Materiały techniczne do projektowania rurociągów z polietylenu

ZiNPLAST®

MATERIAŁY TECHNICZNE DO PROJEKTOWANIA RUROCIĄGÓW Z POLIETYLENU

Bez sprawnie działających sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i gazowych nie może być mowy o rozwoju przemysłu, rolnictwa, o właściwym poziomie sanitarnym miast i wsi, o higienie życia osobistego, o sprawnie działających szpitalach, sanatoriach itd. Jednym słowem, bez współczesnych sieci i instalacji cofamy się do okresu średniowiecza. Decydujący wpływ na stan nowej infrastruktury mają projektanci, inwestorzy, wykonawcy i użytkownicy, i do Was kierujemy poniższe opracowanie.

Jednostka autorska:
Dział Badań i Rozwoju
firmy ZiNPLAST

Opiniowanie:
prof. dr hab. inż. Karol Kuś
Kierownik Zakładu Wodociągów i Kanalizacji
Politechniki Śląskiej

ZiNPLAST

WARSZAWA
WOLBROM
KATOWICE
KRAKÓW
ZiNPLAST
CZĘSTOCHOWA
KIELCE
JĘDRZEJÓW
ZAWIERCIE
WOLBROM
KATOWICE
MIECHÓW
KRAKÓW
BIELSKO-BIAŁA

SPIS TREŚCI

ZiNPLAST

CZĘŚĆ I INFORMACJE OGÓLNE

WPROWADZENIE 9

1. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁOWA 10
   - 1.1. Własności mechaniczne 10
   - 1.2. Wskaźnik płynięcia materiału 10
   - 1.3. Odporność chemiczna 10
   - 1.4. Odporność na czynniki atmosferyczne 12
   - 1.5. Odporność na działanie płomienia 13
   - 1.6. Odporność na ścieranie 13
2. GEOMETRIA RUR I ICH ZNAKOWANIE 13
   - 2.1. Sprawdzanie stanu powierzchni rur 18
   - 2.2. Transport i składowanie rur z PE 18
     - 2.2.1. Warunki ogólne 18
     - 2.2.2. Składowanie 19
     - 2.2.3. Transport 19
3. METODY ŁĄCZENIA RUR I KSZTAŁTEK Z PE 20
   - 3.1. Zgrzewanie czołowe 20
     - 3.1.1. Zasady ogólne 20
     - 3.1.2. Procedura zgrzewania czołowego 25
     - 3.1.3. Kontrola jakości połączeń 27
   - 3.2. Zgrzewanie elektrooporowe 28
     - 3.2.1 Zasady ogólne 28
     - 3.2.2. Przygotowanie elementów do zgrzewania 29
     - 3.2.3. Sprzęt do zgrzewania elektrooporowego 29
     - 3.2.4. Procedura zgrzewania elektrooporowego 30
     - 3.2.5. Kontrola jakości połączeń 30
     - 3.2.6. Porady dla zgrzewaczy 30
4. ZASTOSOWANIE 31
   - 4.1. Charakterystyka ogólna 31
   - 4.2. Rodzaje instalacji z rur PE 31
   - 4.3. Typy i asortyment rur 32
   - 4.4. Nowe kierunki w rozwiązaniach technicznych 33
   - 4.5. Studzienki oraz przejścia szczelne sieci kanalizacyjnej 35
     - 4.5.1. Obliczenia wyporu studni w gruncie nawodnionym 35
     - 4.5.2. Przejścia szczelne 36

CZĘŚĆ II PODSTAWOWE ZASADY PROJEKTOWANIA

WARUNKI WYJŚCIOWE 43

1. SIEĆ WODOCIĄGOWA 43
   - 1.1. Obliczenia hydrauliczne 43
   - 1.2. Wydłużenie liniowe przewodów z rur PE 44
   - 1.3. Instalacje zewnętrzne - układanie przewodów w ziemi 46
     - 1.3.1. Wytrzymałość rurociągu na obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne 46
     - 1.3.2. Ogólna charakterystyka pracy rur ciśnieniowych zagłębionych w gruncie 46
     - 1.3.3. Metoda obliczeń 46
     - 1.3.4. Obliczanie naprężeń i odkształceń 50
2. SIEĆ KANALIZACYJNA 54
   - 2.1. Minimalne spadki kanałów 54
   - 2.2. Obliczenia hydrauliczne kanałów 56
   - 2.3. Obliczenia naprężeń i odkształceń 60
     - 2.3.1. Obciążenia 60
     - 2.3.2. Sprawdzenie stanów granicznych 62
   - 2.4. Przykład obliczeń wytrzymałościowych 64

