

INSTRUKCJA

PROJEKTOWANIA I MONTAŻU

**SYSTEMÓW CIŚNIENIOWYCH
Z POLI (CHLORKU WINYLU) PVC-U
DO PRZESYŁANIA WODY**



ekologiczne rozwiązania

ISO 9001



SPIS TREŚCI

1. Informacje ogólne	3
1.1. Zalety rur i kształtek z PVC-U	3
1.2. Zastosowanie.....	3
1.3. Symbole i pojęcia użyte w instrukcji	3
1.4. Własności fizyko-mechaniczne rur i kształtek PVC-U	5
1.5. Dokumenty odniesienia.....	5
1.6. Składowanie i transport.....	5
2. Asortyment produkcji	7
2.1. Rury	7
2.2. Kształtki	10
2.3. Łączenie z żeliwem	15
3. Zagadnienia projektowe	17
3.1. Ciśnienie i temperatura przesyłanego medium	17
3.2. Odporność chemiczna	17
3.3. Straty ciśnienia w przewodach.....	21
3.4. Uderzenia hydrauliczne	25
3.5. Bloki oporowe i podporowe.....	26
3.6. Ochrona rur przed przemarzaniem	28
3.7. Przejście pod i nad przeszkodami.....	29
3.8. Wydłużalność termiczna.....	30
3.9. Układanie rurociągów na podporach	31
3.10. Wytrzymałość rur poddanych obciążeniu	32
4. Roboty ziemne	33
4.1. Wykopy	33
4.2. Podsypka	34
4.3. Obsypka	34
4.4. Zasyпка	34
5. Prace montażowe.....	36
5.1. Montaż na powierzchni terenu	36
5.2. Montaż na dnie wykopu.....	37
5.3. Wykonanie połączenia kielichowego	37
6. Próba ciśnieniowa	40

1. Informacje ogólne

1.1. Zalety rur i kształtek z PVC-U:

- niski ciężar właściwy ($1,4 \text{ g/cm}^3$) około 5-7 razy mniejszy od ciężaru stali i żeliwa
- okres żywotności minimum 50 lat
- odporność na korozję wewnętrzną i zewnętrzną, nie wymagają dodatkowych powłok ochronnych
- odporność na korozję elektrolityczną wywołaną działaniem prądów błędzących
- rury z PVC-U są nietoksyczne. Posiadają dopuszczenie do przesyłania wody pitnej (atest PZH),
- duża gładkość powierzchni wewnętrznej powoduje obniżenie oporów przepływu, a w związku z tym mniejsze zużycie energii na pompowanie
- odporność na zarastanie osadami (nie dochodzi do zmniejszenia przekroju wewnętrznego rury)
- duża odporność chemiczna na substancje w zakresie pH 2 – pH 12
- łatwy montaż bez użycia specjalistycznego sprzętu

1.2. Zastosowanie

Rury i kształtki ciśnieniowe PVC-U mają zastosowanie do budowy systemów ciśnieniowych i podciśnieniowych przesyłających uzdatnioną wodę pitną, wodę surową, wodę do irygacji, wodę przemysłową, ścieki socjalno-bytowe, deszczówkę oraz inne substancje nieoddziałujące destruktywnie na PVC-U i gumę EPDM z jakiej wykonane są uszczelki połączeń kielichowych.

Rury w wersji z wydłużonym kielichem mogą być stosowane na terenach szkód górniczych.

1.3. Symbole i pojęcia użyte w instrukcji

PVC-U – nieplastyfikowany polichlorek winylu

D lub **DN** – średnica nominalna rury PVC-U równa średnicy zewnętrznej, podawana w mm

g – grubość nominalna ścianki rury podawana w mm

SDR - znormalizowany stosunek wymiarów, stosunek nominalnej średnicy zewnętrznej do nominalnej grubości ścianki danej rury, liczba niemianowana

$$SDR = \frac{D}{g}$$

S - seria (szereg), liczba niemianowana, wiąże się z **SDR** zależnością:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

MRS - minimalna wymagana wytrzymałość
minimalna prognozowana wytrzymałość rury po 50 latach użytkowania w
temperaturze 20 °C,
wyrażona w MPa
MRS dla PVC-U wynosi 25 MPa

C - współczynnik bezpieczeństwa, liczba niemianowana
dla rur ciśnieniowych PVC-U wynosi 2,0 lub 2,5

σ - dopuszczalne naprężenie obwodowe w ścianie rury, wyrażone w MPa

$$\sigma = \frac{MRS}{C}$$

$\sigma = 25 / 2,0 = 12,5$ MPa dla średnic rur PVC-U powyżej 90 mm
 $\sigma = 25 / 2,5 = 10,0$ MPa dla średnic rur PVC-U do 90 mm włącznie

PN - ciśnienie nominalne, maksymalne ciśnienie robocze przy temp. przesyłanego medium
20°C wyrażone
w barach

$$PN = \frac{20 \cdot \sigma \cdot g}{D - g}$$

SN - sztywność obwodowa (pierścieniowa) rury, wyraża zdolność rury do przejmowania
zewnętrznych
obciążeń, pochodzących od gruntu lub ruchu kołowego, zależy od struktury i grubości
ścianki, wyrażana
w kPa

$$SN = \frac{E \cdot I}{Ds^3}$$

gdzie: E - moduł Younga materiału rury
I - moment bezwładności przekroju poprzecznego rury
Ds - średnia średnica rury

1.4. Własności fizyko-mechaniczne rur i kształtek PVC-U

Tabela 1.

Własności	Jednostka	Wielkość
Gęstość	g/cm ³	1,38- 1,40
Wytrzymałość na rozciąganie - (próba krótkotrwała) do 3 min. - obliczeniowa	MPa MPa	48-50 10
Wydłużenie względne przy zerwaniu	%	10
Współczynnik rozszerzalności liniowej	1 / °C	80 · 10 ⁻⁶
Moduł sprężystości (Younga) - krótkotrwały 1 min. - długotrwały 50 lat	MPa MPa	3000-3200 1000
Temperatura kształtowania wyrobów	°C	120-130
Temp. mięknięcia metodą Vicata B	°C	≥80
Współczynnik przewodności cieplnej	W / m h°C	0,16-0,21
Rzeczywisty wskaźnik uderzeniowości - dla temp. 0°C - dla temp. 20°C	% %	5 10
Oporność elektryczna powierzchniowa	Ω	>10 ¹²
Odporność na zamarzanie wody w przewodzie		nieodporne – zamarzanie niszczy rurę
Palność		materiał samogasnący

1.5. Dokumenty odniesienia

Rury i kształtki są produkowane zgodnie z:

PN-EN 1452-2 - Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Systemy przewodowe z niezmiękzonego poli(chlorku winylu) (PVC-U) do przesyłania wody. Rury

PN-EN 1452-3 - Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Systemy przewodowe z niezmiękzonego poli(chlorku winylu) (PVC-U) do przesyłania wody. Kształtki

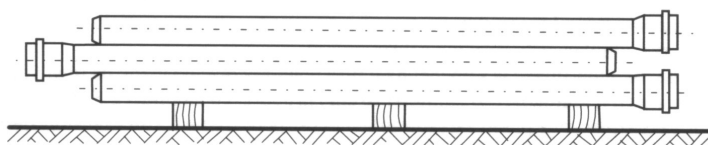
Ponadto posiadają atest higieniczny PZH HK/W/0266/01/2003 oraz opinię techniczną GIG z dn. 30.09.2004r. dotyczącą możliwości stosowania systemów przewodowych z PVC-U do przesyłania wody na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej.

1.6. Składowanie i transport

Rury powinny być składowane w oryginalnym opakowaniu (wiązkach). Powierzchnia składowania musi być płaska, wolna od kamieni i ostrych przedmiotów. Wiązki można składować po trzy jedna na drugiej, lecz nie wyżej niż na 2 m wysokości w taki sposób, aby ramka wiązki wyższej spoczywała na ramce wiązki niższej. Gdy rury są składowane (po rozpakowaniu) w stertach należy zastosować boczne wsporniki, najlepiej drewniane lub wyłożone drewnem w maksymalnych odstępach co 1,5 m. Gdy nie jest możliwe podparcie rur na całej długości, to spodnia warstwa rur powinna spoczywać na drewnianych łatach o szerokości min. 50 mm o takiej wysokości, aby kielichy nie dotykały ziemi. Rozstaw łat nie może być większy niż 2 m. Rury o różnych średnicach i grubościach winny być składowane

oddzielnie, a gdy nie jest to możliwe, rury o najgrubszej ścianie winny znajdować się na spodzie. W stercie nie powinno się znajdować więcej niż 7 warstw, a jej wysokość nie może przekraczać 1,5 m. Kielichy rur winny być wysunięte tak, aby końce rur w wyższej warstwie nie spoczywały na kielichach warstwy niższej (warstwy rur należy układać naprzemiennie).

Gdy wiadomo, że składowane rury nie zostaną ułożone w ciągu 12 miesięcy należy je zabezpieczyć przed nadmiernym wpływem promieniowania słonecznego poprzez zadaszenie. Rur z PVC nie wolno nakrywać uniemożliwiając przewietrzanie. Ewentualne zmiany intensywności barwy rur pod wpływem promieniowania słonecznego nie oznaczają zmiany wytrzymałości lub odporności.



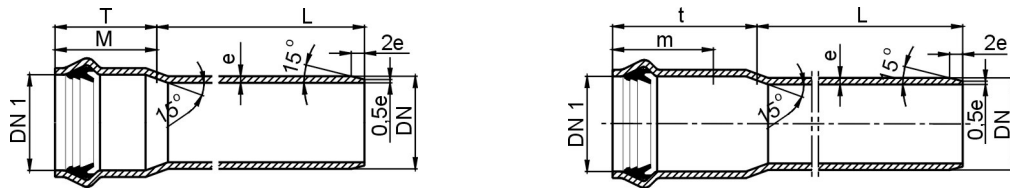
Rys. 1. Poprawne składowanie rur

Rury w wiązkach muszą być transportowane na samochodach o odpowiedniej długości. Wyładunek rur w wiązkach wymaga użycia podnośnika widłowego z płaskimi widłami lub dźwigu z belką (trawersem). Nie wolno stosować zawiesi z lin stalowych lub łańcuchów. Gdy rury zostały załadowane teleskopowo (rury o mniejszej średnicy wewnątrz rur o większej średnicy), przed rozładunkiem wiązki, należy wyjąć rury wewnętrzne. Gdy rury są rozładowywane pojedynczo można je zdejmować ręcznie (do średnicy 250 mm) lub z użyciem podnośnika widłowego. Nie wolno rur zrzucić lub wlec.

Przy transportowaniu rur luzem winny one spoczywać na całej długości na podłodze pojazdu. Pojazd musi posiadać wsporniki boczne w rozstawie max 2 m. Rury sztywniejsze winny znajdować się na spodzie. Kielichy rur w czasie transportu nie mogą być narażone na dodatkowe obciążenia. Jeżeli długość rur jest większa niż długość pojazdu, wielkość nawisu nie może przekroczyć 1 m.

