolony rur podwójnych.



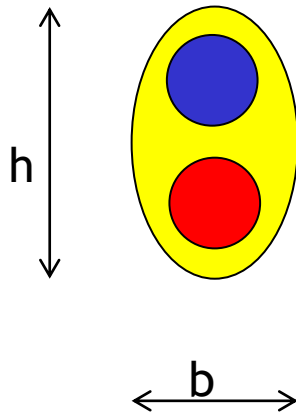
Sieci ciepłownicze - projektowanie

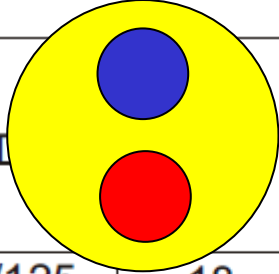
System zespolony rur podwójnych



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Konstrukcja rur podwójnych



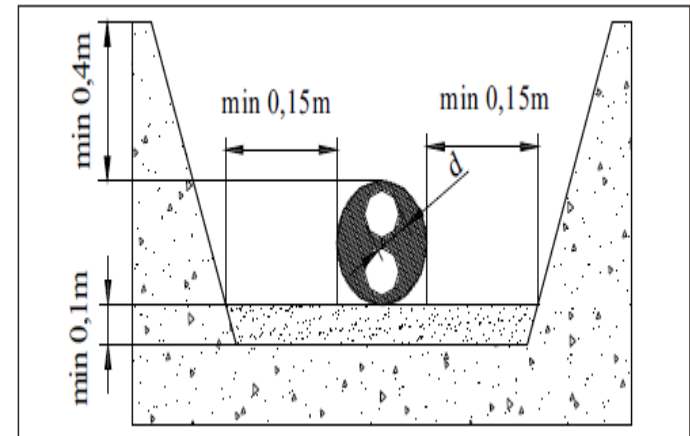
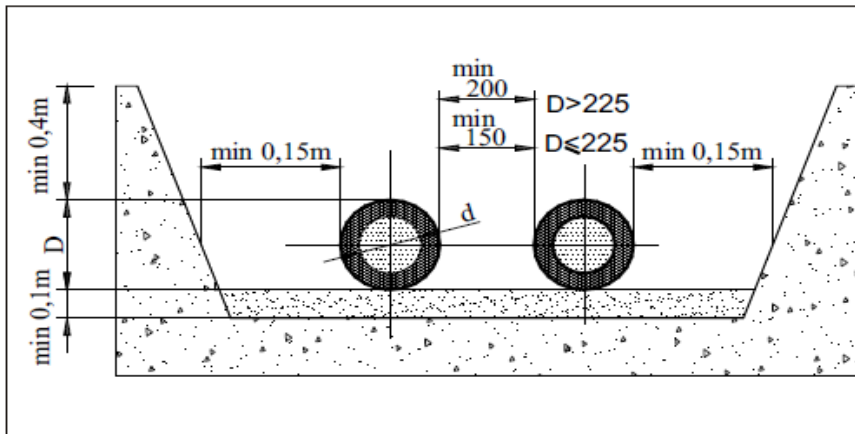
dn/D		Straty ciepła parametry wysokie niskie W/m.	
		2x20/125	18
2x25/140	18	13,4	10,3
2x32/160	18	14,6	11,2
2x40/160	18	17,4	13,4
2x50/200	20	17,0	13,0
2x65/225	20	20,1	15,4
2x80/250	25	22,8	17,5
2x100/315	25	22,9	17,6
2x125/400	30	20,7	15,9
2x150/450	40	24,1	18,5

Doppelrohr-Typ	D - 25	D - 32	D - 40	D - 50	D - 65	D - 80	D - 100	D - 125	D - 150
b in mm	99	131	131	136	176	196	238	267	298
h in mm	144	184	184	211	261	292	367	418	475
h _s in mm	20	20	20	25	25	30	30	35	45
b _s in mm	6	6	6	6	6	6	6	6	10
L _s in mm	55	70	80	100	130	160	200	250	300

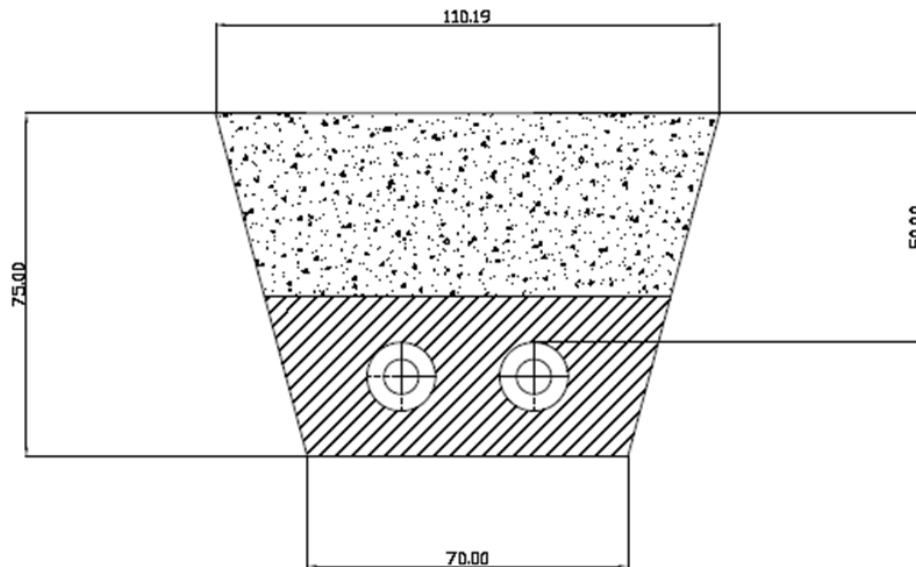
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Korzyści:

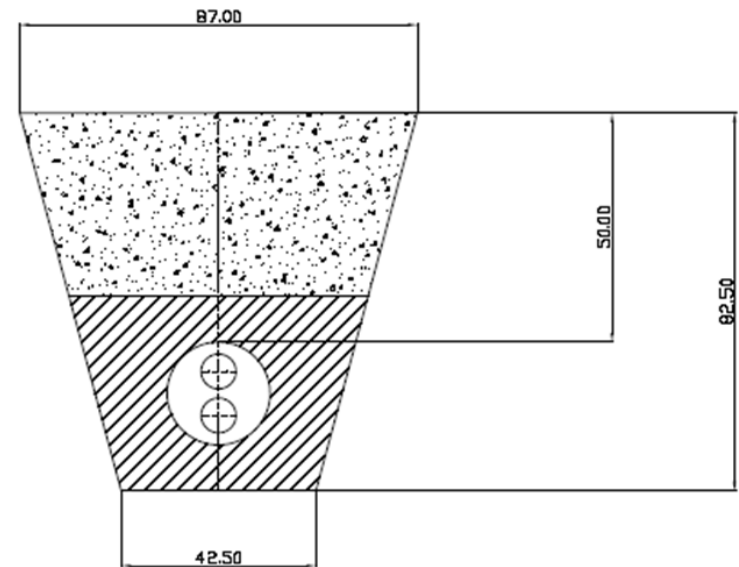
1. Zmniejszenie wymiarów wykopu
2. Zmniejszenie pracochłonności odtworzenia terenu



Sieci ciepłownicze - projektowanie



0.675 m²



0.534 m² = 79.1%

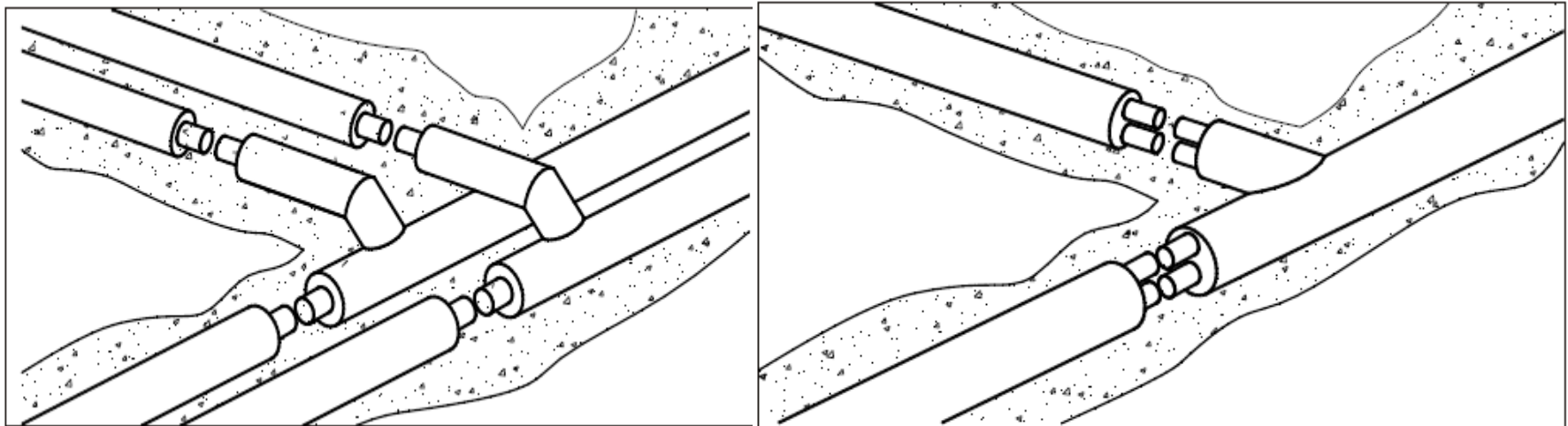
0.87 m = 87%

Roboty ziemne:

Odtworzenie nawierzchni: 1.1 m

Sieci ciepłownicze - projektowanie

3. Zmniejszenie strat ciepła w stosunku do rur pojedynczych
4. Obniżenie głębokości układania sieci z uwagi na trójniki prostopadłe





Sieci ciepłownicze - projektowanie

Płetwy projektowane są na różnicę temperatur $\Delta T = 70 \dots 80^\circ \text{C}$ (isoplus, Prim Lublin)

Maksymalna temperatura $T_z = 130^\circ \text{C}$, ciśnienie 25 bar, max różnica temperatur $\Delta T = 70 \dots 80^\circ \text{C}$.

Maksymalne naprężenia osiowe $\sigma_{\text{dop}} = 190 \text{ N/mm}^2$.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Długość instalacyjna w rurach preizolowanych zależy od wielu czynników, a w systemie rur podwójnych dodatkowo od wytrzymałości połączenia płetwami obu rurociągów, względnie różnicy temperatury pomiędzy zasilaniem i powrotem.

Długości instalacyjne w systemie rur podwójnych są mniejsze niż w systemie rur pojedynczych.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Rury zasilająca i powrotna są ze sobą połączone płetwami, stąd naprężenia oblicza się dla temperatury w danej rurze i średniej z temperatur konstrukcji rurowej.

$$\sigma_z = E \cdot \alpha \cdot \left(T_z - \frac{T_z + T_p}{2} \right) = E \cdot \alpha \cdot \frac{T_z - T_p}{2}$$

$$\sigma_p = E \cdot \alpha \cdot \left(T_p - \frac{T_z + T_p}{2} \right) = E \cdot \alpha \cdot \frac{T_z - T_p}{2}$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczanie siły

$$P_z = E \cdot \alpha \cdot (T_z - T_m) \cdot A$$

$$P_p = E \cdot \alpha \cdot (T_p - T_m) \cdot A$$

Siłę od wydłużeń termicznych w układzie rur podwójnych obliczamy

$$P = E \cdot \alpha \cdot (T_z - T_m + T_p - T_m) \cdot A$$

$$P = E \cdot \alpha \cdot \left(\frac{T_z + T_p}{2} - T_m \right) \cdot 2 \cdot A$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Obliczanie wydłużeń

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \left(\frac{T_z + T_p}{2} - T_m \right) - \frac{F_s \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot 2 \cdot A}$$

Siła tarcia może być obliczona ze wzoru

$$F_s = 4,5 \cdot \pi \cdot D \cdot H \left[\frac{N}{m} \right]$$



Sieci ciepłownicze - projektowanie

Metody układania:

1. Samokompensacji
typu L, Z, U

Dł. Prostego odcinka

$L \leq L_{inst}$ obliczone

dla $\sigma_{dop} = 190 \text{ N/mm}^2$

Dla $H = 1,0 \text{ m}$

Rura stalowa przewodowa			Rura osłowna	Przekrój rury	Siła tarcia	Parametry			
						130/70°C		95/75°C	
dn	dz	s	D	A	F	Lmax	Δl_z	Lmax	Δl_z
	mm	mm	mm	mm	N/m	m	mm	m	mm
2x20	26,9	2,6	125	198	2080	22	18	30	15
2x25	33,7	2,6	140	254	2330	25	20	35	17
2x32	42,4	2,6	160	325	2663	28	23	39	19
2x40	48,3	2,6	160	375	2663	32	26	44	22
2x50	60,3	2,9	200	532	3328	36	29	50	25
2x65	76,1	2,9	225	667	3745	41	33	56	28
2x80	88,9	3,2	250	862	4161	47	38	66	32
2x100	114,3	3,6	315	1252	5242	55	44	76	37
2x125	139,7	3,6	400	1539	6657	53	43	73	36
2x150	168,3	4,0	450	2065	7489	63	51	87	43



Sieci ciepłownicze - projektowanie

2. Z podgrzewem wstępnym

Temperaturę podgrzewu dla systemu rur podwójnych wyznaczamy ze wzoru

$$T_{podg} = \frac{0,5 \cdot (T_z + T_p) + T_m}{2}$$

Np.. Dla $T_z/T_p=130/70$ $T_{podg}=55^\circ \text{ C}$

Rury podwójne zachowują się tak jakby obie miały jednakową temperaturę.