2. Asortyment produkcji

2.1. Rury



Wymiary rur ciśnieniowych PVC-U

średnica nominalna DN [mm]	min. średnica wewn. kielicha DN1 [mm]	długość kielicha		długość montażowa		Wymiar L [mm]
		T [mm] kielich normalny	t [mm] kielich wydłużony	M [mm] kielich normalny	m [mm] kielich wydłużony	
90 + 0,3	90,4	125	210	115	175	6000
110 + 0,4	110,5	130	210	120	175	6000
160 + 0,5	160,6	150	255	140	200	6000
225 + 0,7	225,8	210	295	200	250	6000
280 + 0,9	281,0	250	290	240	250	6000
315 + 1,0	316,1	250	290	240	250	6000
400 + 1,2	401,3	290	320	280	250	6000
450 + 1,4	451,5	330	340	320	300	6000
500 + 1,5	501,6	360	370	350	300	6000
630 + 1,9	632,0	360	370	350	300	6000

Typoszereg rur ciśnieniowych PVC-U PN 6

średnica nominalna DN [mm]	grubość ścianki e [mm]	SDR	SN [kN/m²]	masa 1 mb [kg]	indeks
90 + 0,3	2,7 + 0,5	34,4	8	1,10	011812210
110 + 0,4	2,7 + 0,5	41	4	1,35	012022210
160 + 0,5	4,0 + 0,6	41	4	2,91	012322210
225 + 0,7	5,5 + 0,8	41	4	5,62	012622210
280 + 0,9	6,9 + 0,9	41	4	8,78	012822210
315 + 1,0	7,7 + 1,0	41	4	11,02	012922210
400 + 1,2	9,8 + 1,2	41	4	17,81	013122210
450 + 1,4	11,0 + 1,3	41	4	22,49	013222210
500 + 1,5	12,3 + 1,5	41	4	27,94	013322210
630 + 1,9	15,4 + 1,8	41	4	44,08	013522210

Typoszereg rur ciśnieniowych PVC-U PN 7,5

średnica nominalna DN [mm]	grubość ścianki [mm]	SDR	SN [kN/m²]	masa 1 mb [kg]	indeks
110 + 0,4	3,2 + 0,6	34,4	8	1,59	012032210
160 + 0,5	4,7 + 0,7	34,4	8	3,40	012332210
225 + 0,7	6,6 + 0,9	34,4	8	6,71	012632210
280 + 0,9	8,2 + 1,1	34,4	8	10,38	012832210
315 + 1,0	9,2 + 1,2	34,4	8	13,10	012932210
400 + 1,2	11,7 + 1,4	34,4	8	21,16	013132210
450 + 1,4	13,2 + 1,6	34,4	8	26,85	013232210
500 + 1,5	14,6 + 1,7	34,4	8	33,01	013332210

Typoszereg rur ciśnieniowych PVC-U PN 8

średnica nominalna DN [mm]	grubość ścianki e [mm]	SDR	SN [kN/m²]	masa 1 mb [kg]	indeks
90 + 0,3	3,5 + 0,6	26	16	1,41	011832210

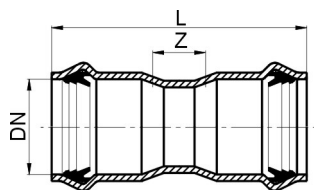
Typoszereg rur ciśnieniowych PVC-U PN 10

średnica nominalna DN [mm]	grubość ścianki [mm]	SDR	SN [kN/m²]	masa 1 mb [kg]	indeks
90 + 0,3	4,3 + 0,7	21	32	1,72	011842210
110 + 0,4	4,2 + 0,7	26	16	2,07	012042210
160 + 0,5	6,2 + 0,9	26	16	4,44	012342210
225 + 0,7	8,6 + 1,1	26	16	8,67	012642210
280 + 0,9	10,7 + 1,3	26	16	13,42	012842210
315 + 1,0	12,1 + 1,5	26	16	17,07	012942210
400 + 1,2	15,3 + 1,8	26	16	27,41	013142210
450 + 1,4	17,2 + 2,0	26	16	34,67	013242210
500 + 1,5	19,1 + 2,2	26	16	42,78	013342210
630 + 1,9	24,1 + 2,7	26	16	68,01	013542210

Typoszereg rur ciśnieniowych PVC-U PN 12,5

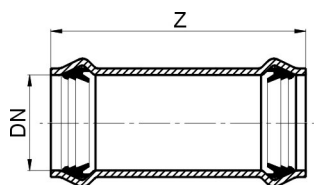
średnica nominalna DN [mm]	grubość ścianki [mm]	SDR	SN [kN/m²]	masa 1 mb [kg]	indeks
90 + 0,3	5,4 + 0,8	17	32	2,13	011852210
110 + 0,4	5,3 + 0,8	21	32	2,58	012052210
160 + 0,5	7,7 + 1,0	21	32	5,46	012352210
225 + 0,7	10,8 + 1,3	21	32	10,77	012652210
280 + 0,9	13,4 + 1,6	21	32	16,64	012852210
315 + 1,0	15,0 + 1,7	21	32	20,96	012952210
400 + 1,2	19,1 + 2,2	21	32	33,88	013152210
450 + 1,4	21,5 + 2,4	21	32	42,91	013252210
500 + 1,5	23,9 + 2,6	21	32	52,99	013352210

2.2. Kształtki



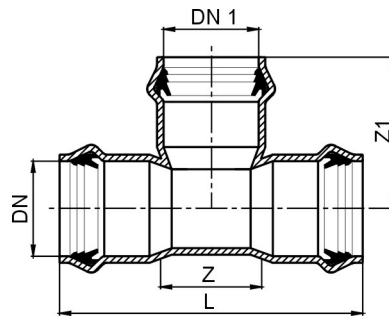
Złączka dwukielichowa PVC-U PN 10

DN [mm]	L [mm]	Z [mm]	masa [kg]	indeks
90	300	50	0,66	461822200
110	300	50	0,79	462022200
160	370	80	2,02	462322200
225	470	130	5,10	462622200
280	550	150	9,23	462822200
315	600	230	12,63	462922200
400	750	290	25,60	463122200

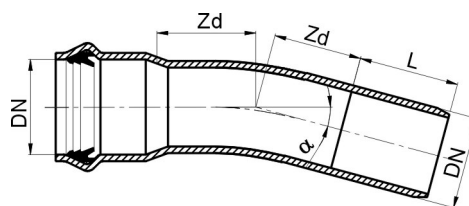


Nasuwka PVC-U PN 10

DN [mm]	L [mm]	masa [kg]	indeks
90	290	0,64	461812200
110	290	0,77	462012200
160	370	2,02	462312200
225	470	5,10	462612200
280	500	8,39	462812200
315	550	11,58	462912200
400	600	20,48	463112200

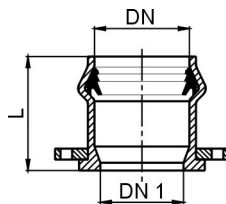
**Trójknik kielichowy PVC-U PN 10**

średnica nominalna DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	Z [mm]	Z1 [mm]	masa [kg]	indeks
90	90	316	98	170	1,35	467188205
110	90	350	120	172	2,43	467208225
110	110	350	120	189	2,36	467208205
160	90	418	140	191	4,32	467238255
160	110	418	140	198	4,61	467238235
160	160	452	174	245	6,10	467238205

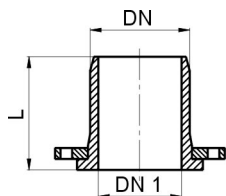
**Łuk jednokielichowy PVC-U PN 10**

DN [mm]	kąt gięcia r [mm]	L [mm]	Zd [mm]	masa [kg]	indeks
90 x 11 ⁰	250	130	100	0,99	451812225
90 x 22 ⁰		130	120	0,99	451812227
90 x 30 ⁰		130	150	1,21	451812228
90 x 45 ⁰		160	160	1,32	451812229
90 x 90 ⁰		230	300	2,09	451812231

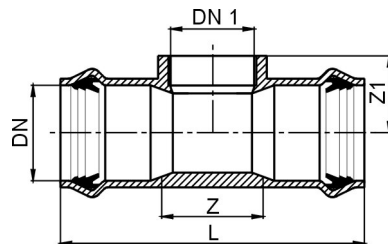
110 x 11 ⁰	300	110	110	1,19	452012225
110 x 22 ⁰		140	120	1,32	452012227
110 x 30 ⁰		120	155	1,45	452012228
110 x 45 ⁰		120	180	1,58	452012229
110 x 90 ⁰		190	380	2,83	452012231
160 x 11 ⁰	700	170	135	3,27	452312225
160 x 22 ⁰		180	180	3,81	452312227
160 x 30 ⁰		200	195	4,09	452312228
160 x 45 ⁰		240	250	4,91	452312229
160 x 90 ⁰		340	500	8,18	452312231
225 x 11 ⁰	900	180	260	9,77	452612225
225 x 22 ⁰		180	310	10,86	452612227
225 x 30 ⁰		200	400	13,03	452612228
225 x 45 ⁰		300	450	15,20	452612229
225 x 90 ⁰		350	875	24,98	452612231
280 x 11 ⁰	1200	290	450	23,49	452812225
280 x 22 ⁰		290	500	25,17	452812227
280 x 30 ⁰		390	550	28,53	452812228
280 x 45 ⁰		390	600	30,20	452812229
280 x 90 ⁰		450	1070	46,98	452812231
315 x 11 ⁰	1300	420	485	33,68	452912225
315 x 22 ⁰		420	585	37,89	452912227
315 x 30 ⁰		450	670	42,10	452912228
315 x 45 ⁰		590	700	46,31	452912229
315 x 90 ⁰		600	1095	63,15	452912231
400 x 11 ⁰	2000	500	620	68,26	453112225
400 x 22 ⁰		500	720	75,09	453112227
400 x 30 ⁰		500	795	80,21	453112228
400 x 45 ⁰		500	845	83,62	453112229
400 x 90 ⁰		500	1970	160,41	453112231


Tuleja PVC-U z luźnym kołnierzem stalowym - ENPL (kołnierz - kielich) PN 10

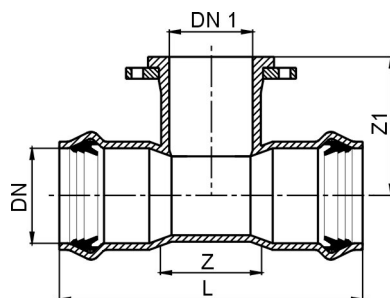
średnica nominalna DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	masa [kg]	indeks
90	80	142	1,22	465188211
110	100	153	2,12	465208211
160	150	176	4,23	465238211
225	200	218	8,32	465268211