Sieci ciepłownicze - projektowanie

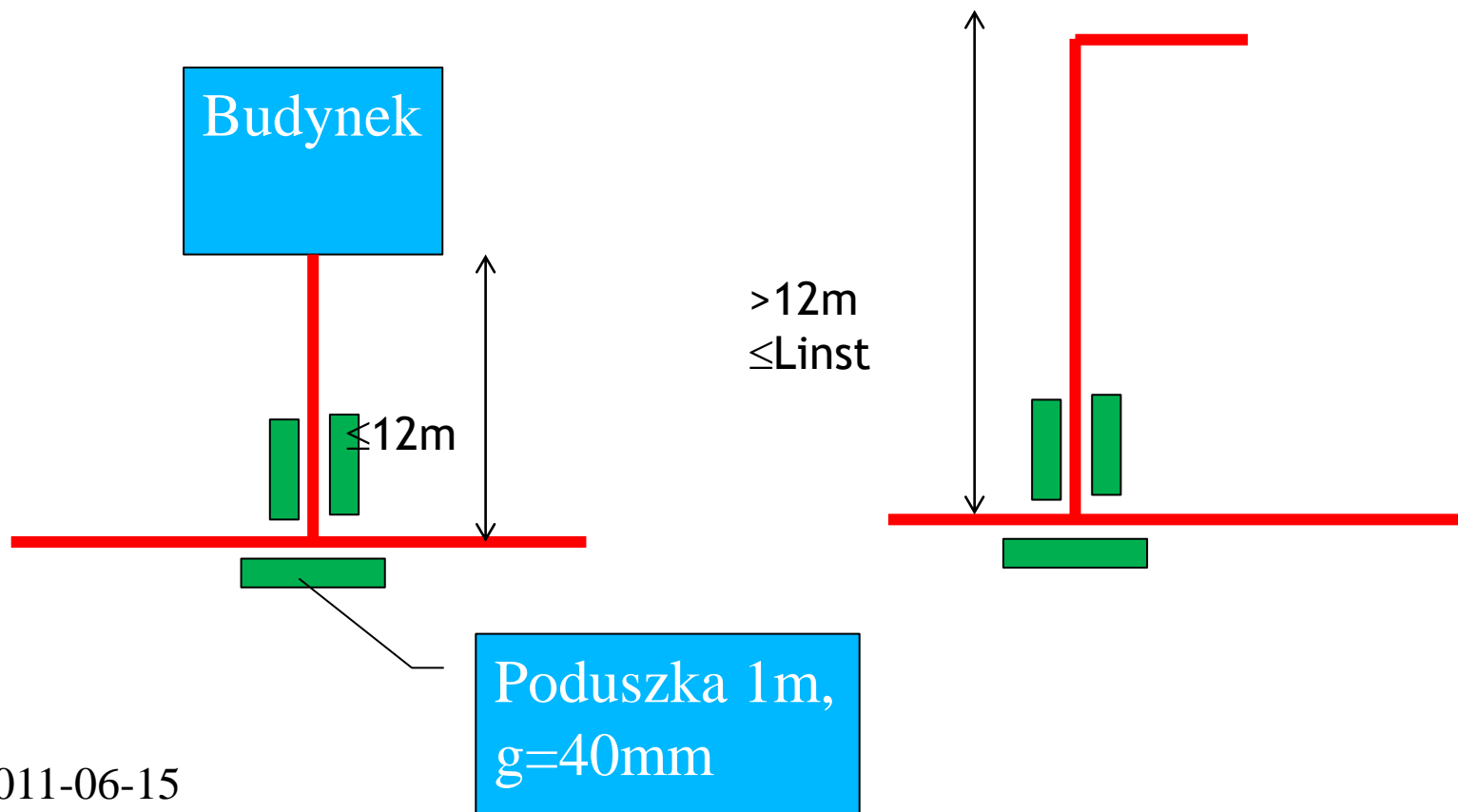
Układanie rurociągów

1. Ukosowanie - kąt 3° co 6 m
2. Gięcie elastyczne

dz, mm	2x33,7	2x42,4	2x48,3	2x60,3	2x76,1	2x88,9	2x114,6		
r_{\min} , m	34,4	43	49	68,8	86	114,6	137,5		
α_{\max} , °	20	16	14	10	8	6	5		

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgąęzienia

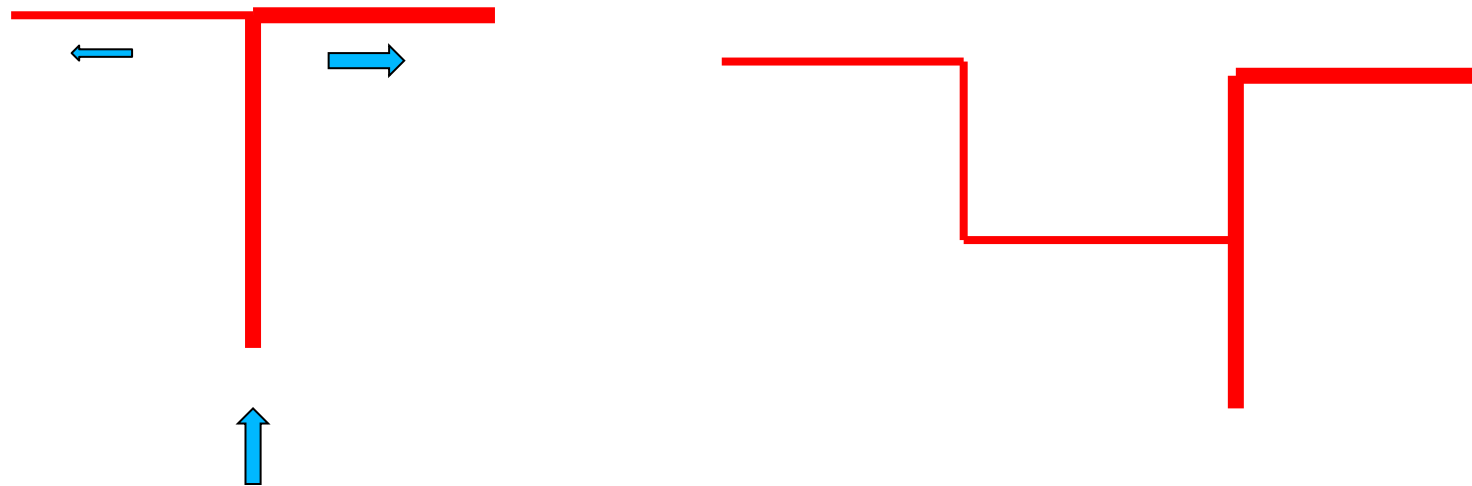




Sieci ciepłownicze - projektowanie

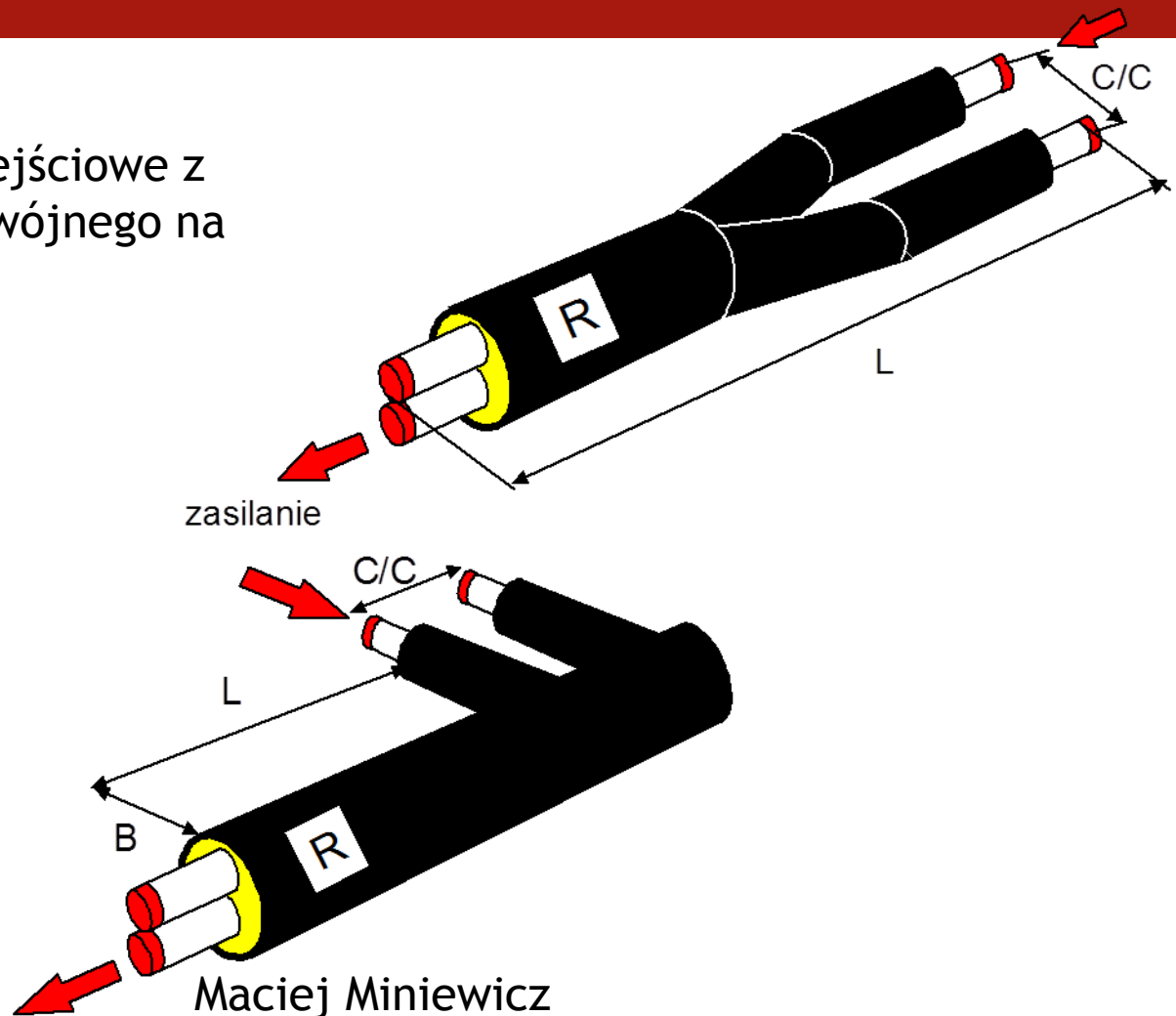
Odgąłęzienia (półkompensator)

Odgat.



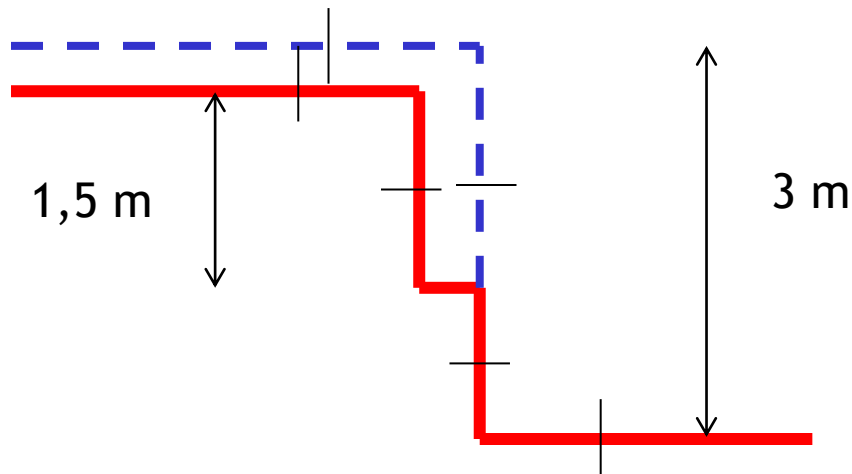
Sieci ciepłownicze - projektowanie

Kształtki przejściowe z systemu podwójnego na pojedynczy

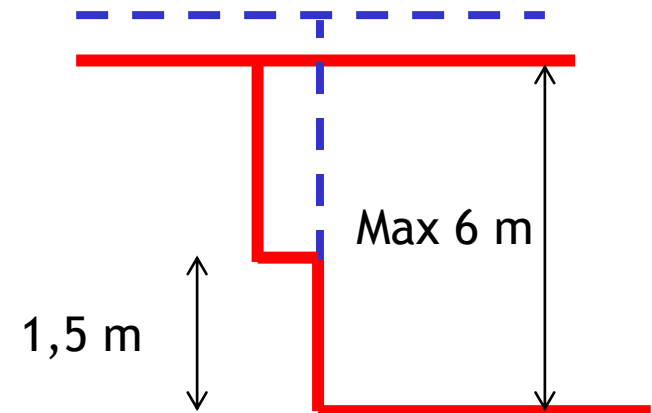


Sieci ciepłownicze - projektowanie

Przejście z systemu podwójnego na pojedynczy



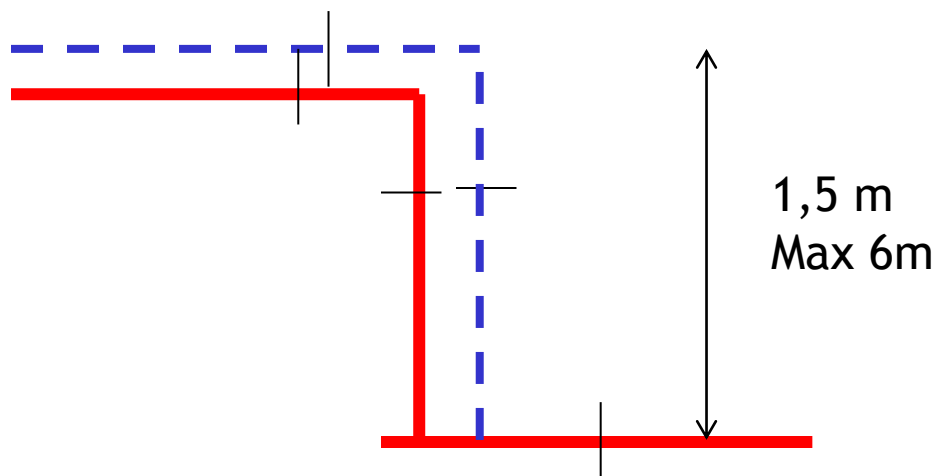
Typu „Z”