Tuleja PVC-U z luźnym kołnierzem stalowym - FNP (kołnierz - bosy koniec) PN 10

średnica nominalna DN [mm]	DN 1 [mm]	L [mm]	masa [kg]	indeks
90	80	128	1,17	465188212
110	100	135	2,02	465208212
160	150	154	4,05	465238212
225	200	335	8,12	465268212

**Trójnik PVC-U - ANPL (kielich - gwint wewnętrzny) PN 10**

średnica nominalna DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	Z [mm]	Z1 [mm]	masa [kg]	indeks
90	1,5"	295	65	70	1,06	466188213
110	2"	340	93	85	2,02	466208213
160	2"	375	93	107	4,12	466238233

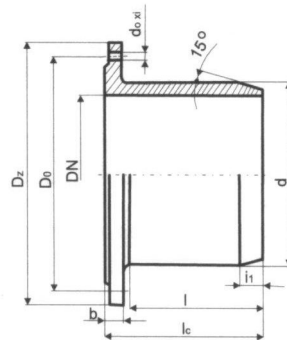
**Trójnik PVC-U z luźnym kołnierzem stalowym - ANP (kielich - kołnierz) PN 10**

średnica nominalna DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	Z [mm]	Z1 [mm]	masa [kg]	indeks
90	80	335	100	160	1,34	466188211
110	80	347	107	170	2,29	466208221
110	100	372	130	180	2,45	466208211
160	80	385	110	200	4,60	466238251
160	100	452	168	210	4,81	466238231
160	150	455	193	230	5,20	466238211
225	150	530	192	272	9,38	466268231
225	200	580	242	282	10,20	466268211

2.3. Łączenie z żeliwem

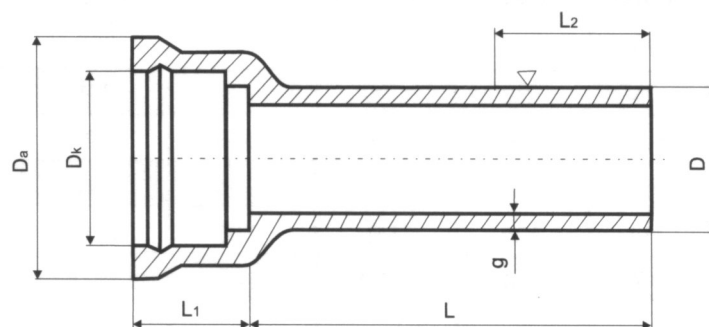
Łączenie rur i kształtek PVC-U z rurami, kształtkami i armaturą żeliwną jest możliwe przez zastosowanie przejściowych króćców żeliwnych. Producentem króćców żeliwnych są odlewnie żeliwa. Poniżej przedstawiono zakres średnic oraz wymiary dostępnych króćców na podstawie katalogów odlewni żeliwa.

Króciec kołnierzowy - umożliwia połączenie kielicha PVC-U z kołnierzem żeliwnym lub stalowym



DN	d	l	i ₁	l _c	D _z	D ₀	b	d ₀	i
50	63 ^{+0.20}	90	15	115	165	125	20	18	4
80	90 ^{+0.25}	105	17	132	200	160	22	18	8
100	110 ^{+0.20}	119	17	146	220	180	22	18	8
150	160 ^{+0.30}	146	19	175	285	240	24	22	8
200	225 ^{+0.45}	169	21	200	340	295	26	22	8
250	280 ^{+0.55}	220	22	255	395	350	28	22	12
300	315 ^{+0.60}	240	24	275	445	400	28	22	12
400	450 ^{+0.70}	290	28	335	565	515	32	26	16
500	500 ^{+0.70}	310	32	395	670	620	34	26	20

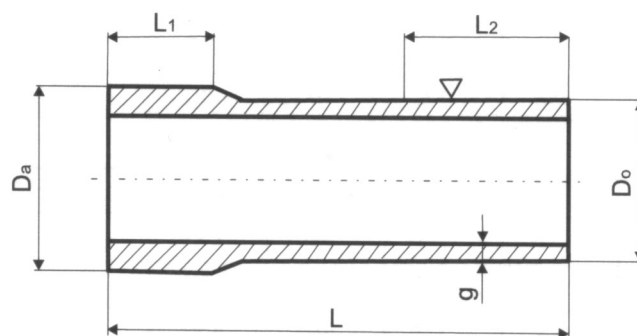
Króciec kielichowy - umożliwia połączenie kielicha PVC-U z bosym końcem żeliwnym



L - długość kształtki, L_1 - głębokość kielicha, L_2 - długość montażowa w kielichu PVC-U,
D - średnica bosego końca do kielicha PVC-U, D_k - średnica wewnętrzna kielicha,
 D_a - średnica gabarytowa kielicha, g - grubość ścianki kształtki żeliwnej.

D/DN	63/50	90/80	110/100	160/150	225/200	280/250	315/300	450/400
D_k	84	116	137	189	241	294	346	449
D_a	128	162	184	240	295	352	407	517
L	300	300	300	300	350	350	350	500
L_1	77	84	88	94	100	103	105	110
L_2	96	114	129	161	206	220	240	290
g	7,5	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13	14,5

Króciec bosy - umożliwia połączenie kielicha PVC-U z kielichem żeliwnym



L - długość kształtki, L_1 - długość montażowa w kielichu żeliwnym, L_2 - długość montażowa w kielichu PVC-U, D_0 - średnica zewnętrzna bosego końca do kielicha PVC-U, D_a - średnica zewnętrzna bosego końca do kielicha żeliwnego, g - grubość ścianki kształtki żeliwnej.

D/DN	63/50	90/80	110/100	160/150	225/200	280/250	315/300	450/400
D_0	63	90	110	160	225	280	315	450
D_a	66	98	118	170	222	274	326	429
L	300	300	300	300	350	350	350	500
L_1	77	84	88	94	100	103	105	110
L_2	96	114	129	161	206	220	240	290
g	6,5	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13	14,5

3. Zagadnienia projektowe

3.1. Ciśnienie i temperatura przesyłanego medium

Podawane dla rur ciśnienie nominalne PN jest maksymalnym ciśnieniem roboczym dla wody w temperaturze 20 °C.

Temperatura stosowania ciśnieniowych rur PVC-U wynosi maksymalnie 45 °C.

Dopuszczalne ciśnienie robocze p_{rob} dla wody oblicza się wg następującej zależności:

$$p_{\text{rob}} = \text{PN} \times k$$

Wartość współczynnika „k” dla różnych temperatur podano w poniższej tabeli.

Tabela 2.

Temperatura	Współczynnik „k”
[°C]	[-]
20	1,0
25	1,0
30	0,9
35	0,8
40	0,7
45	0,6

3.2. Odporność chemiczna

TABLICA ODPORNOŚCI CHEMICZNEJ RUR PVC-U NA PRZESYŁANE SUBSTANCJE

Tabela 3.

Nazwa substancji chemicznej	Stężenie	Temperatura	
		20°C	45°C
Aceton	100%	N	N
Akrylan etylu	100%	N	N
Aldehyd krotonowy	100%	N	N
Aldehyd mrówkowy	do 10%	Z	O
Aldehyd mrówkowy	40%	Z	Z
Aldehyd octowy	40%	N	-
Aldehyd octowy	100%	N	-
Alkohol allilowy	96%	O	N
Alkohol amylowy	100%	Z	O
Alkohol etylowy	95%	Z	O
Alkohol furfurylowy	100%	N	N
Alkohol metylowy	100%	Z	O
Amoniak ciekły	100%	O	N
Amoniak gaz suchy	100%	Z	Z

Amoniak roztwór wodny	do 10%	Z	O
Amonowy azotan	roztwór nasycony	Z	Z
Amonowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Amonowy fluorek	20%	Z	O
Amonowy siarczan	roztwór nasycony	Z	Z
Anilina	100%	N	N
Anilina	roztwór nasycony	N	N
Aniliny chlorowodorek	roztwór nasycony	N	N
Antymonawy chlorek	90%	Z	Z
Benzaldehyd	0,1 %	N	N
Benzen	100%	N	N
Benzyna (węglowodory alifatyczne)	-	Z	Z
Benzyna (węglowodory alifatyczne/benzen)	80/20	N	N
Bezwodnik octowy	100%	N	N
Boraks	roztwór nasycony	Z	O
Brom ciekły	100%	N	N
Butadien	100%	Z	Z
Butan gaz	100%	Z	-
Butanole	do 100%	Z	O
Butylofenol	100%	N	N
Chlor, gaz suchy	100%	O	N
Chlor roztwór wodny	roztwór nasycony	O	N
Cynawy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Cynkowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Cukier	roztwór nasycony	Z	Z
Cykloheksanol	100%	N	N
Cykloheksanon	100%	N	N
Dekstryna	roztwór nasycony	Z	O
Drożdże	do 10%	Z	O
Dwuchloroetan	100%	N	N
Dwuchlorometan	100%	N	N
Dwumetyloamina	30%	Z	-
Eter etylowy	100%	N	-
Fenol	90%	N	N
Fenylhydrazyna	100%	N	N
Fenylhydrazyny chlorowodorek	97%	N	N
Fosforu trójklorek	100%	N	-
Fosforowodór	100%	Z	Z
Gliceryna	100%	Z	Z
Glikol etylenowy	roztwór nasycony	Z	Z
Glikoza	roztwór nasycony	Z	O
Glinowo-potasowy ałun	roztwór nasycony	Z	Z
Glinowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Glinowy siarczan	roztwór nasycony	Z	Z
Heksadekanol	100%	Z	Z
Krezole	roztwór nasycony	-	N
Ksylen	100%	N	N

Kwas adypinowy	roztwór nasycony	Z	O
Kwas antrachinosulfonowy	10%	Z	O
Kwas azotowy	do 45%	Z	O
Kwas azotowy	od 50% do 98%	N	N
Kwas benzoesowy	roztwór nasycony	O	N
Kwas borowy	do 10%	Z	O
Kwas bromowodorowy	10%	Z	O
Kwas bromowodorowy	50%	Z	O
Kwas bromowy	10%	Z	-
Kwas chlorooctowy	10%	Z	O
Kwas chlorosulfonowy	100%	O	N
Kwas chromowy	od 1 % do 50%	Z	O
Kwas cytrynowy	roztwór nasycony	Z	Z
Kwas dwuglikolowy	18%	Z	O
Kwas fluorowodorowy	40%	O	N
Kwas fluorowodorowy	60%	O	N
Kwas fluorowodorowy gaz	100%	O	N
Kwas garbnikowy (tanina)	do 10%	Z	Z
Kwas glikolowy	do 30%	Z	Z
Kwas maleinowy	roztwór nasycony	Z	O
Kwas masłowy	20%	Z	O
Kwas masłowy	98%	N	N
Kwas metylobenzoowy	roztwór nasycony	-	N
Kwas mlekowy	10%	Z	O
Kwas mlekowy	od 10% do 90%	O	N
Kwas mrówkowy	od 1 % do 50%	Z	O
Kwas nadchlorowy	10%	Z	O
Kwas nadchlorowy	70%	O	N
Kwas nikotynowy	roztwór roboczy	Z	Z
Kwas octowy	25%	Z	O
Kwas octowy	60%	Z	O
Kwas octowy	lodowaty	N	N
Kwas olejowy	100%	Z	Z
Kwas ortoarsenowy	do 10%	Z	-
Kwas ortoarsenowy	roztwór nasycony	Z	O
Kwas ortofosforowy	30%	Z	O
Kwas ortofosforowy	powyżej 30%	Z	Z
Kwas pikrynowy	roztwór nasycony	Z	Z
Kwas siarkawy	do 10%	Z	Z
Kwas siarkowy	od 40% do 90%	Z	O
Kwas siarkowy	96%	O	N
Kwas siarkowy dymiący (oleum)	10% SO ₃	N	N
Kwas solny	20%	Z	O
Kwas solny	powyżej 30%	Z	Z
Kwas szczawiowy	do 10%	Z	O
Kwas szczawiowy	roztwór nasycony	Z	Z
Kwas sześćfluoro-krzemowy	32%	Z	Z
Kwas winny	do 10%	Z	Z

Magnezowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Magnezowy siarczan	roztwór nasycony	Z	Z
Melas	roztwór roboczy	Z	O
Metakrylan metylu	100%	N	N
Miedziowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Miedziowy fluorek	2%	Z	Z
Miedziowy siarczan	roztwór nasycony	Z	Z
Mleko	-	Z	Z
Mocz	-	Z	O
Mocznik	10%	Z	O
Mydło	do 10%	Z	O
Niklawy siarczan	roztwór nasycony	Z	Z
Ocet	do 80 g/l kwasu octowego	Z	Z
Octan amylu	100%	N	N
Octan butylu	100%	N	N
Octan etylu	100%	N	N
Octan winylu	100%	N	N
Oleje i tłuszcze	-	Z	Z
Ołowiawy octan	do 10%	Z	Z
Ołowiawy octan	roztwór nasycony	Z	Z
Ołowiu czteroetylek	100%	Z	-
Ozon	100%	Z	Z
Pirydyna	do 100%	N	-
Piwo	-	Z	Z
Potasowy azotan	roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy bromek	roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy chromian	40%	Z	Z
Potasowy cyjanek	powyżej 10%, lecz nie roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy dwuchromian	40%	Z	Z
Potasowy nadmanganian	20%	Z	Z
Potasowy nadsiarczan	roztwór nasycony	Z	O
Potasowy wodorotlenek	powyżej 10%, lecz nie roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy żelazocyjanek	roztwór nasycony	Z	Z
Potasowy żelazocyjanek	roztwór nasycony	Z	Z
Propan ciekły	100%	Z	-
Siarki dwutlenek ciekły	100%	O	N
Siarki dwutlenek suchy	100%	Z	Z
Siarkowodór gaz	100%	Z	Z
Sodowy benzoesan	35%	Z	O
Sodowy chloran	roztwór nasycony	Z	Z
Sodowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Sodowy podchloryn (13% chloru)	100%	Z	O
Sodowy siarczyn	roztwór nasycony	Z	O
Sodowy wodorosiarczek	roztwór nasycony	Z	Z
Sodowy wodorotlenek	do 10%	Z	Z

Sodowy żelazocyjanek	roztwór nasycony	Z	Z
Sodowy żelazocyjanek	roztwór nasycony	Z	Z
Srebra azotan	roztwór nasycony	Z	O
Tlen	100%	Z	Z
Toluen	100%	N	N
Trójchloroetylen	100%	N	N
Trójhydroksymetylopropan	do 10%	Z	O
Wapniowy azotan	50%	Z	Z
Wapniowy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z
Węgla czterochlorek	100%	N	N
Węgla dwusiarczek	100%	N	N
Węgla dwutlenek	roztwór nasycony	Z	O
Węgla dwutlenek gaz mokry	-	Z	Z
Węgla dwutlenek gaz suchy	100%	Z	Z
Wino	-	Z	Z
Woda morska	-	Z	O
Wodór	100%	Z	Z
Wodoru nadtlenuk	30%	Z	Z
Wywoływacze fotograficzne	roztwór nasycony	Z	Z
Żelazawy chlorek	roztwór nasycony	Z	Z

Użyte oznaczenia:

Z - odporność zadawalająca

O - odporność ograniczona

N - odporność niezadawalająca

Odporność ograniczona oznacza znaczne skrócenie żywotności rur, których standardowa żywotność wynosi 50 lat.

Odporność niezadawalająca oznacza zakaz stosowania rur do przesyłania danej substancji.

3.3. Straty ciśnienia w przewodach

Przy obliczeniach hydraulicznych należy posługiwać się następującymi równaniami:

- natężenie przepływu:

$$Q = \frac{\pi}{4} d_w^2 w = 0,7854 d_w^2 w$$

$$w = -2x \log\left(\frac{2,51\nu}{d_w x} + \frac{k}{3,71d_w}\right)$$

$$x = \sqrt{2d_w \frac{\Delta p}{\rho L}} = \sqrt{2gd_w \frac{h_s}{L}}$$

- straty na długości:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d_w} \frac{\rho w^2}{2} = 0,8106 \lambda \rho L \frac{Q^2}{d_w^5}$$

$$h_s = \lambda \frac{L}{d_w} \frac{w^2}{2g} = 0,08266 \lambda L \frac{Q^2}{d_w^5}$$

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

$$\text{Re} = \frac{w d_w}{\nu}$$

- straty miejscowe:

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho w^2}{2} = 0,8106 \zeta \frac{\rho Q^2}{d_w^4}$$

$$h_s = \zeta \frac{w^2}{2g} = 0,08266 \zeta \frac{Q^2}{d_w^4}$$

Oznaczenia:

- Q - objętościowe natężenie przepływu [m^3/s],
- w - prędkość przepływu [m/s],
- d_w - średnica wewnętrzna [m],
- Δp - strata ciśnienia wywołana oporami przepływu [Pa],
- h_s - wysokość strat ciśnienia [m],
- L - obliczeniowa długość przewodu [m],
- g - przyspieszenie ziemskie [m/s^2],
- ρ - gęstość cieczy [kg/m^3],
- ν - lepkość kinematyczna cieczy [m^2/s],
- k - chropowatość ścianki przewodu [m],
- λ - współczynnik strat liniowych [-],
- ζ - współczynnik strat miejscowych [-].

Lepkość ν dla wody w temperaturze 10°C wynosi $1,306 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, a jej gęstość może być przyjmowana za równą 1000 kg/m^3 . Dla innych cieczy bądź wody o temperaturze wyraźnie różnej od podanej, należy dobrać lepkość i gęstość z odpowiednich tablic.

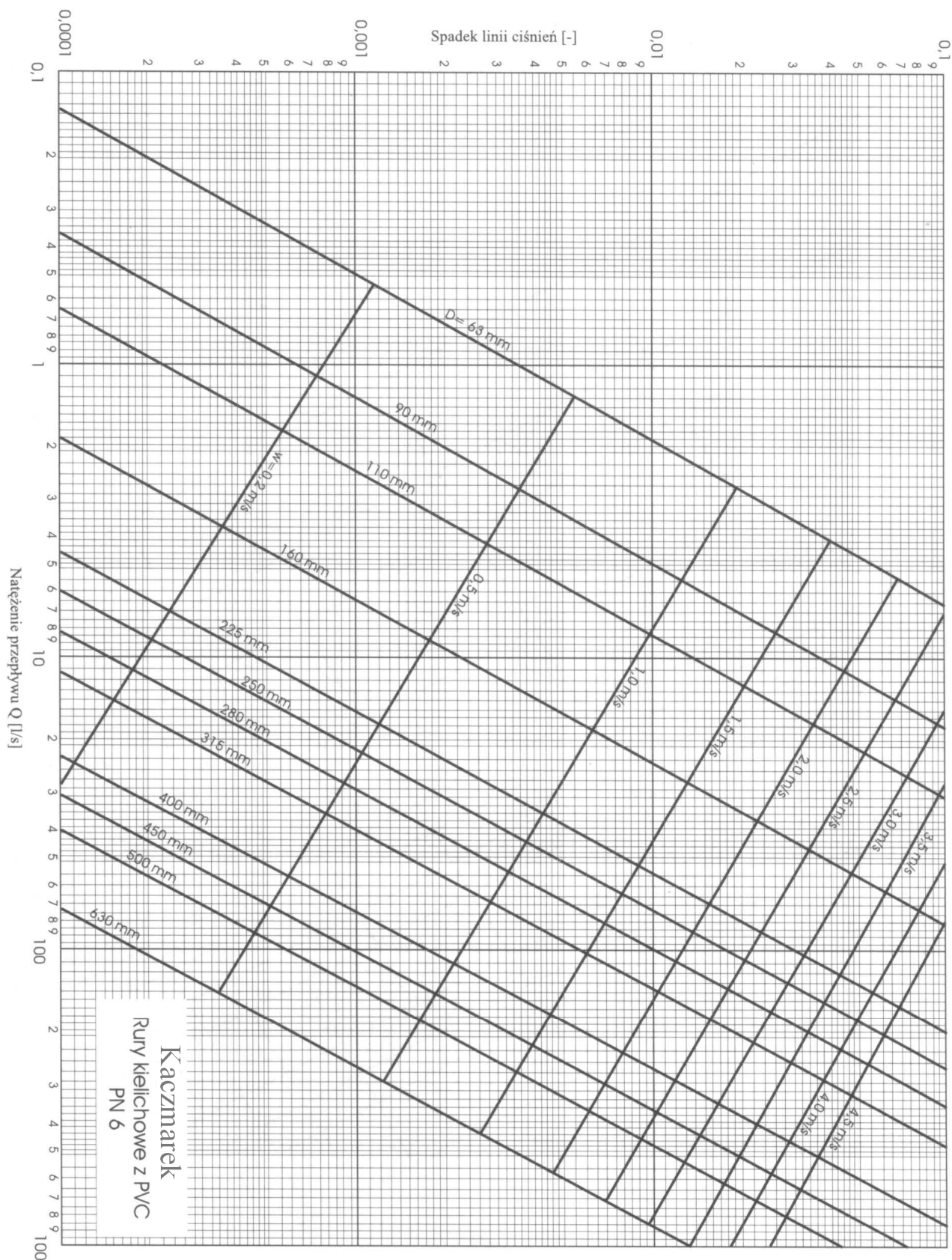
Chropowatość bezwzględna k należy przyjmować dla rur o średnicach $\leq 200 \text{ mm}$ równą $0,02 \text{ mm}$
a dla średnic większych $0,05 \text{ mm}$

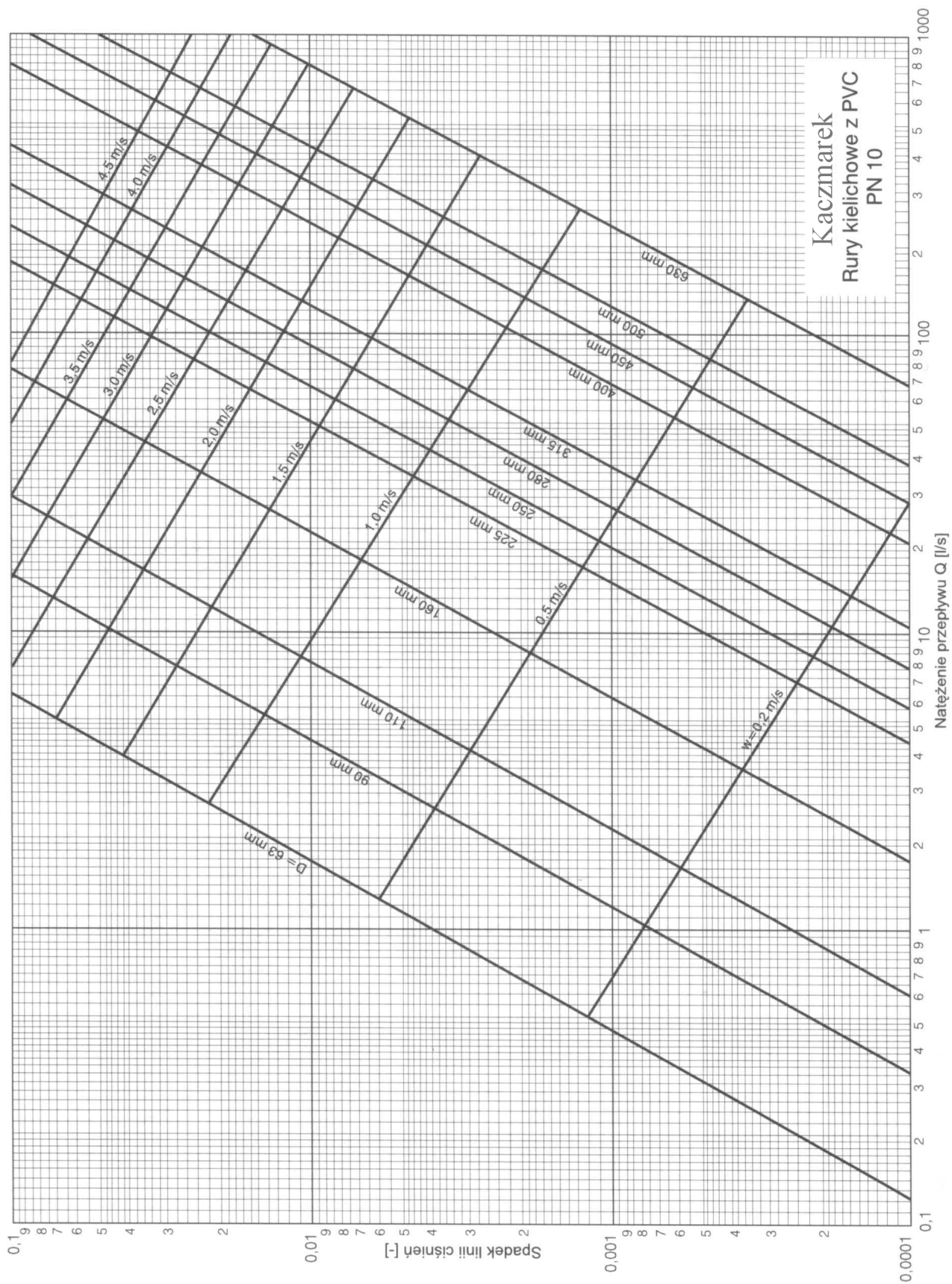
W praktyce, przy niewielkiej liczbie kształtek i armatury, wpływ strat miejscowych można uwzględnić przez zwiększenie obliczeniowej długości przewodu:

- o 2 do 3% dla przewodów magistralnych,
- o 5 do 10% dla sieci rozprowadzających,
- o 10 do 15 % dla sieci wewnętrznych.

W przeciwnym przypadku wysokość tych strat należy obliczać zgodnie ze wcześniej podanym wzorem przyjmując wartość współczynnika ζ z normy, lub odpowiednich podręczników.

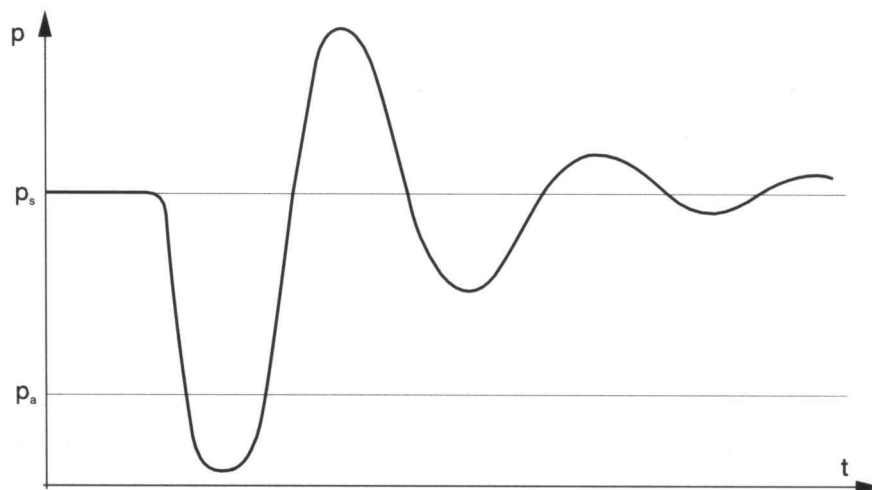
W celu uproszczenia obliczeń zostały opracowane nomogramy zależności straty ciśnienia od wielkości przepływu w rurach. Wartości podane w nomogramach obliczane są na podstawie średnic wewnętrznych rur, określanymi średnicami zewnętrznymi dla uproszczenia korzystania z nomogramu.





3.4. Uderzenia hydrauliczne

Przy nagłych i dużych zmianach prędkości przepływu cieczy w rurach może dojść do powstania zjawiska uderzenia hydraulicznego czyli fali ciśnienia. Fala ta oscyluje w odniesieniu do ciśnienia panującego w systemie, powodując występowanie nadciśnienia i podciśnienia.



Rys. 2. Przebieg fali uderzenia hydraulicznego

Uderzenie hydrauliczne może być spowodowane:

- nagłym zamknięciem lub otwarciem zaworu
- włączeniem lub wyłączeniem pomp przy otwartych zaworach odcinających
- awarią pomp
- zbyt szybkim napełnianiem sieci i niedostatecznym odpowietrzeniem przy napełnianiu

Skutki uderzeń hydraulicznych:

- znaczne przekroczenie ciśnienia nominalnego rury powoduje jej zniszczenie
- częste wahania ciśnienia powodują zmęczenie materiału i skracają żywotność rur
- podciśnienie wywołuje kawitację prowadzącą do zniszczenia pomp
- podciśnienie powoduje wessanie cząstek gruntu pod uszczelkę i trwałe rozszczelnienie połączenia kielichowego

Uderzeniom hydraulicznym można zapobiegać poprzez:

- powolne zamykanie i otwieranie zaworów
- stosowanie pomp o dużej bezwładności wirnika
- regulację liczby obrotów pompy (falowniki)
- powolne napełnianie sieci i prawidłowe jej odpowietrzenie
- stosowanie urządzeń zabezpieczających takich jak zawory bezpieczeństwa, zawory napowietrzające, zbiorniki z poduszką powietrzną

Ekstremalne wartości amplitudy ciśnienia, jakie mogą wystąpić podczas uderzenia

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot \Delta w$$

hydraulicznego można obliczyć ze wzoru Żukowskiego:
gdzie:

- c - prędkość fali ciśnienia [m/s],
- Δw - zmiana prędkości przepływu [m/s].
- ρ - gęstość cieczy, dla wody $\rho = 10^3$ [kg/m³].

Prędkość fali ciśnienia można przyjmować dla rur PVC-U PN6 - 290 m/s a dla PN10 - 370 m/s.

Obliczone, ekstremalne przyrosty ciśnienia, po zsumowaniu z ciśnieniem statycznym w przewodzie należy porównać z dopuszczalnymi (maksymalnym i minimalnym) ciśnieniami, jakie mogą występować w danym rurociągu.

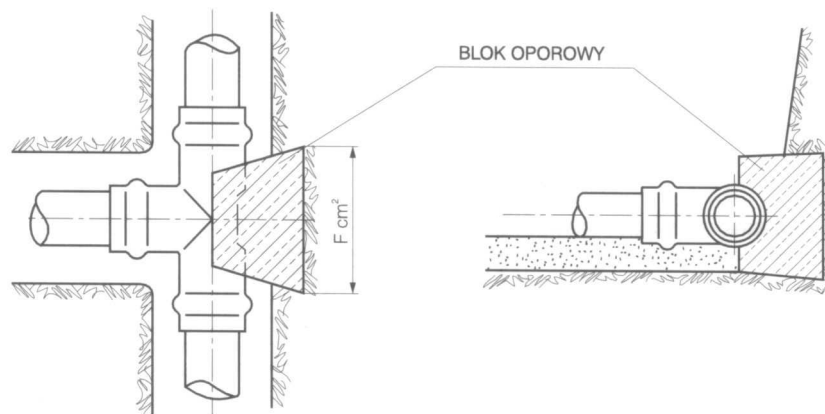
Przy sporadycznym występowaniu uderzeń hydraulicznych, maksymalne ciśnienie może przewyższać ciśnienie nominalne PN o 50%. Przy częstych zmianach natężenia przepływu, np. o charakterze cyklicznym, dopuszczalne ciśnienie maksymalne winno być co najwyżej równe ciśnieniu nominalnemu.

Minimalne bezwzględne ciśnienie strumienia wody podczas uderzenia hydraulicznego powinno być zawsze większe od ciśnienia wrzenia cieczy w danej temperaturze.

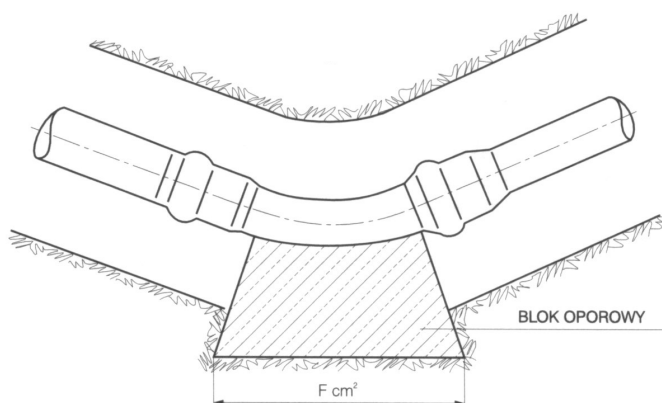
3.5. Bloki oporowe i podporowe

Bloki oporowe stosuje się celem zabezpieczenia przed wysunięciem bosego końca rury z kielicha w kolanach, łukach, trójnikach oraz korkach kielichowych. Bloki oporowe mogą być prefabrykowane lub wykonane na miejscu budowy z betonu łanego, pod warunkiem dokładnego oparcia ich o grunt w stanie nie naruszonym. Do obliczeń powierzchni oporowej bloków oporowych, przyjmuje się powierzchnię średnic wewnętrznych rur z PVC-U. Wielkość bloków oporowych (powierzchnię styku bloków betonowych z naturalnym nienaruszonym podłożem gruntu) w zależności od rodzaju gruntu należy obliczać na przyjęte w projekcie wodociągu ciśnienie próbne.