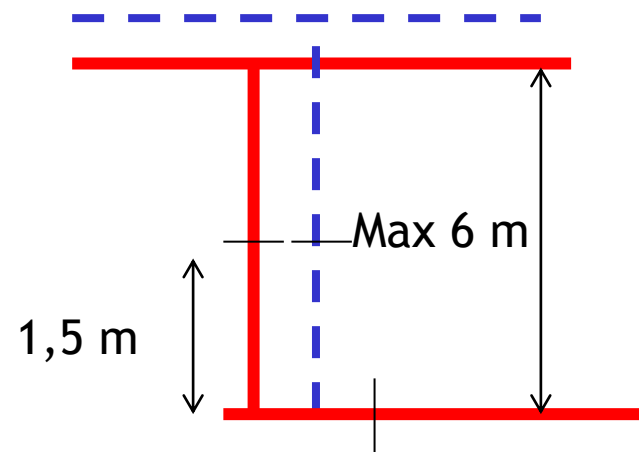
Trójkąt 45/90°

Sieci ciepłownicze - projektowanie

Odgąłęzienia



Typ „Z”



Trójkąt 45/90°



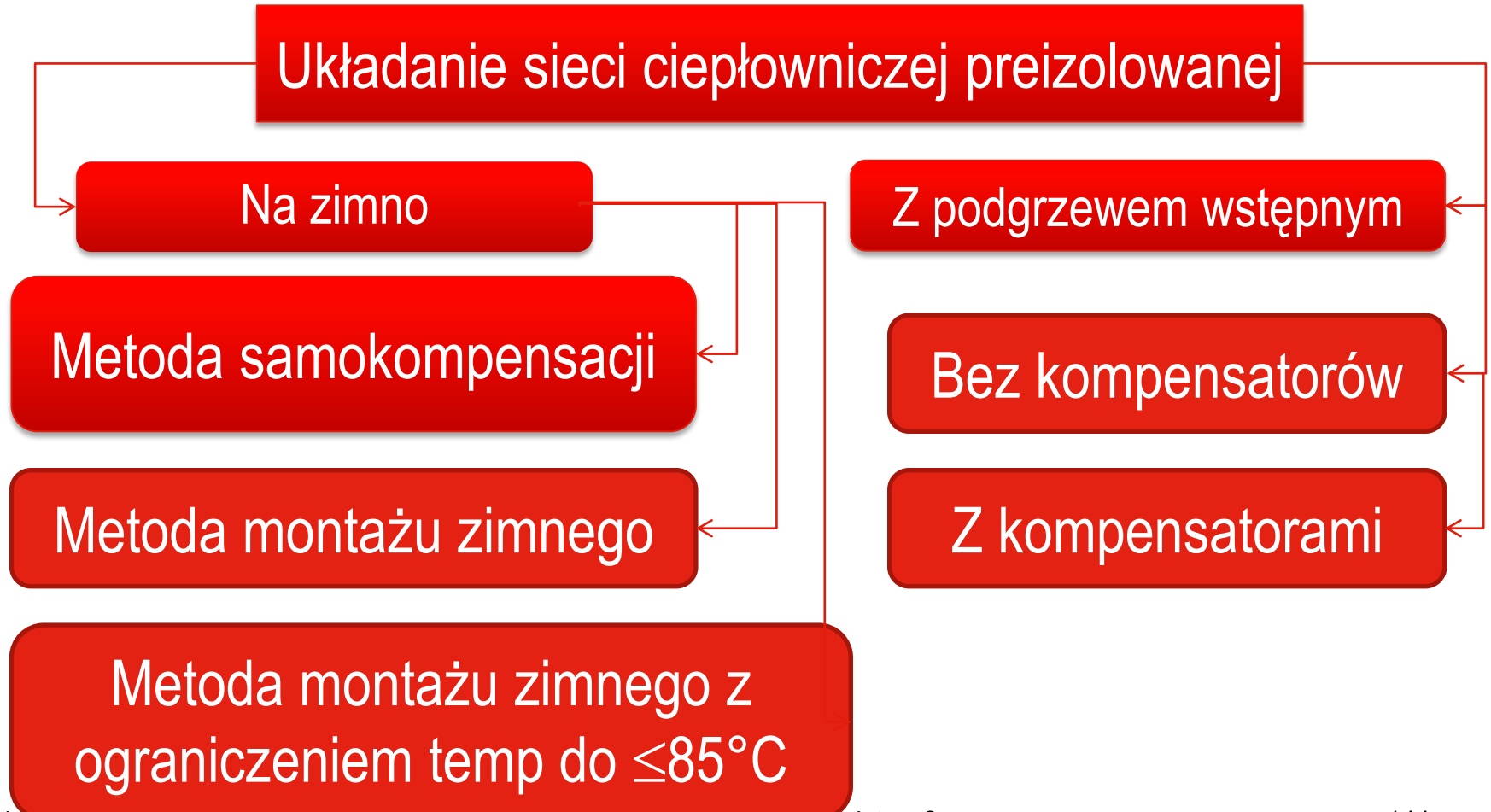
Projektowanie sieci ciepłowniczych preizolowanych

- W celu poprawy konkurencyjności sektora ciepłowniczego poprzez obniżenie nakładów inwestycyjnych na budowę sieci ciepłowniczych, konieczne staje się dokładniejsze poznanie granic wytrzymałościowych sieci oraz współczynników bezpieczeństwa (γ_M) dla stosowanych materiałów.

Należy zwrócić większą uwagę na zagadnienia wpływające na funkcjonowanie sieci. W złożonych przypadkach gwarancją prawidłowego zaprojektowania układu sieci powinno być sprawdzenie obliczeń za pomocą programów komputerowych.



Techniki układania rur. Podział





Techniki układania rur.

■ Układanie na zimno

Technika	Korzyści	Wady
Sieci niskoparametrowe $T_z \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}$	Niewielkie naprężenia Wykop zasypujemy po ułożeniu	Ograniczona temperatura zasilania
Samokompensacji	Naprężenia nie przekraczające naprężeń dop. 150 Mpa Wykop zasypujemy po ułożeniu	Ograniczenia dla odcinków prostych Konieczność stosowania kompensacji L, Z, U
Montażu zimnego	Ograniczona liczba wymaganych elementów kompensacyjnych Wykop zasypujemy po ułożeniu	Naprężenia na granicy plastyczności materiału Możliwość wyboczenia rurociągu Specjalne wymagania np. odnośnie odgałęzień



Techniki układania rur.

■ Z podgrzewem wstępnym

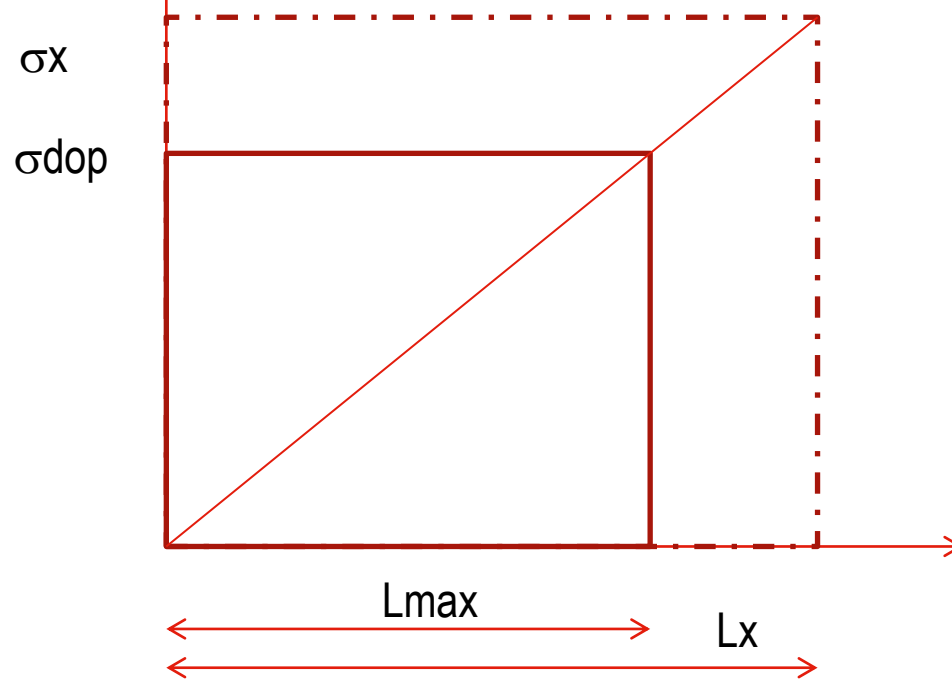
Technika	Korzyści	Wady
Podgrzew wstępny	Naprężenia nie przekraczające naprężeń dopuszczalnych Małe wydłużenia osiowe Krótsze ramiona kompensacyjne	Wykop musi pozostać niezasypany do zakończenia podgrzewu Konieczność stosowania źródeł ciepła do podgrzania rurociągu
Podgrzew wstępny z zastosowaniem kompensatorów	Ograniczenie ramion kompensacyjnych Wykop może być zasypany za wyjątkiem miejsc z kompensatorami	Wykop w miejscach zabudowy kompensatorów musi pozostać niezasypany do zakończenia podgrzewu



Techniki układania rur. Układanie na zimno.

Układanie na zimno z ograniczeniem temperatury

$T_z \leq 85^\circ\text{C}$



$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

AGFW FW 401

$$\Delta T = 85 - 10 = 75^\circ\text{C}$$

L

Techniki układania rur. Układanie na zimno.

- Dla rury stalowej ze stali St 37.0 i temperatury $T_z=85^\circ\text{C}$ współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_M=1,1$

Temperatura	85 °C
Moduł sprężystości E	207,9 MPa
Współczynnik α	$1,24 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$
Granica plastyczności Re	216,5 MPa
Współczynnik bezp. γ_M	1,1
Naprężenia dop. σ_{dop}	195 MPa

Techniki układania rur. Układanie na zimno.

- Naprężenia dopuszczalne obliczone przy współ. bezp. $\gamma_M = 1,1$

$$\sigma_{dop} = \frac{Re}{\gamma_M} = 195 \text{ MPa}$$

- Naprężenia od wydłużeń termicznych dla $\Delta T = 75^\circ\text{C}$

$$\sigma_{th} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T = 193 \text{ MPa}$$

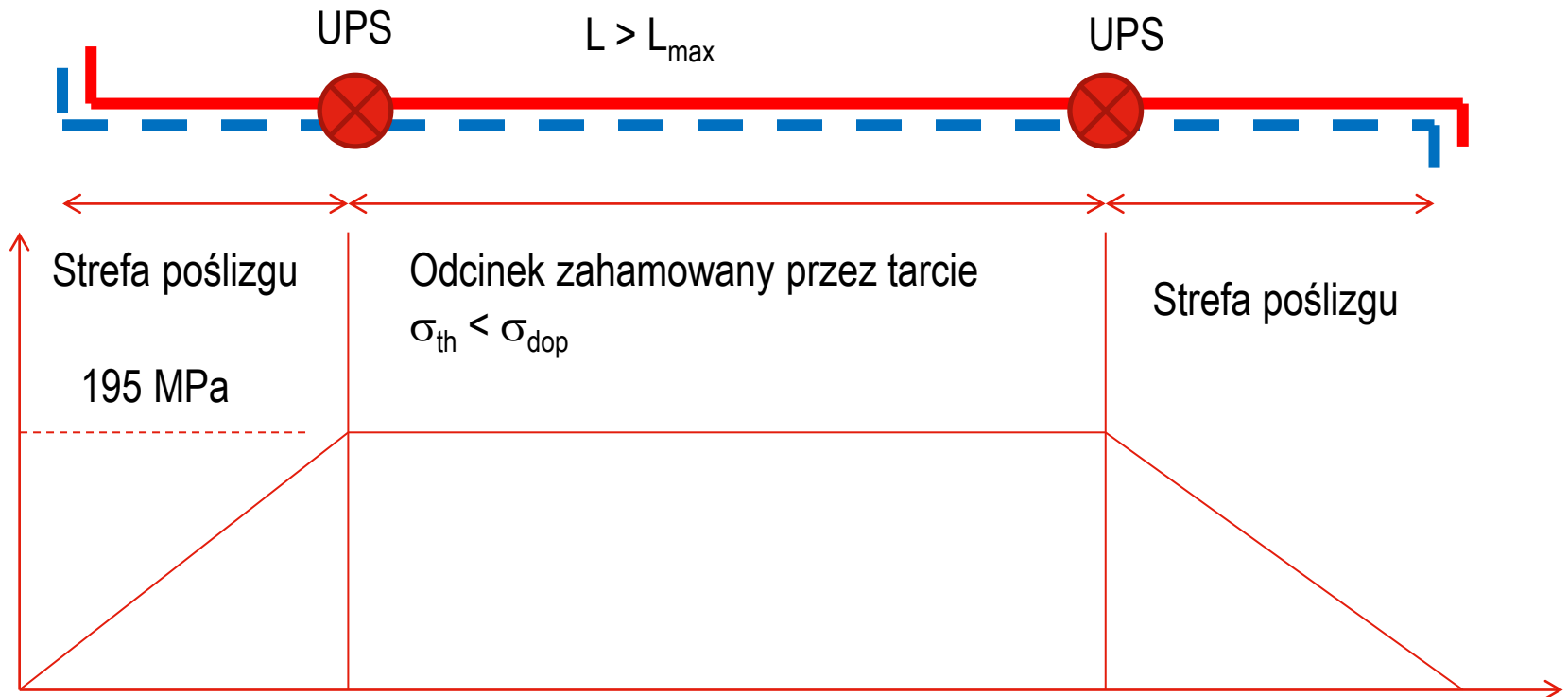
$$\Delta T = 85 - 10 = 75^\circ\text{C}$$



Techniki układania rur. Układanie na zimno.

- Dla temperatur zasilania $T_z \leq 85 \text{ °C}$
- $\sigma_{th} \leq \sigma_{dop}$
- Nie ma ograniczenia na długość odcinków prostych sieci preizolowanej $L > L_{max}$

Techniki układania rur. Układanie na zimno.





Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

- Brak ograniczeń na długość odcinków prostych
- Naprężenia są bliskie granicy plastyczności i osiągają wartość $\sigma=300$ MPa dla temperatury $T_z=130$ °C dla stali St 37.0
- Max średnica dla rur ze stali St37.0 – dn300
- Dla większych średnic i wyższych temperatur (131...155°C) stosować rury o lepszej jakości ze stali St52.0



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

- Zasady jakie należy przestrzegać przy układaniu rur metodą montażu zimnego:
 1. Wymagane jest stosowanie elementów kompensacyjnych i bezwzględnie poduszek kompensacyjnych, ze względu na 3..4 krotnie większe wydłużenia termiczne
 2. Wymagane są naprężenia wstępne w rurociągu (naciąg mechaniczny lub termiczny)



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

3. Wymagane jest stosowanie specjalnych trójników (T) wg DIN 2615 lub kołnierzy wzmacniających w miejscach odgałęzienia
4. Wymagane jest specjalne wymiarowanie redukcji rurociągów
5. Wymagane jest przeliczenie każdego przyłącza do sieci inne dla strefy zahamowania i inne dla strefy poślizgu- możliwe są sytuacje, że odgałęzienie nie będzie mogło być wykonane



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

6. Wymagana jest stała kontrola jakości podłoża, na którym układana jest sieć
7. Zagłębienie rurociągów musi być określone w dokumentacji projektowej, a każda zmiana wymaga sprawdzenia
8. Nie stosuje się rzeczywistych punktów stałych ze względu na bardzo duże siły



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

9. Należy stosować mufy o podwyższonej wytrzymałości
10. Niedopuszczalne jest ukosowanie rurociągów, dopuszczalne odchylenia nie powinny przekraczać $0,25^\circ$
11. Należy zwracać uwagę na równoległe układanie sieci preizolowanych z inną infrastrukturą (także drzewami), aby nie nastąpiło wyboczenie rurociągu wskutek destabilizacji gruntu



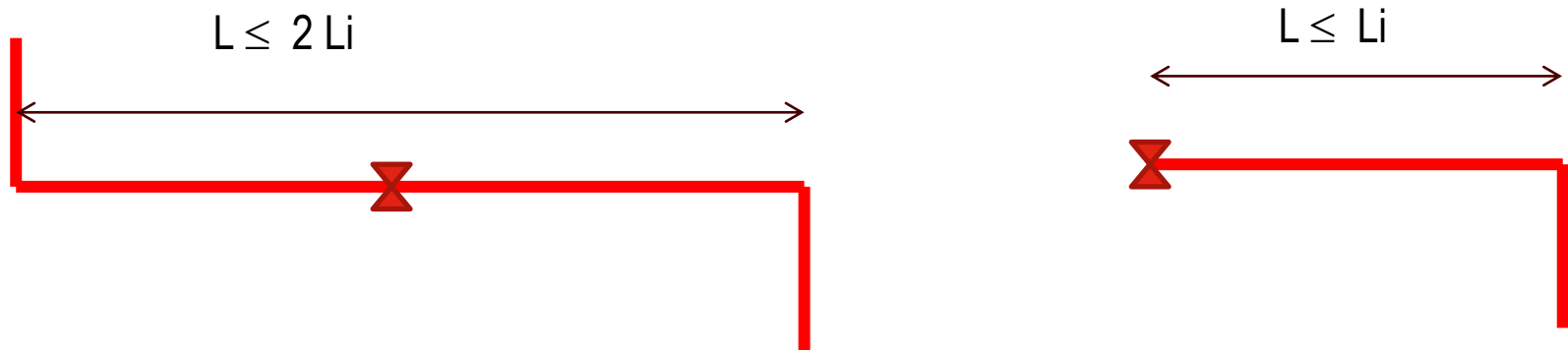
Techniki układania rur. Układanie na zimno. Montaż na zimno.

12. Układanie równoległe innych sieci musi być realizowane z najwyższą starannością, aby nie doprowadzić do destabilizacji gruntu i wyboczenia bądź pęknięcia rurociągu (szczególnie podczas jego odkopywania w miejscach największych naprężeń).

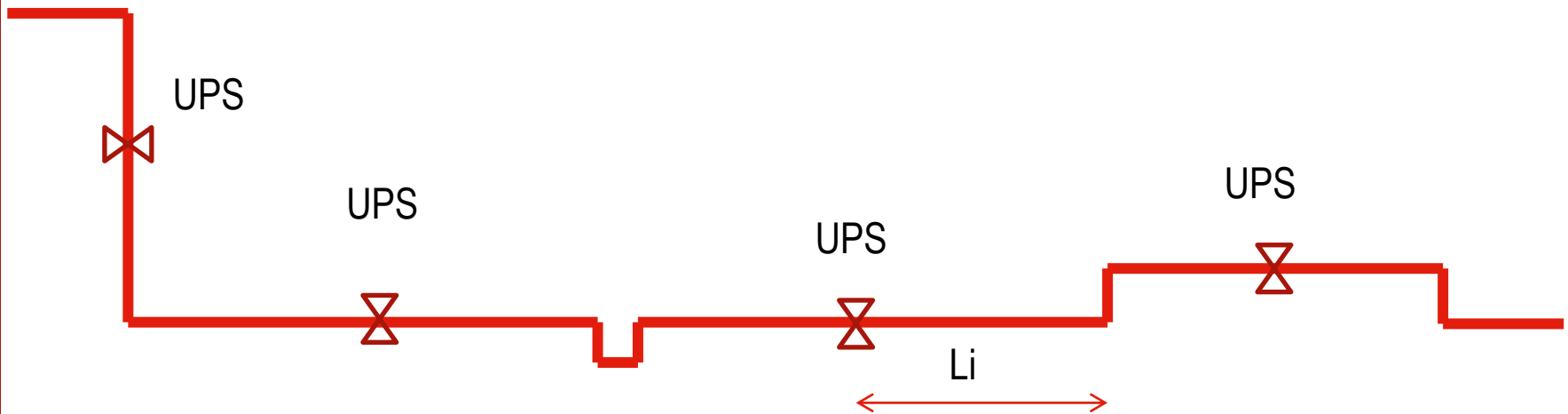
Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

W metodzie samokompensacji, długość prostego odcinka rurociągu pomiędzy dwoma pkt swobodnymi nie może być większa niż dwie długości instalacyjne

$$L \leq 2 \cdot L_i$$



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.



Długość instalacyjna zależy od T_{max} , średnicy płaszczka rury D_z , i zagłębienia H



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Naprężenia w rurociągu

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{P}{E \cdot A} = \alpha \cdot \Delta T$$

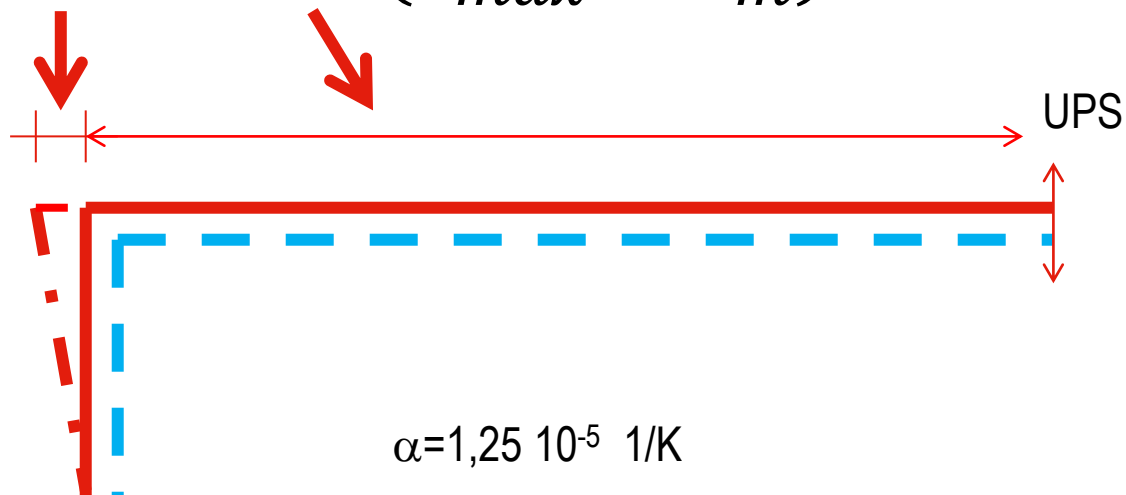
$$\sigma_a = \frac{P}{A} \quad N/m^2$$

$$\sigma_a = 2,52 \cdot \Delta T \quad MPa$$

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

- Wydłużenie rurociągu

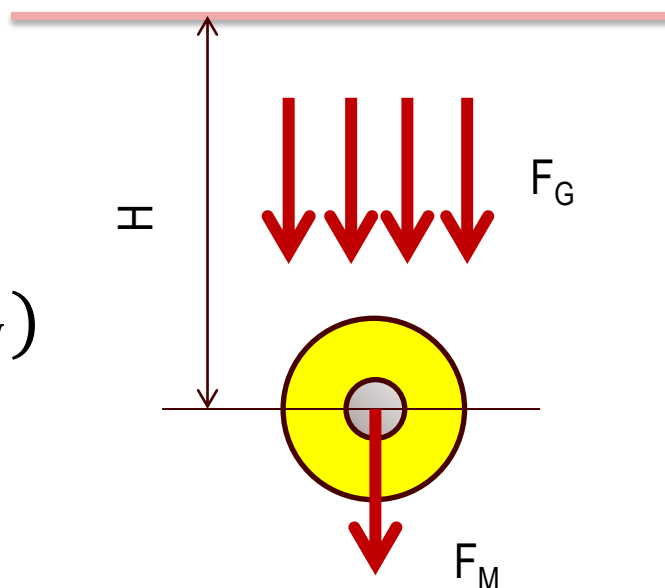
$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot (T_{max} - T_m)$$



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

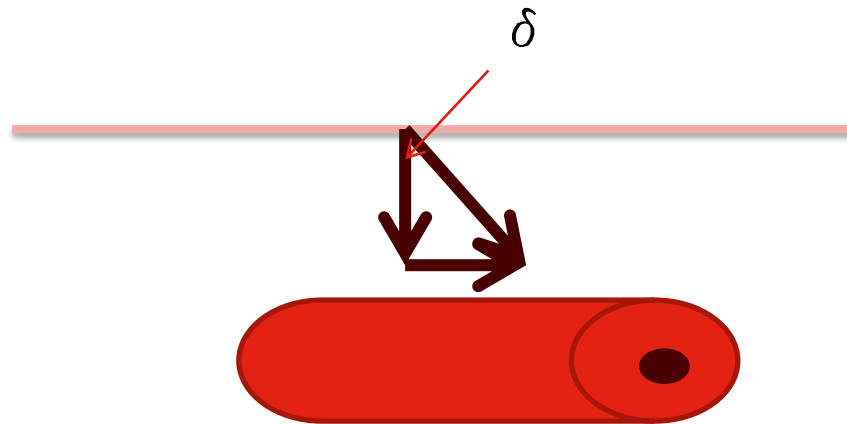
- Siła tarcia działająca na rurociąg

$$F_T = \mu \cdot (F_G + F_M)$$



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

- Współczynnik tarcia μ



$$\mu = \tan \delta$$

Kąt tarcia między rurociągiem a gruntem δ zależy od kąta tarcia wewnętrznego materiału podłoża piaskowego φ .

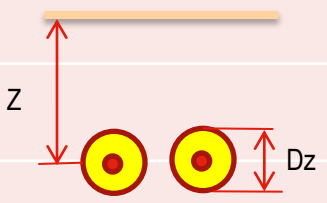


Techniki układania rur. Układanie na zimno. Obliczenia wytrzymałościowe.

- Dla kąta tarcia wewnętrznego $\varphi=32,5^\circ$ i masy właściwej gruntu $\rho=19 \text{ kN/m}^3$, kąt $\delta=21,67^\circ$, stąd współczynnik tarcia $\mu=0,4$.

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Obliczenia wytrzymałościowe

Siła tarcia					
Kąt tarcia wewnętrznego gruntu	$\varphi =$	32,5°			
Współczynnik parcia gruntu	$K_o =$	0,46		$K_o = 1 - \sin\varphi$	
Średnica płaszczza rurociągu	$D_z =$	0,25m			
Zagłębienie rurociągu (do osi)	$Z =$	0,8m			
Gęstość gruntu (w kN/m ³)	$\rho =$	18000N/m ³			
Współczynnik tarcia	$\mu =$	0,4			
Siła tarcia	F	3307,4N/m			
					
					$F = \mu \cdot \rho \cdot Z \cdot \pi \cdot D_z \cdot \frac{1 + K_o}{2}$



Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Długość instalacyjna					
Napężenia dopuszczalne		σ_{dop}		150N/mm ²	
Średnica rurociągu		dz		168,3mm	$L_i = \frac{\sigma_{dop} \cdot A}{F}$
Powierzchnia przekroju		A		2065mm ²	
Długość instalacyjna		Li		93,7m	

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Wydłużenie rurociągu

Temperatura wody w rurociągu (max)

Temperatura otoczenia

Długość rurociągu

Współczynnik wyłużalności dla stali

Moduł Younga

Wydłużenie rurociągu

T_{max} 130 °C

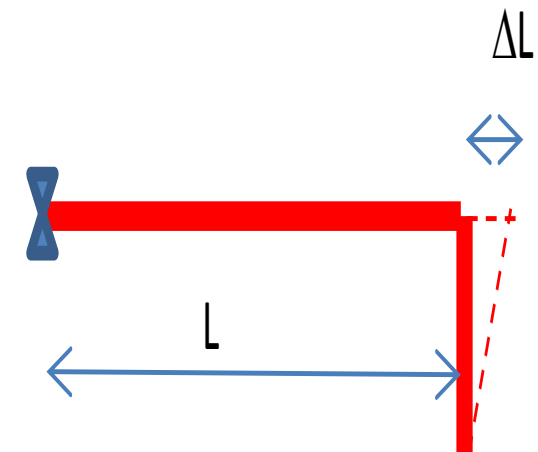
T_o 10

L 80 m

α 0,0000125 1/K

E 204600 N/mm²

ΔL 95 mm



$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (T_{max} - T_o) - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A}$$

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

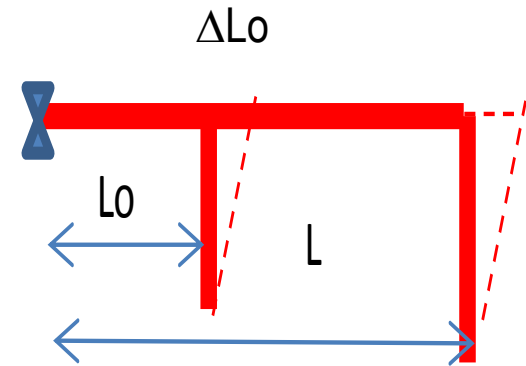
Wydłużenie rurociągu w miejscu odgałęzienia

Odległość odgałęzienia od UPS

L_0 25 m

Wydłużenie rurociągu w miejscu odgałęzienia

ΔL_0 24,3 mm



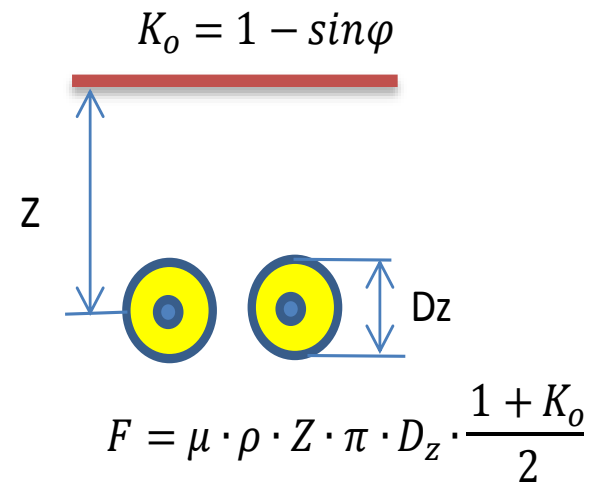
$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot (T_{max} - T_0) - \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_0) \cdot L_0}{2 \cdot E \cdot A}$$

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Przykład trasy sieci o średnicy $d_z \times g/D_z = 88,9 \times 3,2/200$ mm, (izolacja +), ułożonej na głębokości $H = 1,0$ m, temperatura $T_{\max} = 130$ °C.