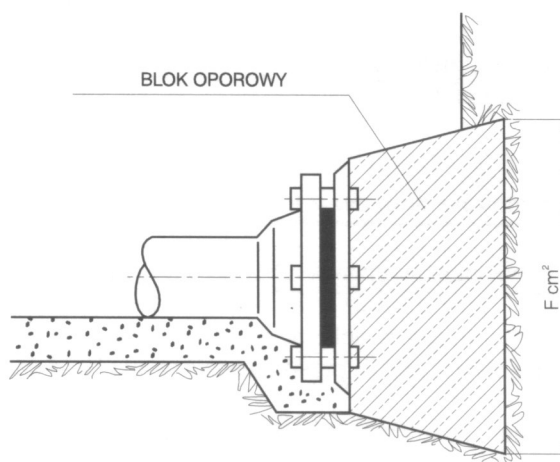
Uwaga: beton należy oddzielić od kształtek PVC-U grubą folią z tworzywa sztucznego.



Rys. 3. Blok oporowy trójnika



Rys. 4. Blok oporowy kolana lub łuku

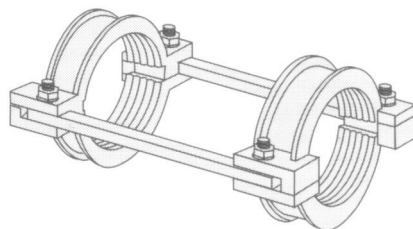


Rys. 5. Blok oporowy korka.

W miejsce bloków oporowych mogą być stosowane wzmocnienia złącz kielichowych jako wzmocnienia sztywne przenoszące siły parcia.

Są one dostępne na rynku jako:

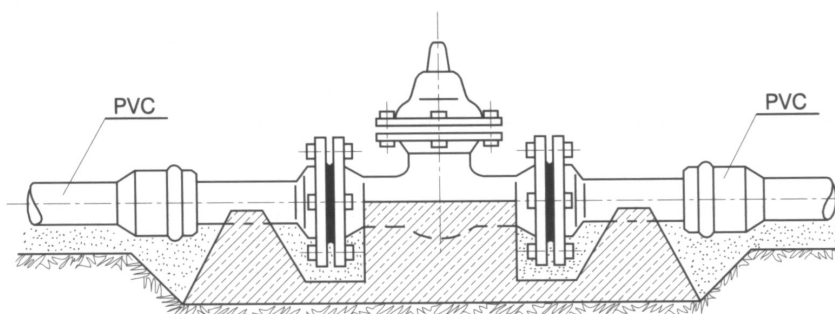
- opaski i dwupierścieniowe jarzma obejmujące kielichy rur i kształtek,
- nasuwki dwudzielne skręcane,
- ściągi składające się z dwóch opasek obejmujących kształtkę przy kielichu i rurę przy jej bosym końcu lub obejmujących dwa kielichy, opaski są dociśnięte do przewodu śrubami i połączone między sobą nagwintowanymi kotwami.



Rys. 6. Wzmocnienie sztywne złącza kielichowego.

Biorąc pod uwagę różnice w ciężarze rur PVC-U oraz armatury i kształtek żeliwnych (przy mieszanym zestawie materiałowym rurociągu), należy stosować w węzłach o armaturze i kształtkach żeliwnych tzw. bloki podporowe.

Przy węzłach z jednolitych materiałów z PVC-U nie zachodzi konieczność stosowania bloków podporowych.



Rys. 7. Blok podporowy

3.6. Ochrona rur przed przemarzaniem

Głębokość przykrycia przewodu w wykopie (od wierzchu rury do powierzchni terenu) powinna zabezpieczać przed zamarzaniem wody czy też ścieków w rurach.

Jest ona uzależniona od głębokości przemarzania gruntu h_z dla danej części kraju.

Dla przewodów wodociągowych z PVC-U wynosi $h_n = h_z + 0,4$ m (powinna być o 40 cm większa od głębokości przemarzania gruntu)

Tabela. 4.

Strefa	Wielkość przemarzania w strefie [m]	Głębokość przykrycia h_n dla rur [m]
I	$h_z = 0,8$	1,2
II	$h_z = 1,0$	1,4
III	$h_z = 1,2$	1,6
IV	$h_z = 1,4$	1,8

W przypadku konieczności posadowienia przewodu na mniejszych głębokościach, przewód powinien być ocieplony warstwą izolacyjną z żużla lub keramzytu.

Grubość warstwy ocieplającej z żużla lub keramzytu:

w I strefie klimatycznej 20 cm

w II strefie klimatycznej 18 - 25 cm

w III strefie klimatycznej 20 - 30 cm

w IV strefie klimatycznej 25 - 40 cm

w zależności od stopnia wilgotności gruntu i grubości warstwy ziemi (przykrycia) nie mniej jednak niż 0,5 m od powierzchni terenu.

Warstwę izolacyjną należy odpowiednio zagęścić, szczególnie po bokach rury.

Ze względu na możliwość porysowania ścianki rury, należy oddzielić warstwę ocieplającą od rury, warstwą piasku lub folią z tworzywa sztucznego.

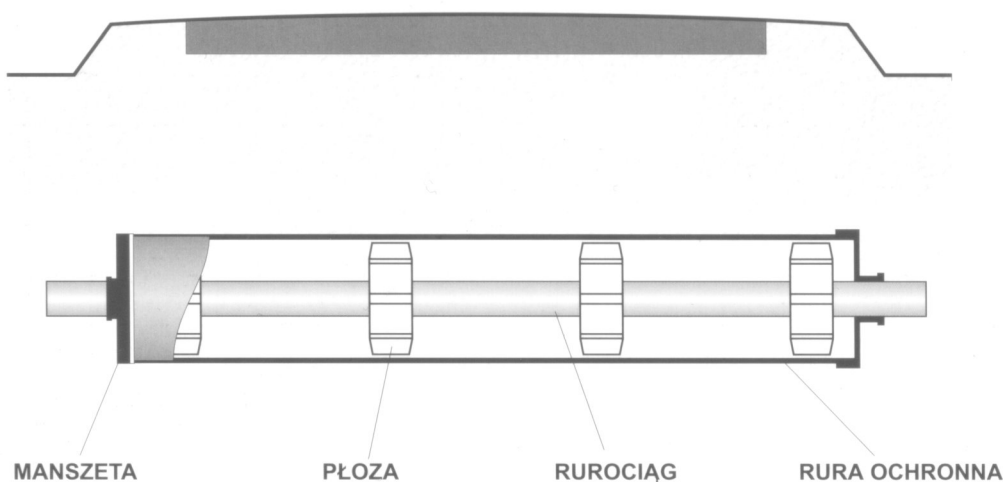
W terenach gdzie nie występuje obciążenie dynamiczne naziomu (np. przejeżdżające samochody) do ocieplenia rury można użyć styropianu.

3.7. Przejście pod i nad przeszkodami

W przypadku przekraczania przewodami ciśnieniowymi z rur PVC-U dróg publicznych o ciężkim ruchu kołowym, wykonywania przejść pod torami tramwajowymi i kolejowymi, względnie pod zabudowaniami, należy stosować rury ochronne. Rozwiązanie projektowe przejścia rurociągiem w rurze ochronnej pod określoną przeszkodą, wymaga uzgodnienia z jej użytkownikiem. Przepisy niektórych użytkowników przeszkód np. kolej, drogi publiczne w sposób bardzo szczegółowy warunkują przedmiotowe zagadnienie w zakresie materiałowym, długości przejścia, głębokości ułożenia, zabezpieczenia wlotu i wylotu przejścia i jego uzbrojenia (zasuwy, studzienki dekompensacyjne).

Na rury ochronne należy stosować rury o średnicach wewnętrznych pozwalających na pomieszczenie w nich połączeń rur przewodowych. Odległość połączenia rury przewodowej od wewnętrznej ścianki rury ochronnej powinna wynosić od 6 do 8 cm. W miarę możliwości należy unikać w rurach ochronnych złączy rur przewodowych, a gdy to jest niemożliwe ze względu na długość przejścia pod przeszkodą, należy odcinek rury przeznaczony do ułożenia w płaszczu ochronnym, poddać próbie ciśnieniowej na powierzchni terenu przed wprowadzeniem przewodu do osłony.

Do prowadzenia rur PVC-U w rurach osłonowych, zaleca się płozy dystansowe z tworzywa sztucznego montowane na całym obwodzie rury. Przestrzeń pomiędzy rurą przewodową a osłonową u wylotów należy uszczelnić manszetą z elastomeru lub silikonu.



Rys. 8. Przejście pod drogą w rurze osłonowej z zastosowaniem płóz dystansowych z tworzywa sztucznego

Przy przejściach przez przegrody budowlane (ściany i stropy), przewody PVC-U należy prowadzić w przeznaczonych do tego celu, dostępnych na rynku, tulejach ochronnych.

Przejścia rurociągiem nad przeszkodami np. rzeki, jary, podwieszenie rurociągu pod mostem, wymagają indywidualnego opracowania uwzględniającego zarówno układ nośny rury (rury z PVC-U nie są konstrukcyjnie samonośne jak np. rury stalowe) jak też wydłużalność termiczną i wpływ działania promieni słonecznych.

3.8. Wydłużalność termiczna

Przy zmianach temperatury zarówno otoczenia jak i transportowanego medium, rurociągi z PVC-U ulegają wydłużeniu lub skróceniu.

Wielkość liniowego wydłużenia termicznego rur z PVC-U określa się wzorem:

$$\Delta L = L \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

gdzie:

ΔL - wielkość wydłużenia [mm]

L - długość odcinka rury [m]

Δt - różnica temperatur pomiędzy temperaturą montażu rurociągu a maksymalną temperaturą roboczą

względnie minimalną temperaturą roboczą [°C]

α - współczynnik rozszerzalności liniowej rur PVC-U 0,08 [mm / m °C]

W rurach ułożonych w ziemi wydłużenie liniowe jest niewielkie ze względu na stałą temperaturę otoczenia jaka panuje w gruncie poniżej strefy przemarzania. Ewentualne zmiany długości są kompensowane przez połączenia kielichowe rur i kształtek.

Dla rur niezaizolowanych termicznie ułożonych na estakadach oraz rur, które przesyłają medium o znacznych różnicach temperatur, należy wyliczyć zmianę długości przewodu, dobrać rozmieszczenie punktów stałych i głębokości wcisku dla połączeń kielichowych, zapewniające kompensację. W przypadku dużych przyrostów długości można zastosować rury z wydłużonym kielichem.

3.9. Układanie rurociągów na podporach

Przy układaniu rur poza gruntem np. na estakadach lub ścianach należy uwzględnić temperaturę otoczenia i przepływającego medium pod kątem wydłużalności termicznej, niekorzystny wpływ promieniowania słonecznego oraz rozmieszczenie podpór przesuwnych i stałych (punkty stałe instalacji). Poniżej przedstawiono maksymalny rozstaw podpór dla rur PVC-U z podziałem na różne klasy ciśnienia nominalnego oraz różne temperatury. Przy różnych temperaturach medium i otoczenia, należy przyjąć temperaturę wyższą jako bardziej niekorzystną.

Maksymalny rozstaw podpór dla rur PVC-U

Tabela 5.

Średnica zewnętrzna D	PN 6		PN 10	
	20°C	40°C	20°C	40°C
[mm]				
16	-	-	0,80	0,70
20	-	-	0,90	0,80
25	-	-	0,95	0,85
32	-	-	1,05	0,90
40	-	-	1,20	1,10
50	-	-	1,40	1,30
63	-	-	1,50	1,40
90	1,50	1,50	1,50	1,50
110	1,50	1,50	2,00	1,50
160	2,00	2,00	2,00	2,00
200	2,00	2,00	2,00	2,00
225	2,00	2,00	3,00	2,00
250	3,00	2,00	3,00	3,00
280	3,00	3,00	3,00	3,00
315	3,00	3,00	3,00	3,00
400	3,00	3,00	3,00	3,00
500	3,00	3,00	3,00	3,00
630	4,00	4,00	4,00	4,00

3.10. Wytrzymałość rur poddanych obciążeniu

Zachowanie się rury poddanej obciążeniu zależy od tego, czy jest to rura sztywna czy elastyczna. W przypadku rur sztywnych, wszelkie obciążenia są przenoszone przez rurę samodzielnie i kiedy przekroczą one wartość krytyczną, rura pęka. W przeciwieństwie do rur sztywnych, rury elastyczne jakimi są rury PVC-U, uginają się pod obciążeniem bez pękania a ugięcia te mogą osiągać znaczne wartości. Wielkość ugięcia rury ułożonej w gruncie zależy od dwóch czynników: zagęszczenia gruntu wokół rury i sztywności obwodowej rury.

Metody obliczeń wytrzymałościowych rur elastycznych zakopanych w gruncie podaje norma PN-EN 1295-1:2002.

Przy doborze rury kierujemy się jej sztywnością obwodową (SN) i określamy wymagany stopień zagęszczenia gruntu przy którym ugięcie rury nie przekroczy wartości dopuszczalnej. Czynniki, które wywołują ugięcie rury to ciężar gruntu oraz obciążenia dynamiczne od przejeżdżających pojazdów.

W rurach ciśnieniowych, ciśnienie działające od środka rury przeciwdziała obciążeniu i uginaniu rury - ma więc korzystny wpływ na jej wytrzymałość. Niestety przy obliczeniach musimy brać pod uwagę najbardziej niekorzystne warunki jakie mogą wystąpić w czasie eksploatacji rurociągu. Takimi warunkami są: brak wody w rurociągu oraz wystąpienie podciśnienia na skutek uderzenia hydraulicznego. W wypadku gdy w systemie może dojść do wystąpienia podciśnień, w obliczeniach wytrzymałościowych, do obciążeń pochodzących od ciężaru gruntu i przejeżdżających pojazdów należy dodać wartość występującego podciśnienia.

Uwagi praktyczne: tereny gdzie układane są rury możemy podzielić na tereny zielone (nie występują obciążenia od pojazdów) oraz pasy drogowe. Z praktyki wynika, że przy układaniu rurociągów w terenach zielonych zgodnie z niniejszą instrukcją (roboty ziemne), możemy stosować bez obliczeń wytrzymałościowych rury o sztywności obwodowej minimum 4 kPa. W pasie drogowym możemy zrezygnować z obliczeń wytrzymałościowych przy zachowaniu następujących warunków:

- głębokość układania rur od 1 do 6 m (od poziomu terenu do wierzchu rury)
- roboty ziemne wykonane zgodnie z niniejszą instrukcją
- zastosowano rury o sztywności obwodowej minimum 8 kPa

Przy warunkach innych niż podano należy wykonać obliczenia wytrzymałościowe wg PN-EN 1295-1:2002.

Sztywności obwodowe (SN) poszczególnych rur podano w części „Asortyment produkcji” niniejszej instrukcji.

4. Roboty ziemne

4.1. Wykopy

Roboty ziemne należy wykonywać zgodnie z wytycznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych oraz przepisami BHP. Najczęściej stosowane są wykopy ciągle wąskoprzestrzenne o ścianach pionowych z rozpartym odeskowaniem. Jeżeli teren nie jest gęsto zabudowany i pozwala na to miejsce, można również stosować wykopy o skarpach skośnych, jednak nie głębsze niż do strefy przewodu, tj. 30 cm ponad wierzch rury.

Strefa przewodu rury powinna być wykonana jak wykop wąskoprzestrzenny ze szczelnym odeskowaniem. Niedopuszczalne jest zastosowanie w strefie przewodu wykopów szerokoprzestrzennych, ponieważ nie jest wówczas w praktyce możliwe uzyskanie dobrego zagęszczenia gruntu w strefie przewodu.

Wybór rodzaju wykopu oraz konieczność zabezpieczenia ścian są uzależnione od głębokości wykopu, występowania i poziomu wód gruntowych, spoistości i rodzaju gruntu oraz lokalnego ruchu komunikacyjnego.

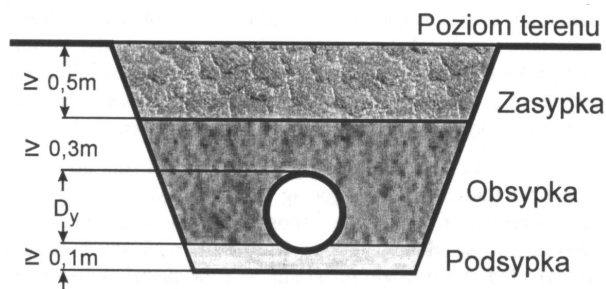
Głębokość wykopu wynika z projektu. Przy wykonywaniu wykopu koparką nie należy dopuszczać do przekraczania projektowanej głębokości, szczególnie jeżeli nie ma konieczności wykonywania podsypki. Jeżeli istnieje konieczność wykonania podsypki (nośność podłoża jest niewystarczająca lub występują kamienie), to wówczas wykop wykonujemy o 0,2 m głębszy od projektowanego.

Szerokość wykopu powinna zapewnić odpowiednią ilość miejsca do prac montażowych oraz zagęszczania obsypki. Dla średnic rur do 315 mm włącznie stosuje się odległość 20 cm pomiędzy ścianą wykopu a boczną ścianką rury, dla średnic większych odległość ta powinna wynosić 30 cm.

Z wydobytego z wykopu urobku, jeżeli jest to możliwe, należy przygotować odpowiedni rodzaj gruntu zarówno na podłoże (jeżeli będzie zmieniane), jak i na wypełnienia boczne i wstępną zasypkę (grunt na strefę przewodu). Odpowiednim materiałem jest gruboziarnisty, luźny i przepuszczalny piasek, żwir i grunt o luźnej konsystencji. Urobek wydobyty z wykopu przygotowywany do zasypki w strefie przewodu nie powinien zawierać kamieni, głazów, krzemieni z ostrymi krawędziami, brył gliny, wapna oraz zmarzniętej ziemi. Należy również wyeliminować ziemię skażoną oraz wszelkie materiały organiczne. Jeżeli z wydobytego urobku nie możemy wykorzystać gruntu, to właściwy materiał należy sprowadzić z innego terenu.

Kiedy grunt jest słabonośny lub bardzo miękki, należy wykonać wzmocnienie dna wykopu. W tym celu można wykorzystać konstrukcje drewniane, beton zbrojony lub materiały geotekstylne.

Uwaga: nie wolno układać rur PVC-U bezpośrednio na ławach betonowych lub zalewać ich betonem.



Rys. 9. Przekrój wykopu

4.2. Podsyпка

Na dnie wykopu należy równo, na całej szerokości rozgarnąć warstwę podsypki o grubości około 10 cm z niezmrożonego materiału o ziarnistości poniżej 20 mm nie zawierającego ostrych kamieni lub innego łamanego materiału. Na podsypkę nie nadają się grunty plastyczne (gliny, ropy), piaski pyliste i grunty o małej nośności (muły, torfy).

Jeżeli lokalny grunt spełnia te wymagania, to nie ma potrzeby stosowania podsypki. Podsypki nie wolno zagęszczać.

4.3. Obsypka

Obsypkę należy wykonywać warstwami o grubości 10-30 cm do wysokości co najmniej 30 cm powyżej wierzchu rury. Pierwsza warstwa obsypki powinna być starannie rozprowadzona po obu stronach rury ze zwróceniem uwagi na dokładne wypełnienie przestrzeni w okolicach styku z podsypką. Przy zagęszczaniu tej warstwy należy uważać, aby nie spowodować podniesienia lub przesunięcia się rury. Materiał stosowany do obsypki musi spełniać te same wymagania co materiał na podsypkę. Jeżeli grunt rodzimy spełnia te wymagania, to może on być zastosowany do wykonania obsypki. Stopień zagęszczenia obsypki określa projekt. Obsypka rurociągów układanych pod drogami powinna być zagęszczona do 95% zmodyfikowanej wartości Proctora.

4.4. Zasyпка

Pozostała przestrzeń wykopu powinna być wypełniona do poziomu terenu lub określonej w projekcie rzędnej, w taki sposób i takim materiałem, które zapewnią odpowiednią nośność dla zakładanych obciążeń użytkowych (drogi, chodniki itp.). W wielu przypadkach do wykonania zasyпки można użyć gruntu rodzimego o ile nie zawiera on elementów o rozmiarach powyżej 300 mm (np. kamieni). W terenach zielonych zagęszczanie zasyпки nie jest konieczne.

Sposoby zagęszczania gruntu

Tabela 6.