Obliczenia wytrzymałościowe

Siła tarcia		
Kąt tarcia wewnętrznego gruntu	$\varphi =$	32,5°
Współczynnik parcia gruntu	$K_0 =$	0,46
Średnica płaszczza rurociągu	$D_z =$	0,2 m
Zagłębienie rurociągu (do osi)	$Z =$	1 m
Gęstość gruntu (w kN/m ³)	$\rho =$	18000 N/m ³
Współczynnik tarcia	$\mu =$	0,4
Siła tarcia	$F =$	3307,4 N/m





Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

- Długość instalacyjna $L_i=39,1$ m

Długość instalacyjna

Naprężenia dopuszczalne

$$\sigma_{dop} \quad 150 \text{ N/mm}^2$$

Średnica rurociągu

$$d_z \quad 88,9 \text{ mm}$$

Powierzchnia przekroju

$$A \quad 862 \text{ mm}^2$$

Długość instalacyjna

$$L_i \quad 39,1 \text{ m}$$

$$L_i = \frac{\sigma_{dop} \cdot A}{F}$$

Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

■ Wydłużenie odcinków sieci

Długość instalacyjna

Naprężenia dopuszczalne

$$\sigma_{dop} \quad 150 \text{ N/mm}^2$$

Średnica rurociągu

$$d_z \quad 88,9 \text{ mm}$$

Powierzchnia przekroju

$$A \quad 862 \text{ mm}^2$$

Długość instalacyjna

$$L_i \quad 39,1 \text{ m}$$

$$L_i = \frac{\sigma_{dop} \cdot A}{F}$$

Wydłużenie rurociągu

Temperatura wody w rurociągu (max)

$$T_{max} \quad 130 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temperatura otoczenia

$$T_o \quad 10$$

Długość rurociągu

$$L \quad 20 \text{ m}$$

Współczynnik wyłużalności dla stali

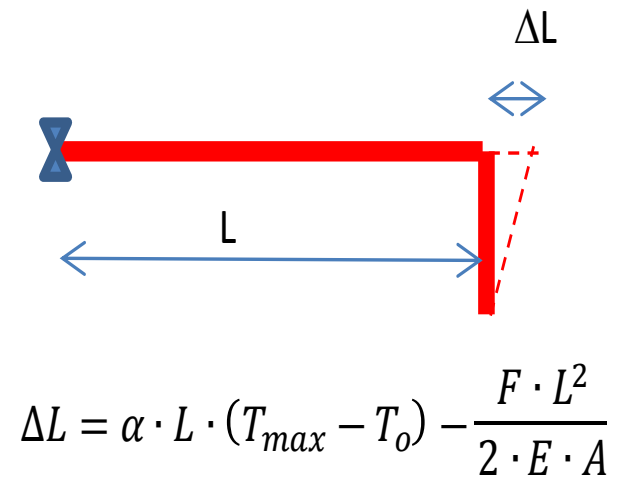
$$\alpha \quad 0,0000125 \text{ 1/K}$$

Moduł Younga

$$E \quad 204600 \text{ N/mm}^2$$

Wydłużenie rurociągu

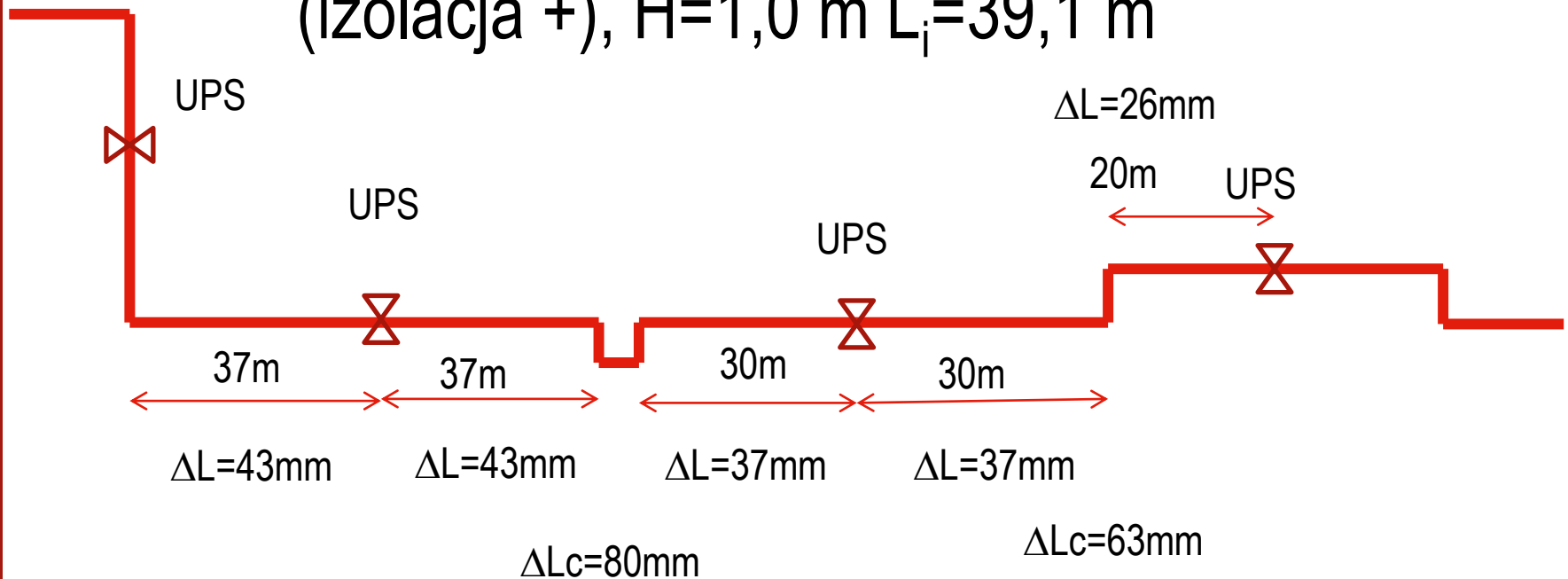
$$\Delta L \quad 26 \text{ mm}$$





Techniki układania rur. Układanie na zimno. Metoda samokompensacji.

Przykład trasy sieci o średnicy $d_z \times g/D_z=88.9 \times 3,2/200$
(izolacja +), $H=1,0$ m $L_i=39,1$ m





Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

Technika podgrzewu wstępnego polega na podgrzaniu ułożonego w wykopie i niezasypanego rurociągu do temperatury odpowiadającej, a następnie jego zasypaniu przy temp. podgrzewu

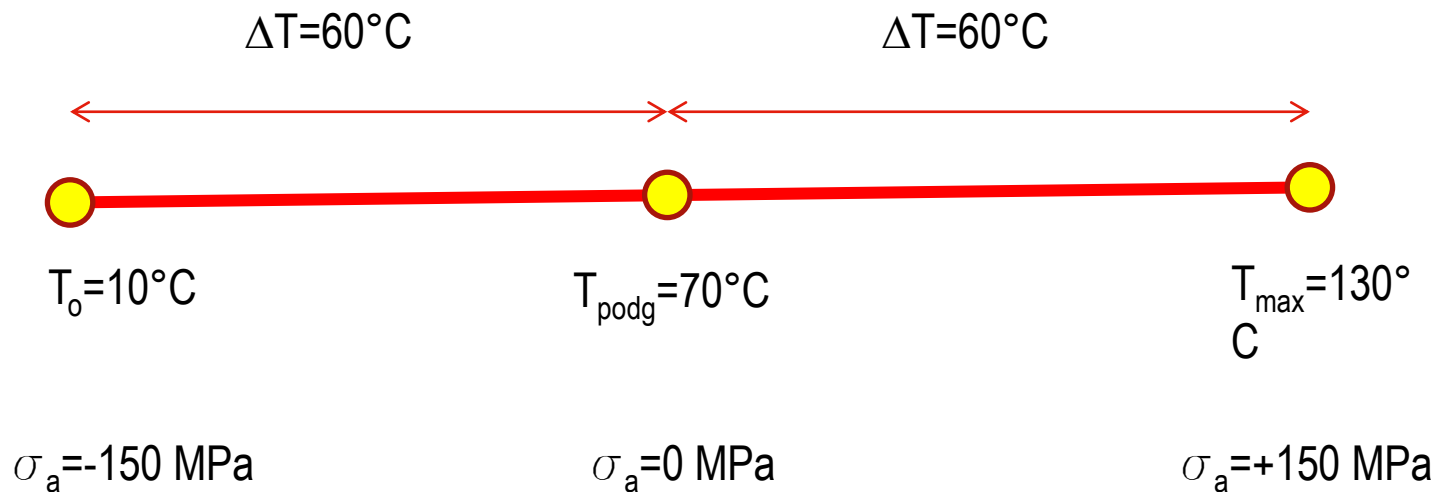
$$T_{podg} = T_o + \frac{T_{max} - T_o}{2} = T_o + \Delta T$$

Dla $T_{max} = 130 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_o = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{podg} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

Naprężenia jakie wystąpią w rurociągu nie przekroczą naprężeń dopuszczalnych.

Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

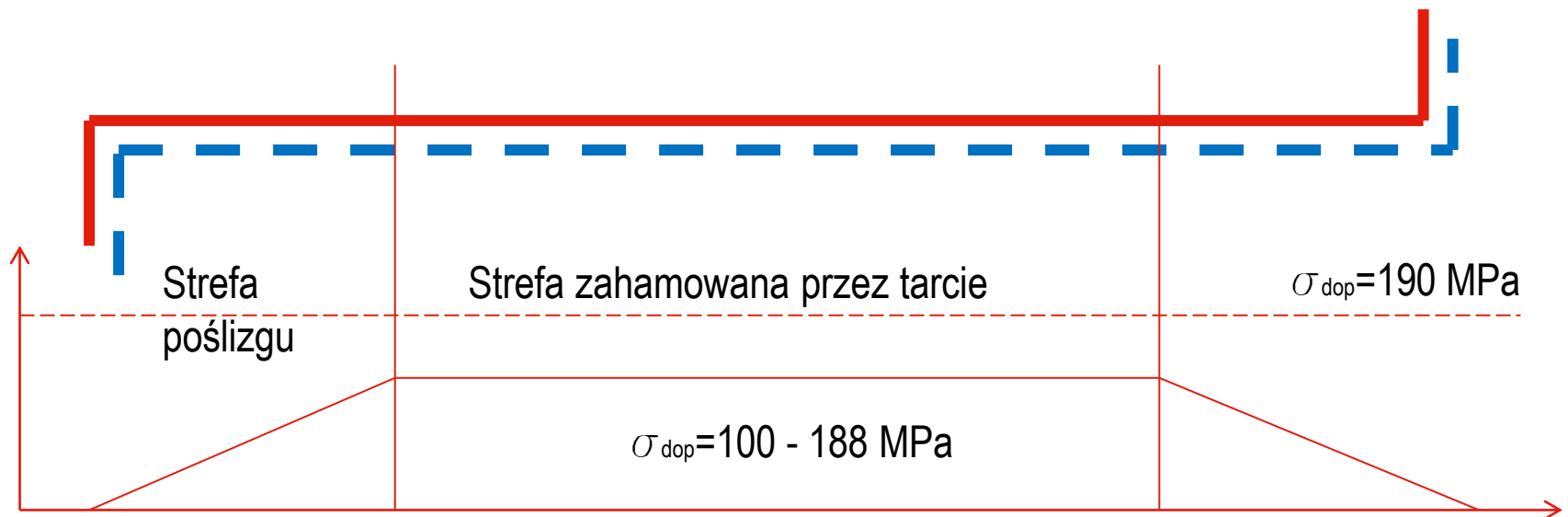
■ Idea podgrzewu wstępnego



$$\sigma_a = 2,52 \cdot 60 = 151,2 \text{ MPa}$$

Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

- W odcinku środkowym występuje równowaga sił, a więc odcinek ten nie wydłuża się – strefa zahamowana przez tarcie





Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

Wartości naprężeń w zależności od temperatury T_{\max} i T_{podg}

T_{\max}	T_{podg}	σ
140	75	189
120	65	164
90	50	126



Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

Założenia do projektowania

Maksymalna temperatura robocza $T_{\max}=140\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura podgrzewu wstępnego $T_{\text{podg}}=\{50\text{ do }75\}$

Temperatura gruntu $T_0=10^{\circ}\text{C}$

Maksymalne dopuszczalne naprężenia $\sigma_{\text{dop}}=190\text{ Mpa}$

Stała wielkość naziomu na całym odcinku poddawany podgrzewowi

Równomierne zagęszczenie podłoża gwarantujące stałą wartość siły tarcia



Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

- Wymagane jest obliczenie odgałęzień ze względu na osłabienie przekroju rury
- Redukcja średnicy w strefie zahamowanej przez tarcie o jedną dymensję
- Przy prowadzeniu równoległym innych sieci przed ich rozkopaniem należy bezwzględnie obniżyć temperaturę w sieci ciepłowniczej do poziomu podgrzewu wstępnego.



Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym.

- Wydłużenie sieci liczymy jak dla wydłużenia swobodnego, przyjmując różnicę temperatur odpowiadającą temp. podgrzewu wstępnego T_{podg} i temp. otoczenia (gruntu) T_o .
- Tarcie rurociągu o podłoże piaskowe można zaniedbać.
- Jednym ze sposobów zmniejszenia tarcia jest uniesienie rurociągu.



Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym i kompensatorami.

- Metoda podgrzewu wstępnego z kompensatorami

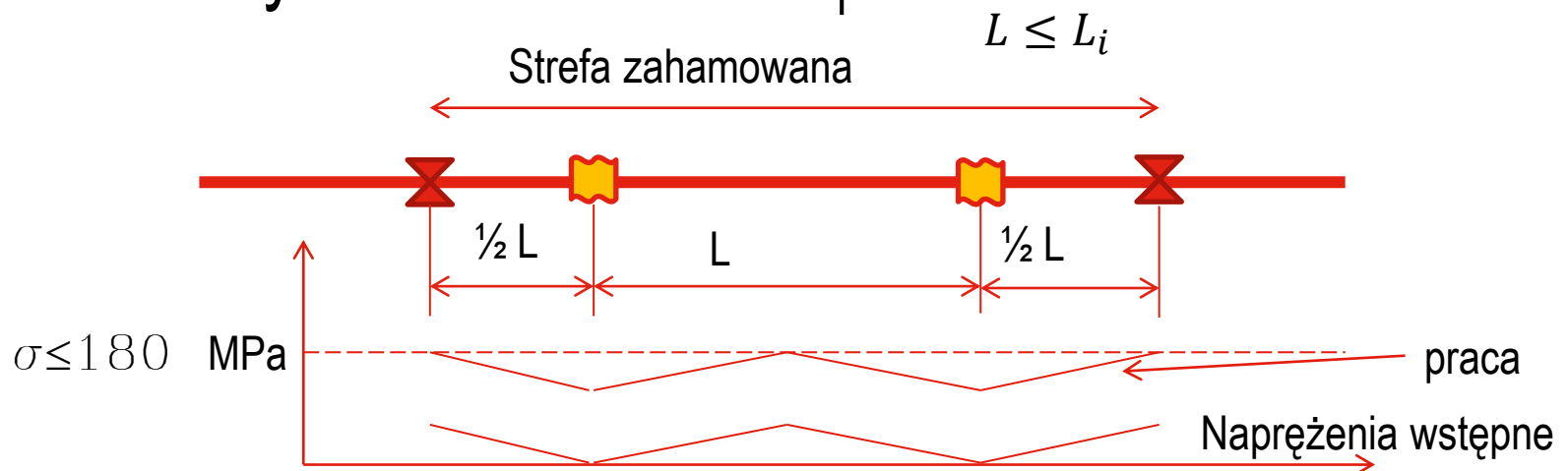
Metoda ta jest kombinacją kompensacji wydłużeń i podgrzewu wstępnego.

W metodzie tej nie stosuje się poduszek piankowych, za wyjątkiem odgałęzień.

Przed wykonaniem podgrzewu wstępnego rury są zasypywane za wyjątkiem miejsc z zabudowanymi kompensatorami.

Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym i kompensatorami.

- Odległość pomiędzy dwoma kompensatorami nie może być większa niż długość instalacyjna L_i .
- Odległość pomiędzy kompensatorem a pkt stałym nie może być większa niż $\frac{1}{2} L_i$.



Techniki układania rur. Układanie z podgrzewem wstępnym i kompensatorami.

- Wydłużenie zaabsorbowane przez kompensator

$$\Delta L = 0,5 \cdot L \cdot \alpha \cdot (T_{max} - T_o)$$



Połowa z całkowitego wydłużenia rurociągu

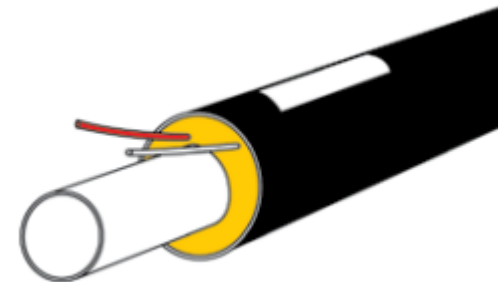
Dodatkowe wymagania

Stałe zagłębienie (stała wielkość naziomu).

Równomierne zagęszczenie podłoża (stała siła tarcia).

System monitorowania szczelności sieci

PN-EN 14419:2009 – Sieci ciepłownicze. System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie. System kontroli i sygnalizacji zagrożenia stanów awaryjnych.





System monitorowania szczelności sieci

Stosowane są trzy rodzaje systemów monitorowania wg kryterium rodzaju pomiaru lokalizującego usterki:

1. Pomiar opóźnienia impulsu (system 1) zwany nordyckim
2. Pomiar oporności (system 2)
3. Pomiar impulsowy (system 3)



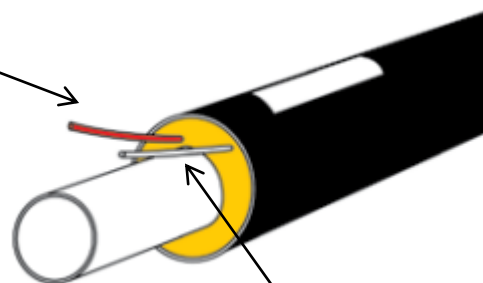
System monitorowania szczelności sieci

Pomiar opóźnienia impulsu (system 1)

Znalezienie usterki, zwarcia, lub przerwania przewodu kontrolnego, następuje dzięki pomiarowi impulsu, który jest wysyłany przez przyrząd. Jakakolwiek zmiana w stosunku do stanu odniesienia jest częściowo lub całkowicie odzwierciedlona w charakterystyce impulsu. Odległości mogą zostać zmierzone poprzez analizę charakterystyki opóźnienia impulsu.

System monitorowania szczelności sieci

Przewód miedziany



Przewód miedziany
ocynowany (srebrny)



System monitorowania szczelności sieci

Pomiar oporności (system 2)

Za pomocą przewodu oporowego mierzy się zawilgocenie pianki PUR. Miejsce wystąpienia stanu innego niż stan odniesienia (brak wilgoci), określane jest przy użyciu dzielnika napięcia, który nie przenosi żadnych obciążeń elektrycznych. Przewody kontrolne w przypadku tego systemu, to chromoniklowy (NiCr) przewód czujnikowy (w czerwonej, perforowanej osłonie) oraz przewód powrotny (Cu) (pokryty izolacją w kolorze zielonym).



System monitorowania szczelności sieci

Przewód czujnikowy ma oporność $5,7 \Omega/m$, jest pokryty izolacją teflonową, gęsto perforowaną (czerwony). Przewód powrotny, miedziany, o przekroju $1,5 \text{ mm}^2$, pokryty jest izolacją na całej długości (zielony).

System monitorowania szczelności sieci

System 1 - sposób monitorowania i wykrywania usterek

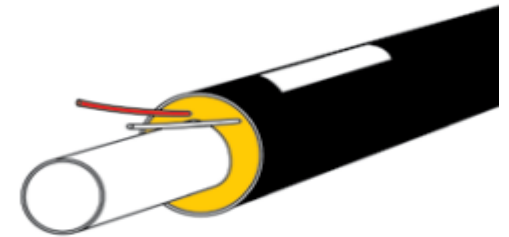
Wykrywanie usterek

(zawilgocenie, przerwy w obwodzie)

przez ciągły pomiar oporności

Lokalizacja usterek

Za pomocą reflektrometra na podstawie sygnału impulsowego.





System monitorowania szczelności sieci

Pojedynczy obwód pomiarowy może służyć do kontroli 7000 m przewodu, co odpowiada długości 7000 lub 3500 m rurociągu - w zależności od sposobu łączenia przewodów w rurach.

System może być wysoko- (LOGSTOR) lub niskorezystancyjny (ABB). W drugim przypadku wymagane jest stosowanie podkładek z filcu w złączach.



System monitorowania szczelności sieci

Standardowa oporność izolacji wynosi $10M\Omega/km$ przy pomiarze prądem stałym 24V.

Dla systemu wysokorezystancyjnego sygnalizacja stanu awaryjnego wystąpi przy spadku oporności do $20 k\Omega$, podczas gdy dla niskorezystancyjnego już przy 200Ω przy pomiarze prądem stałym, do nawet 120Ω przy pomiarze prądem zmiennym.



System monitorowania szczelności sieci

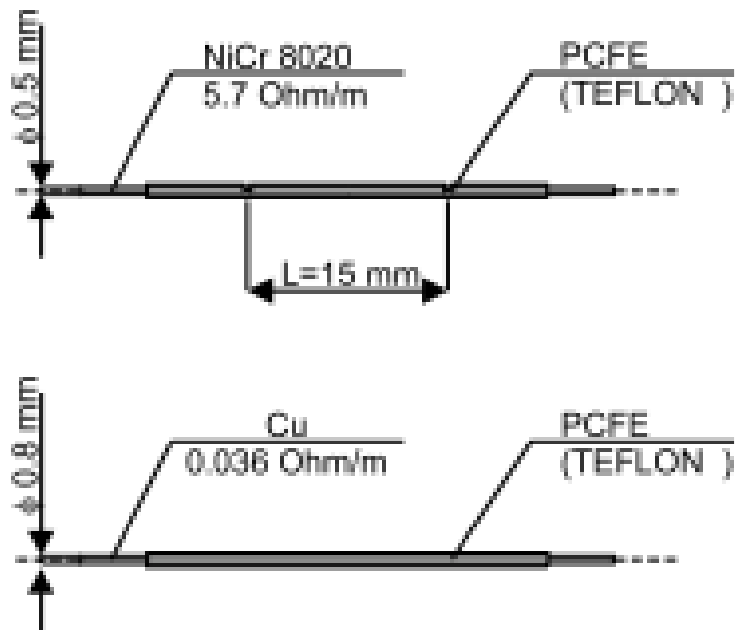
System 2

Działa podobnie jak system 1, jednak do lokalizacji usterek stosuje się metodę polegającą na pomiarze napięcia.

Przewód NiCr charakteryzuje się dużą opornością.

System monitorowania szczelności sieci

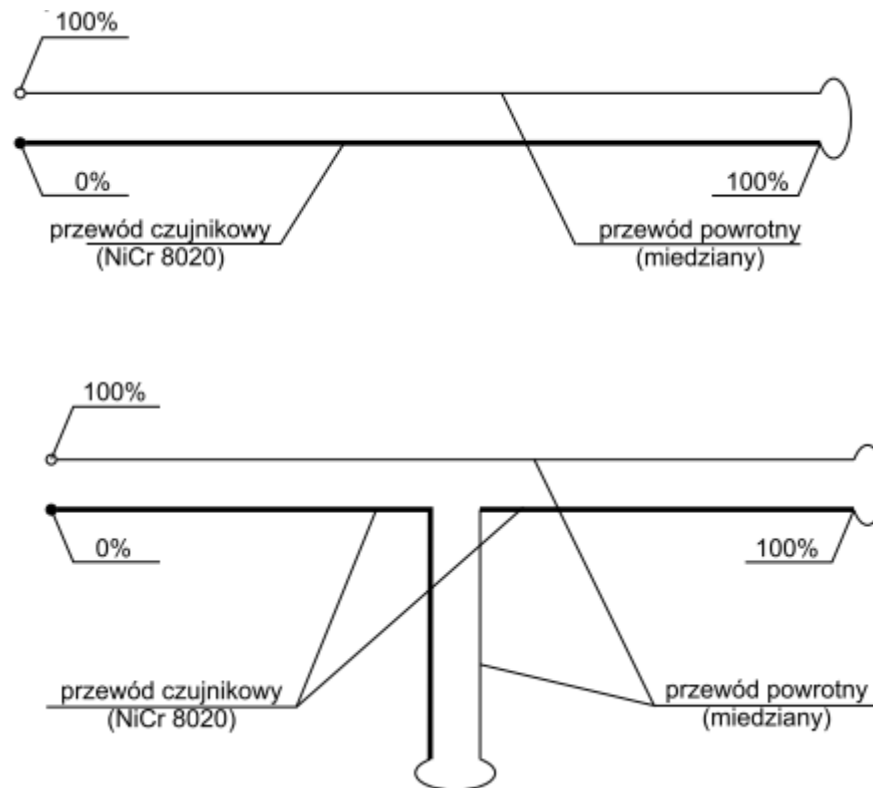
Przewody stosowane w systemie 2 (rezystancyjnym)