Rodzaj sprzętu	Masa własna sprzętu [kg]	Max. grubość warstwy przed zagęszczaniem [m]		Minimalna grubość warstwy ochronnej nad rurą [m]	ilość cykli (przejazdów) przy zagęszczeniu do:	
		żwir, piasek	ił, glina, mułk		85 % zmod. wartości Proctora	90 % zmod. wartości Proctora
gęste udeptywanie	-	0,10	-	-	1	3
ręczne ubijanie	min 15	0,15	0,10	0,30	1	3
ubijak wibracyjny	50 - 100	0,30	0,20 - 0,25	0,50	1	3
wibrator płytowy o rozdzielnej płycie	50 - 100	0,20	-	0,50	1	4
wibrator płytowy (płaszczyznowy)	50 - 100	0,15	-	0,50	1	4
	100 - 200	0,20	-	0,40	1	4
	400 - 600	0,40	0,20	0,80	1	4

5. Prace montażowe

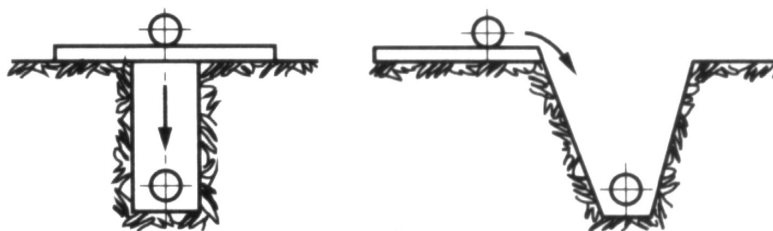
Przewody z rur PVC-U można układać przy temperaturze powietrza od 0° do +30°C. Przy temperaturze zbliżonej do 0° C, ze względu na kruchość PVC-U, należy zachować szczególną ostrożność.

Zmiany kierunku prowadzenia przewodów należy realizować poprzez zastosowanie odpowiednich kształtek - łuków. Niedozwolone jest formowanie łuków na gorąco na budowie. Dopuszcza się zginanie na zimno rur o średnicach do 160 mm i długości 6 m w taki sposób, aby promień krzywizny formowanego łuku nie był mniejszy niż 300 zewnętrznych średnic zginanej rury. Rury o średnicach większych niż 160 mm należy traktować jako sztywne i do zmiany kierunku należy stosować odpowiednie łuki. Ugięcie w złączu nie może przekraczać 1°. Ugięcie większe może wpłynąć na szczelność złącza.

5.1. Montaż na powierzchni terenu

Metoda montażu rurociągu na powierzchni terenu przed jego opuszczeniem na dno wykopu jest stosowana wyłącznie przy wykopach wąskoprzestrzennych bez obudowy ścian i bez poprzecznych rozpór. Ma zastosowanie dla rur o średnicy do 280 mm

Montaż rurociągu odbywa się na podkładach drewnianych, ułożonych na poboczu wykopu, względnie na pomostach drewnianych nad wykopem.



Rys. 10. Montaż rurociągu nad wykopem i obok wykopu.

Przy stosowaniu armatury i kształtek z żeliwa na węzłach rurociągu z PVC-U, węzły buduje się bezpośrednio w wykopie, a długość opuszczanego odcinka rurociągu związana jest z odległością między węzłami. Opuszczanie całych rurociągów do wykopu powinno być prowadzone na przygotowane i wyrównane podłoże. Opuszczenie na dno wykopu z pomostów lub z brzegu wykopu powinno następować stopniowo wzdłuż wykopu.

Przy opuszczaniu przewodu na dno wykopu należy zwrócić uwagę na widoczność oznakowania granicy wsunięcia bosych końców rur w kielichy, gdyż istnieje niebezpieczeństwo wysunięcia się z kielichów i rozłączenia przewodu. Oznaczenia te powinny być umieszczone na górnej powierzchni ułożonej rury.

Opuszczanie całych rurociągów do wykopu jest uwarunkowane utrzymaniem się w granicach dopuszczalnej strzałki ugięcia z uwagi na wytrzymałość rur.

Dopuszczalne wartości strzałki ugięcia przewodu z rur PVC-U

Tabela 7.

Średnica zewnętrzna rur w mm	Długość przewodu w [m]							
	6	12	18	24	30	36	48	60
	Wartość strzałki w [m]							
63	0,24	0,95	2,14	3,91	5,95	8,57	15,2	23,8
90	0,17	0,68	1,50	2,66	4,17	6,00	10,6	16,6
110	0,14	0,55	1,23	2,18	3,41	4,91	8,73	13,6
160	0,09	0,38	0,84	1,50	2,34	3,38	6,00	9,40
225	0,07	0,27	0,60	1,07	1,67	2,40	4,27	6,67
250	0,06	0,24	0,55	0,97	1,52	2,18	3,88	6,07
280	0,05	0,21	0,48	0,86	1,34	1,92	3,41	5,35
315	0,04	0,19	0,43	0,76	1,19	1,71	3,05	4,76
450	0,03	0,13	0,30	0,53	0,83	1,20	2,14	3,34

5.2. Montaż na dnie wykopu

Jeżeli nie ma możliwości montowania rur nad wykopem, prace montażowe wykonujemy na dnie wykopu. Wstępnie rozmieszczamy rury na dnie wykopu. Następnie wykonujemy kolejne złącza, przy czym rura do której kielicha jest wciskany bosy koniec następnej rury, powinna być uprzednio zastabilizowana przez wykonanie obsypki - warstwy ochronnej na wysokość 30 cm ponad wierzch rury z wyłączeniem strefy połączenia.

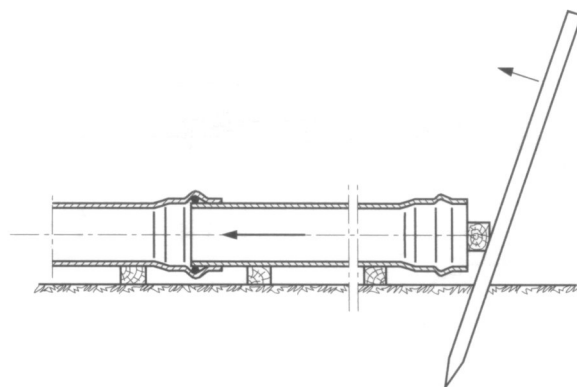
Osie łączonych odcinków rur muszą się znajdować na jednej prostej. Warstwa obsypki stabilizująca przewód powinna być starannie ubita z obu stron przewodu z zachowaniem ostrożności przy zagęszczaniu gruntu nad przewodem.

Złącza rur i kształtek powinny pozostać odkryte aż do czasu przeprowadzenia próby ciśnieniowej.

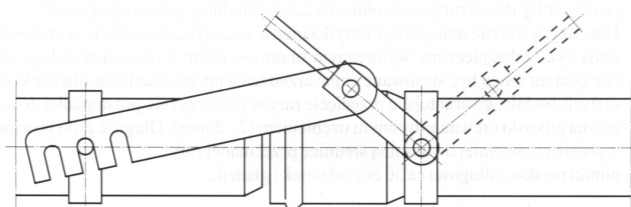
5.3. Wykonanie połączenia kielichowego.

Połączenia dokonuje się przez wprowadzenie bosego końca jednej rury lub kształtki do wnętrza kielicha drugiej rury lub kształtki. Wewnątrz kielicha na całym jego obwodzie znajduje się wgłębienie, w którym umieszczany jest gumowy pierścień uszczelniający o specjalnym przekroju (uszczelka wargowa wykonana z gumy typu EPDM).

Należy zwrócić szczególną uwagę na czystość wgłębienia kielicha oraz ścisłość przylegania pierścienia do wgłębienia. Przed przystąpieniem do wcisku bosego końca w kielich rury z założoną uszczelką, bosy koniec rury można posmarować cienko środkiem antyadhezyjnym. Wprowadzenie bosego końca rury PVC-U do kielicha może być wykonane za pomocą specjalnego urządzenia wciskowego, względnie przez zastosowanie ręcznej dźwigni. Przy zastosowaniu dźwigni ręcznej, żerdź pełniącą rolę dźwigni, względnie drążek stalowy wbity na głębokość 30 cm winien opierać się o kielich rury PVC-U za pośrednictwem poduszki z kantówki drzewa twardego.



Rys. 11. Sposób wykonania wcisku przy pomocy dźwigni ręcznej



Rys. 12. Urządzenie do wykonywania połączeń wciskowych

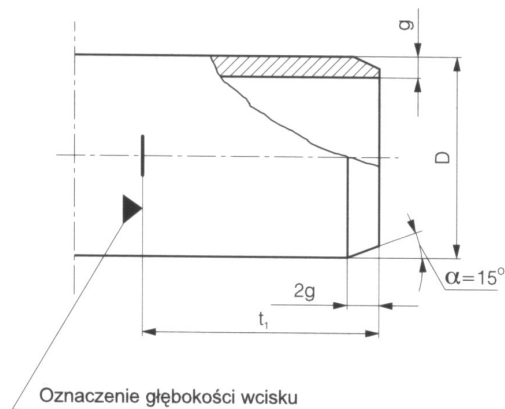
Bosy koniec rury PVC-U, powinien posiadać znak określający głębokość wcisku do kielicha. Jeżeli rura nie posiada takiego oznaczenia, należy wykonać je przed przystąpieniem do montażu.

Wymiary do oznaczenia głębokości wcisku bosego końca rur

Tabela 8.

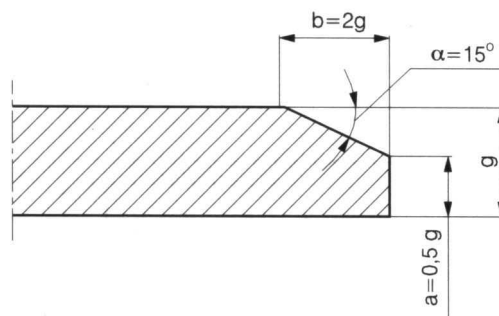
Wymiary w mm

Średnica	90	110	160	225	280	315	400	450	500	630
Głębokość wcisku kielich normalny	115	120	140	200	240	240	280	320	350	350
Głębokość wcisku kielich wydłużony	175	175	200	250	250	250	250	300	300	300

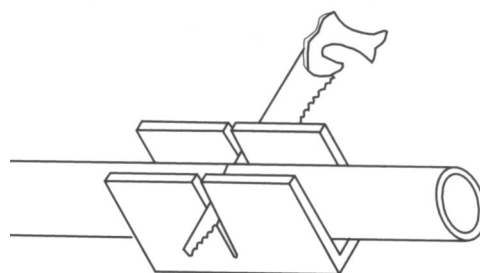


Rys. 13. Oznaczanie głębokości wcisku na bosym końcu rury

Niekiedy zachodzi konieczność skrócenia rury do wymaganej długości. Cięcie poprzeczne rury PVC-U powinno być wykonane w płaszczyźnie prostopadłej do osi rury. Przyrządem ułatwiającą tę operację jest drewniane korytko, o wielkości dostosowanej do średnicy rury. Przyciętą rurę należy zfazować według poniższego rysunku.



Rys. 14. Przekrój zukosowanej ścianki rury



Rys. 15. Korytko ułatwiające cięcie poprzeczne rur



POLSKIE NIEZAWODNE SYSTEMY



Przedsiębiorstwo
Barbara Kaczmarek Sp.J.
MALEWO 2; 63-800 Gostyń
tel. (+48 65) 57 23 555
fax (+48 65) 57 23 530
www.kaczmarek2.pl
e-mail: sekretariat@kaczmarek2.pl