Źródło: FINPOL ROHR LTD

System monitorowania szczelności sieci

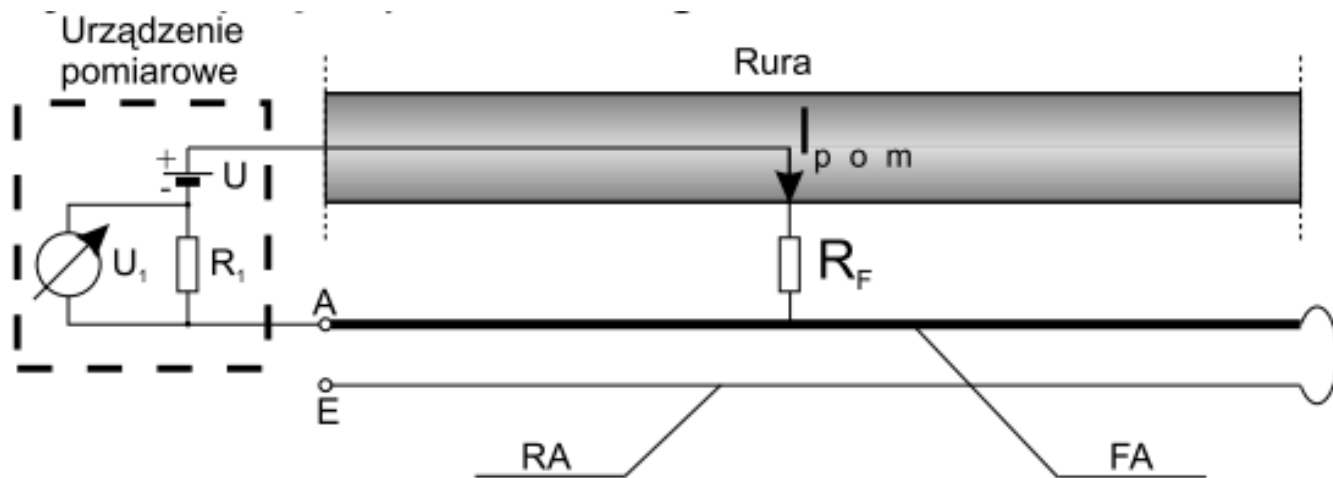
Przykład pętli pomiarowej



Źródło: FINPOL ROHR LTD

System monitorowania szczelności sieci

Zasada prowadzenia nadzoru



$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

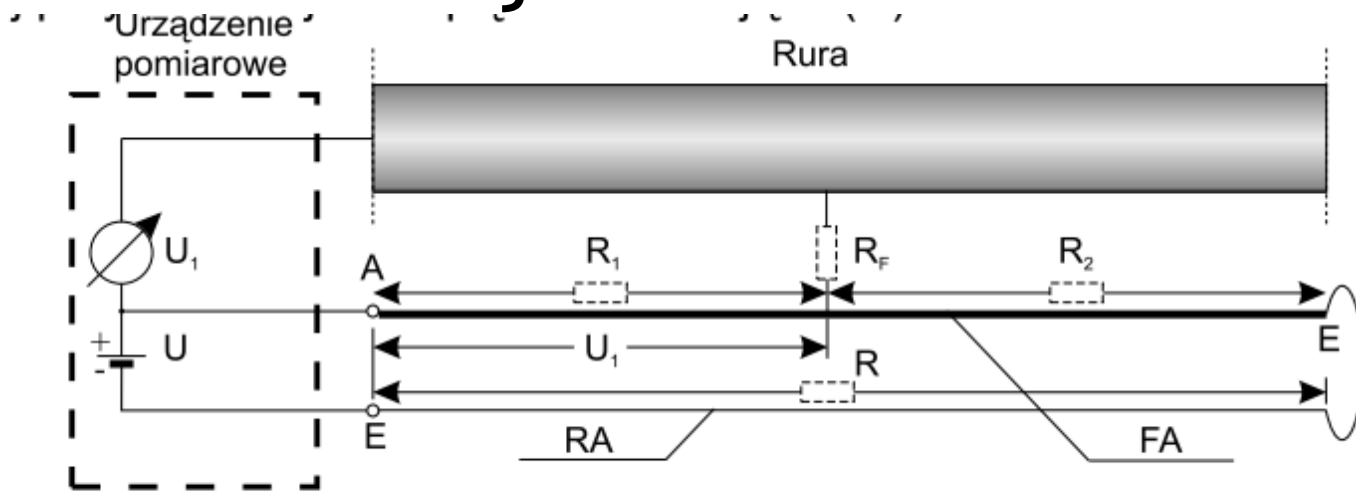
FA = przewód czujnikowy

RA = przewód powrotny

Źródło: FINPOL ROHR LTD

System monitorowania szczelności sieci

Zasada lokalizacji



A = początek (0%)

E = koniec (100%)

FA = przewód czujnikowy

RA = przewód powrotny

$$x\% = \frac{U_1}{U} \cdot 100\% = \frac{R_1}{R} \cdot 100\% = \frac{L_1}{L} \cdot 100\%$$

Źródło: FINPOL ROHR LTD

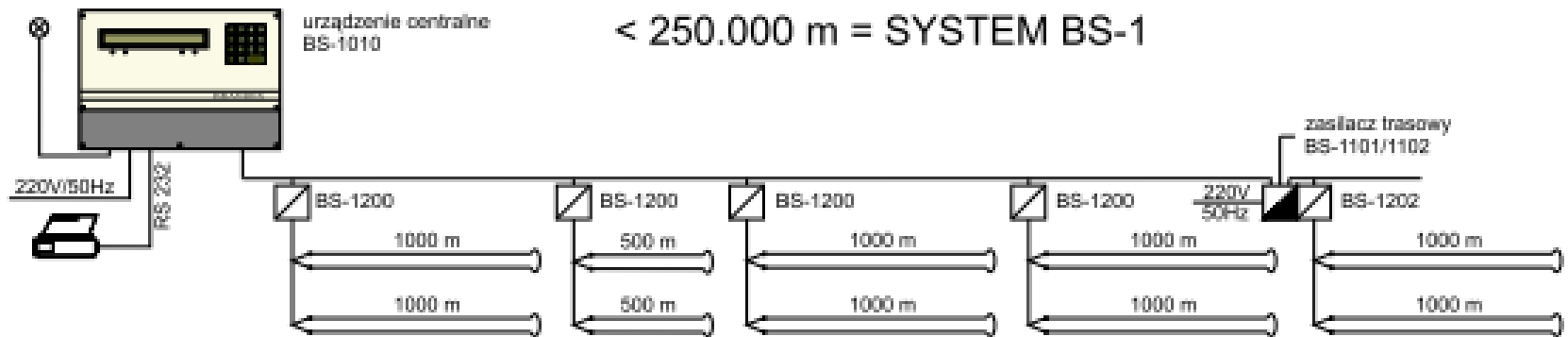
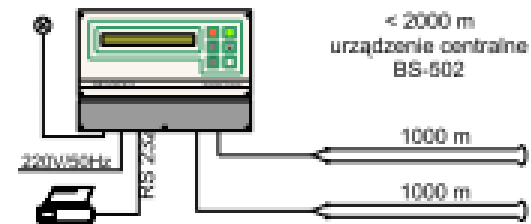
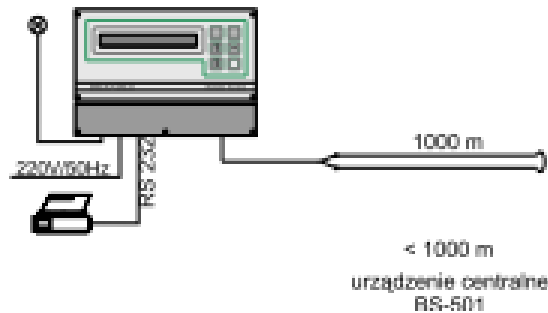


System monitorowania szczelności sieci

Odległość od miejsca uszkodzenia ustalana jest na podstawie całkowitej dł. odcinka rury z uwzględnieniem szeregowego połączenia pętli czujnikowej. Przewód powrotny traktowany jest jako dł. zerowa.

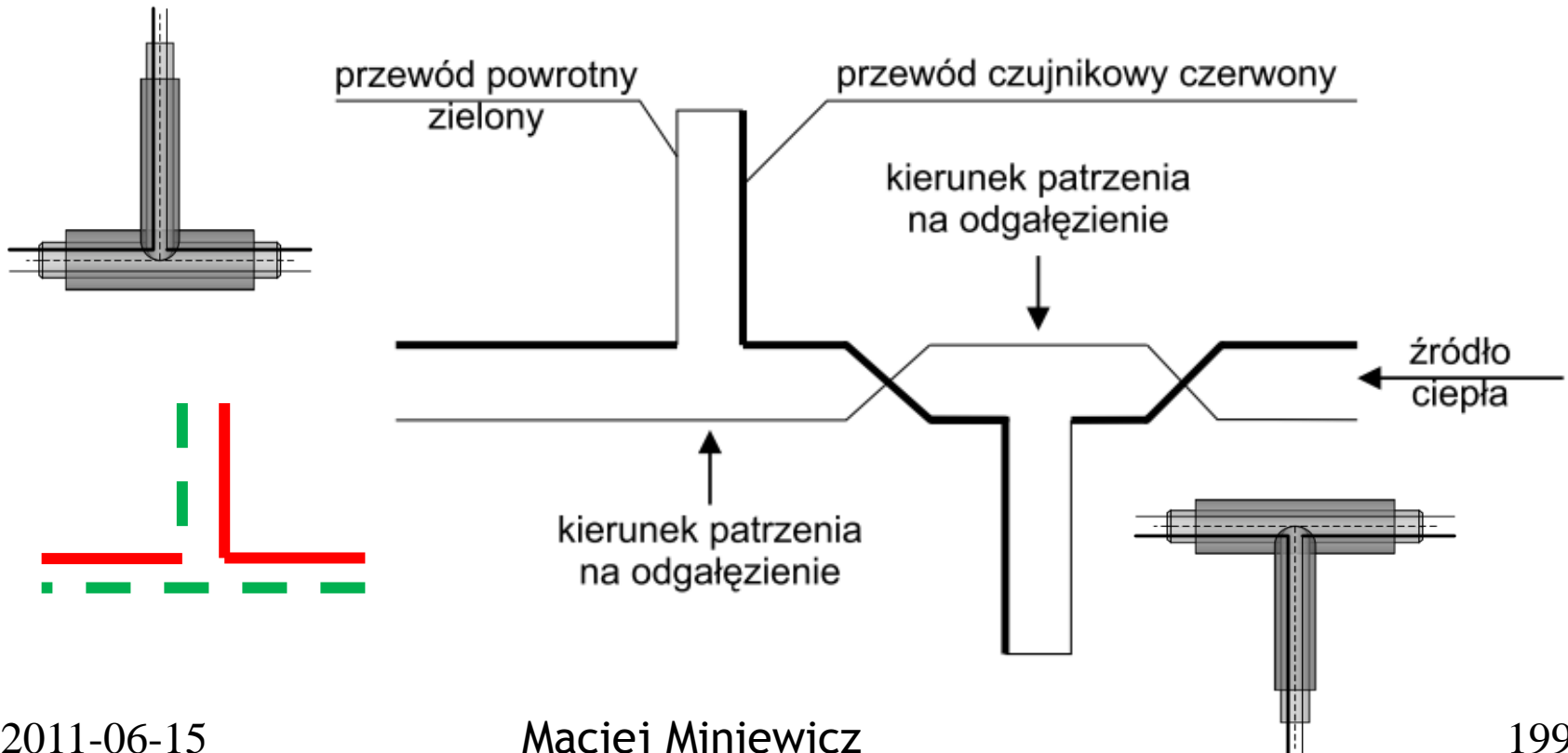
System monitorowania szczelności sieci

Dedektory mogą być 1 - i 2-kanalowe.



System monitorowania szczelności sieci

Krzyżowanie przewodów w trójnikach

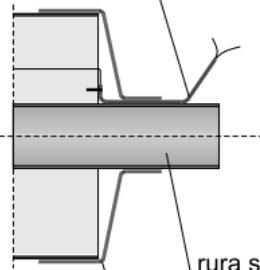
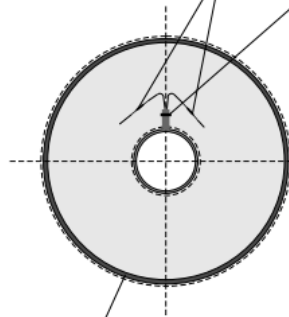


System monitorowania szczelności sieci

połączenia przewodów izolowane koszulką termokurczliwą BS-SRA

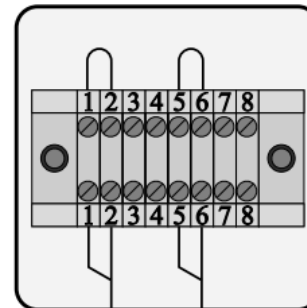
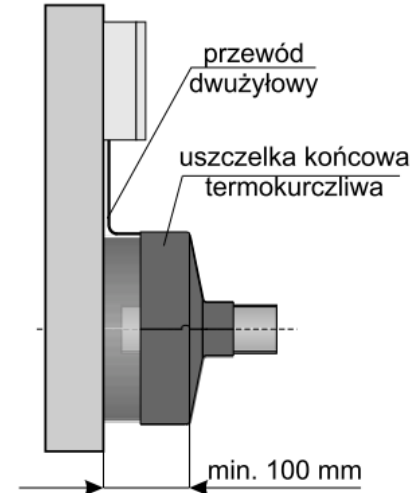
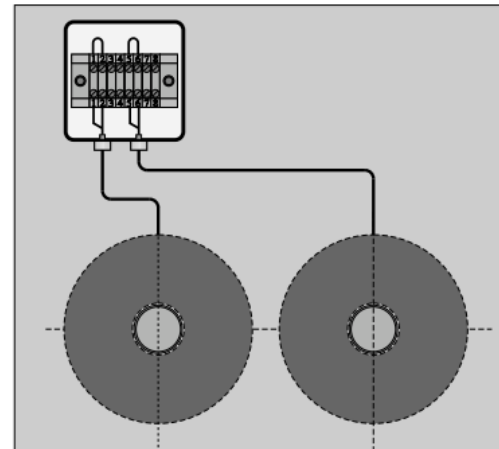
klamry podtrzymujące

przewód dwużyłowy



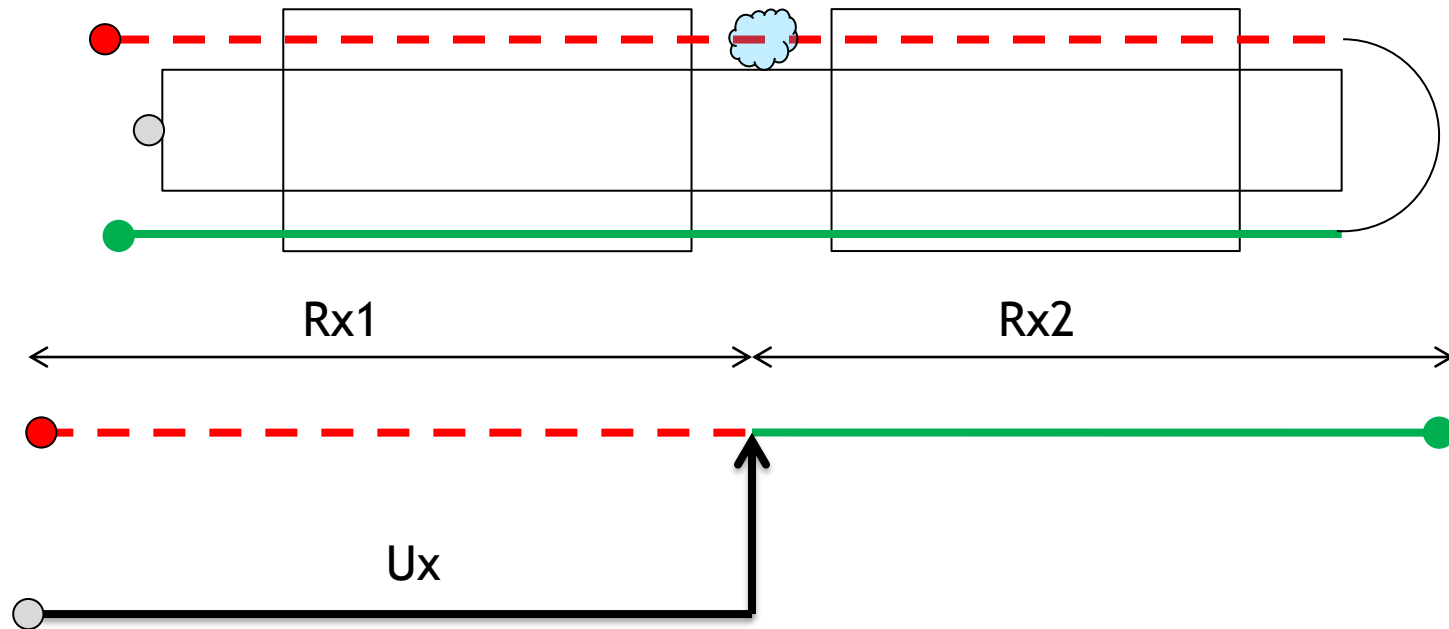
rura stalowa

uszczelka końcowa termokurczliwa



System monitorowania szczelności sieci

Idea działania systemu





System monitorowania szczelności sieci

Projektowanie systemu monitorowania sieci

Podstawą zaprojektowania systemu monitoringu danej sieci jest określenie zadań, jakie dany system ma spełniać. Następnie należy określić podział systemu na sekcje oraz przygotować schemat okablowania.

Na koniec należy rozrysować schematy systemu monitorowania, zweryfikowane po ułożeniu sieci ciepłowniczej po to, by stanowiły odniesienie do rzeczywistej sytuacji.



System monitorowania szczelności sieci

Niezbędne dane do zaprojektowania monitoringu

1. Schemat połączeń spawanych na rurociągach
2. Schematy poszczególnych sekcji, z podanymi długościami, specyfikacjami elementów składowych i ich wymiarami.
3. Dane dot. zakończeń przewodów alarmowych w budynkach



System monitorowania szczelności sieci

4. Informacje na temat przyrządów pomiarowych i okablowania
5. Schemat całej instalacji monitoringu, powstały na podstawie schematu sieci rurociągów



Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci

W pierwszym kroku poszukiwania decyzji wybieramy strukturę sieci.

Podstawowym kryterium są nakłady inwestycyjne, bezpieczeństwo zaopatrzenia w ciepło i możliwość rozbudowy.

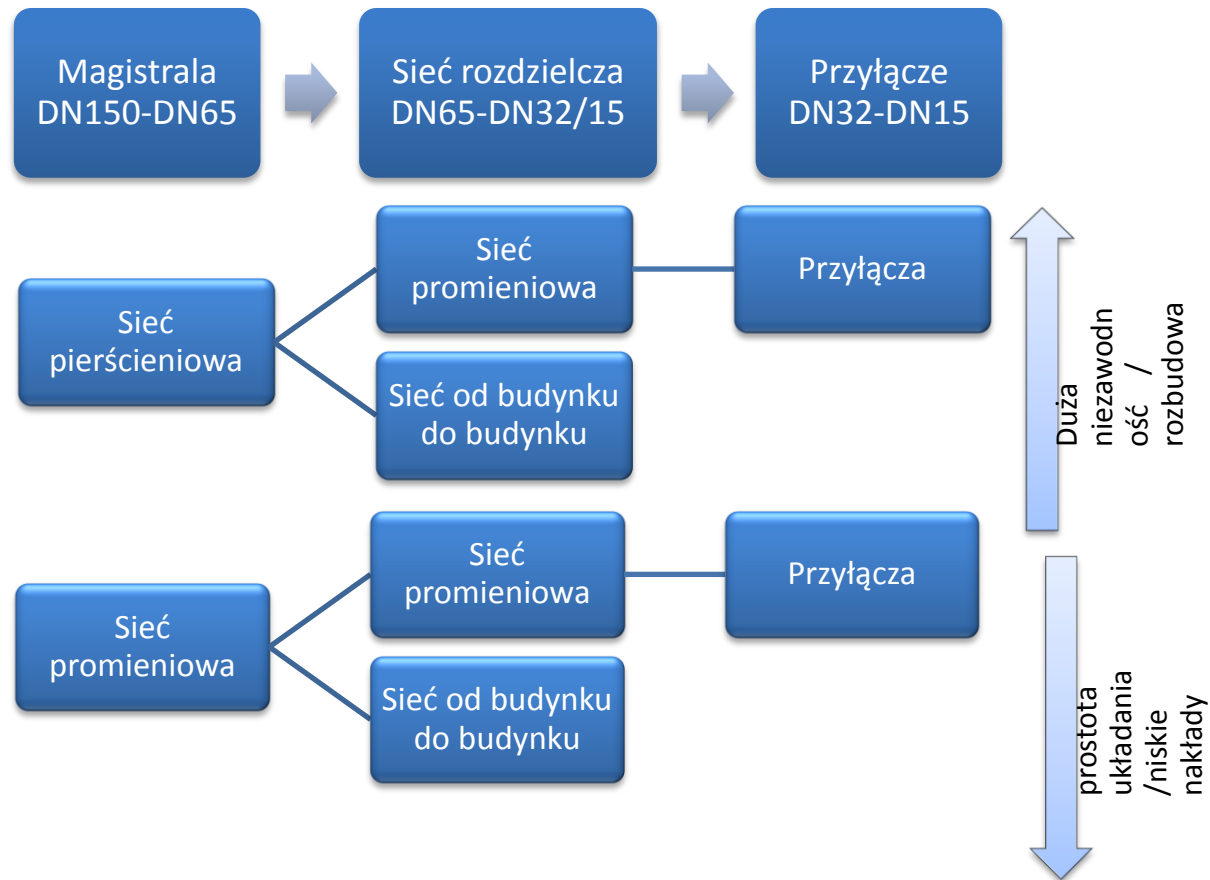
Nakłady finansowe i bezpieczeństwo dostawy ciepła/rozbudowa są przeciwstawne, tzn. wymagane jest znalezienie pewnego optimum.



Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci

Dla małych systemów lokalnych najczęściej znajdzie zastosowanie sieć promieniowa lub metoda pętlicowa szeregową (jeden przewód połączeniowy), natomiast dla dużych sieci także sieć pierścieniowa.

Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci





Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci

Wybór systemu rurociągów może wynikać z maksymalnej temperatury zasilania w sieci i korzystnych średnic nominalnych.

Wyboru można dokonać posługując się zamieszczonymi tabelami.

Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci

Zakres zastosowania	Typ rur preizolowanych	Sieć magistralna DN150-100	Sieć magistralna DN100-65	Sieć rozdzielcza DN 65-32	Przyłącza DN 32-20/15
Do 130 °C	Rury preizolowane zespolone	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Rury stalowe elastyczne (Flexwell, Preflex, Casaflex)	<input checked="" type="checkbox"/> Rury pdwójne	<input checked="" type="checkbox"/> Rury pdwójne	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	j.w. lecz (Aquawarm)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> W zwojach
Do 120 °C	Rury stalowe elastyczne (Cu-Flex, Euroflex itp.)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> W zwojach
Do 90 °C	Rury z tworzyw sztucznych w sztangach (LR-PEX, Flexalen)		<input checked="" type="checkbox"/>		
	Rury z tworzyw sztucznych (LR-PEX, Calpex, Flexopan, Flexalen, Pex-Flex, Ecoflex)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

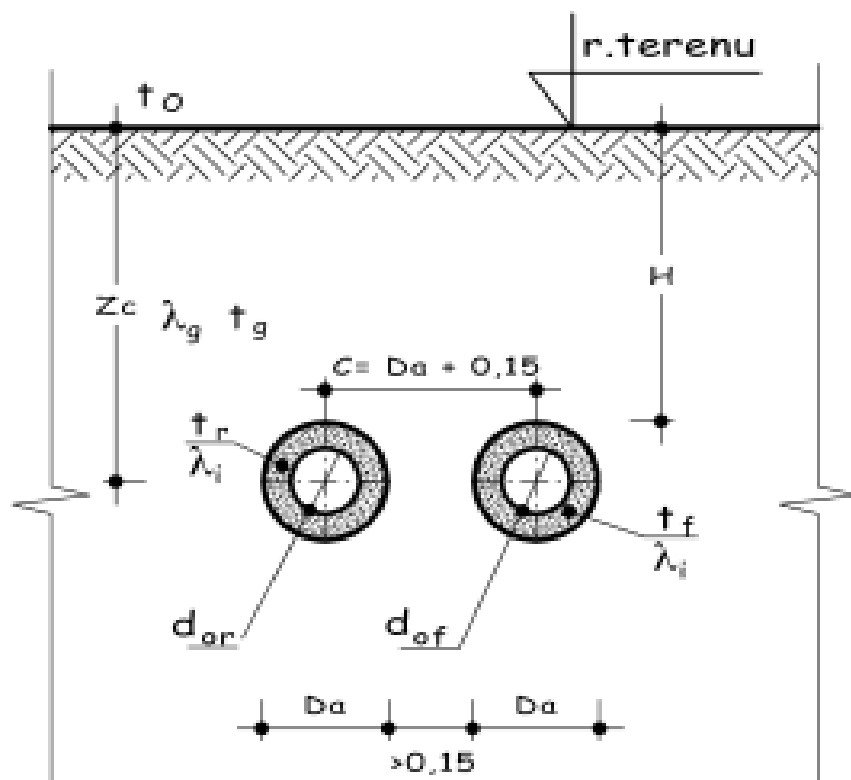


Macierz decyzyjna wyboru systemu układania sieci

Typ rur właściwy dla:	Rury preizolwane zespolone metalowe	Rury preizolowane metalowe elastyczne	Rury preizolowane z tworzyw sztucznych
Sieci tranzytowych	Jak najbardziej właściwy	niewłaściwy	Możliwy przy skomplikowanych trasach i małych średnicach
Sieci magistralne	Jak najbardziej właściwy	niewłaściwy	niewłaściwy
Sieci rozdzielcze	właściwy	Właściwy nieduża liczba odgałęzień	właściwy
Sieci rozdzielcze lokalne	właściwy	(Jak najbardziej) właściwy nieduża liczba odgałęzień	(Jak najbardziej) właściwy nieduża liczba odgałęzień
Przyłącza	możliwy	Jak najbardziej właściwy	Jak najbardziej właściwy

Straty energii

Rury pojedyncze wg PN EN 13941



Straty energii

Straty ciepła w rurociągu zasilającym i powrotnym, Φ_f i Φ_r , można obliczyć za pomocą wzorów:

$$\Phi_f = U_1 \cdot (t_f - t_s) - U_2 \cdot (t_r - t_s)$$

$$\Phi_r = U_1 \cdot (t_r - t_s) - U_2 \cdot (t_f - t_s)$$

$$\Phi_f + \Phi_r = 2 \cdot (U_1 - U_2) \cdot \left(\frac{t_f + t_r}{2} - t_s \right)$$



Straty energii

Dla rurociągów o symetrycznej konstrukcji

$$U_1 = \frac{R_s + R_i}{(R_s + R_i)^2 - R_h^2}$$

$$U_2 = \frac{R_h}{(R_s + R_i)^2 - R_h^2}$$

$$U_1 - U_2 = \frac{1}{R_s + R_i + R_h}$$

Straty energii

Opór gruntu

$$R_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_s} \ln \left(\frac{4 \cdot Z_c}{D_a} \right)$$

Opór izolacji

$$R_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_i} \ln \left(\frac{D_i}{d_o} \right)$$



Straty energii

Opór cieplny między rurociągami

$$R_h = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_s} \ln \left(1 + \left(\frac{2 \cdot Z_c}{D_a + M} \right)^2 \right)$$

M - odległość między rurociągami



Straty energii

Przykład

Straty ciepła				
Zagłębienie rur (do osi)	Zc	1	m	
Średnica płaszczka	Da	0,2	m	
Średnica zew rury	do	88,9	mm	
Średnica izolacji	Di	0,2	m	
Odległość między rurami	M	0,15	m	
Lambda izolacji	λ_i	0,027	mK/W	
Lambda gruntu	λ_s	1,2	mK/W	
Opór gruntu	Rs	0,398	m ² K/W	
Opór izolacji	Ri	4,782	m ² K/W	
Opór między rurociągami	Rh	0,233	m ² K/W	
Współczynnik U1-U2	U12	0,185	W/m ² K	
Temperatura zas	tf	130	°C	
Temperatura pow.	tr	70	°C	
Temperatura gruntu	ts	8	°C	
Sumaryczny strumień ciepła	Φ	34,0	W/m	



Analiza ekonomiczna grubości izolacji

3 rodzaje izolacji
 Jednostkowe straty ciepła
 Straty ciepła
 Ilość ciepła w sezonie grzewczym
 Koszty strat ciepła
 Nakłady inwestycyjne
 Prosty okres zwrotu

Analiza ekonomiczna grubości izolacji				
Dla średniej temp. zas/pow 90/50 °C				
Długość sieci L			1000	m
Cena ciepła C			42	zł/GJ
Czas trwania sezonu grzewczego			5000	h
dz x g	Da			
88,9 x 3,2	0,16	0,18	0,2	m
Φ	28	24	21	W/m
Φ	28000	24000	21000	W
Q	140000	120000	105000	kWh
	504	432	378	GJ
K	21168	18144	15876	zł/rok
I	500000	535000	572450	zł
SPBT		11,6	13,7	lata



Dziękuję za uwagę