2.4.1. Podstawa opracowania 64
2.4.2. Przedmiot opracowania 64
2.4.3. Obliczenia hydrauliczne 64
2.4.4. Materiał do budowy kanału 66
2.4.5. Obliczenia statyczne 66
WARTOŚCI SZTYWNOŚCI RUR 74
CZĘŚĆ III WYTYCZNE WYKONANIA I ODBIORU 75
1. ROBOTY ZIEMNE - WYKOPY, ODWODNIENIE I ZASYPKA 75
2. ZASYPKA RUROCIĄGU I ZAGĘSZCZENIE GRUNTU 75
3. UKŁADANIE PRZEWODU 76
3.1. Warunki ogólne 76
3.2. Przygotowanie podłoża 77
3.3. Próby szczelności rurociągu 77
4. WYMAGANIA I BADANIA W ZAKRESIE SZCZELNOŚCI PRZEWODU 78
4.1. Wymagania 78
4.2. Badania wg PN 81/B-10725 79
4.2.1. Rodzaje badań 79
4.2.2. Wybór rodzaju badań 79
4.2.3. Warunki przystąpienia do badań 79
4.2.3.1. Przyrządy do badania szczelności próbą hydrauliczną 79
4.2.3.2. Wyposażenie i przyrządy do badania szczelności odcinka przewodu próbą pneumatyczną oraz do sprawdzenia szczelności połączeń spawanych 79
4.2.3.3. Zmniejszenie wpływu temperatury na wynik 80
4.2.3.4. Stan odcinka przewodu 80
4.2.3.5. Zapewnienie warunków bhp 81
4.2.3.6. Ciśnienie próbne odcinka przewodu 81
4.2.3.7. Ciśnienie próbne całego przewodu 82
4.2.4. Opis badań 82
4.2.4.1. Badanie szczelności odcinków przewodu próbą hydrauliczną 82
4.2.4.2. Badanie szczelności odcinka przewodu próbą pneumatyczną 83
4.2.4.3. Badania szczelności całego przewodu 84
4.2.5. Zapisywanie i ocena wyników badań - wg PN-81/B-10725 85
5. WYMAGANIA I BADANIA PRZY ODBIORZE KOŃCOWYM 85
5.1. Wymagania 85
5.1.1. Dokumentacja dla odbioru technicznego końcowego powinna zawierać dokument wg PN-81/B-10725 86
5.1.2. Szczelność całego przewodu - wg 4.1. 86
5.2. Badania 86
5.2.1. Rodzaje badań 86
5.2.2. Opis badań 86
5.2.2.1. Badanie dokumentacji polega na sprawdzeniu protokołów badań przeprowadzonych przy odbiorach technicznych częściowych 86
5.2.3. Zapisywanie i ocena wyników badań - wg PN-81/B-10725 86
6. PŁUKANIE I DEZYNFEKCJA 86
6.1. Odbiór robót 87
NORMY ZWIĄZANE 89
LITERATURA 90

WPROWADZENIE

Zgodnie z aktualnymi tendencjami światowymi, również w Polsce coraz częściej stosowanym materiałem, żeby nie powiedzieć dominującym, w budowie sieci rozdzielczych gazu, wody, kanalizacji, jak również wielu instalacji przemysłowych czy rolniczych, staje się polietylen. Współczesne sieci to obiekty bardzo kosztowne, zarówno w inwestycjach, jak i w eksploatacji. W ogólnym koszcie wyposażenia przedsiębiorstw wodociągowych, sieci wodociągowe stanowią około 60–90% całego majątku, a koszty budowy instalacji w zakładach przemysłowych wahają się od około 20 do 65%. Są to instalacje bardzo kosztowne, stąd konieczna jest znajomość relacji między techniką i energooszczędną eksploatacją przy zachowaniu wysokiej niezawodności.

Szanowni Państwo, dokonujące się w Polsce przemiany polityczne, społeczne, a szczególnie ekonomiczne wywierają decydujący wpływ także na projektowanie i wykonawstwo obiektów technicznych. Ten stan rzeczy prowadzi do rewizji i radykalnych zmian dotyczących metod i zasad również w inżynierii. Obecna światowa produkcja tworzyw sztucznych mierzona objętością przewyższa światową produkcję czterech podstawowych metali (Fe, Al, Cu, Zn). Tworzywa sztuczne charakteryzują się wyższą odpornością na korozję, w tym również mikrobiologiczną, w porównaniu z większością tradycyjnych materiałów.

Firma ZiNPLAST oferuje Państwu nowoczesne systemy rurowe z polietylenu w zakresie średnic od ∅ 16 mm do ∅ 710 mm z surowców klasy PE 80, jak również z nowej generacji tworzywa, jakim jest polietylen klasy PE 100.

Firma nasza istnieje na rynku od 1990 roku. Obserwując rosnące zapotrzebowanie na nasze rury w 1995 roku firma jako pierwsza w kraju wyprodukowała rury ∅ 630 i ∅ 710 mm z polietylenu przeznaczone do budowy sieci kanalizacyjnej, wodociągowej oraz gazowej. Rury polietylenowe skutecznie wypierają stosowane do tej pory rury kamionkowe, żeliwne, betonowe, żelbetowe i stalowe, a nawet z PVC, z powodu wielu swych zalet, takich jak:

– całkowita obojętność fizjologiczna i ekologiczna
– długi okres eksploatacji ~100 lat
– doskonała szczelność
– odporność na uszkodzenie w wyniku zamarznięcia
– odporność na korozję, związki chemiczne
– brak zjawiska zarastania
– odporność na prądy błądzące
– duża wytrzymałość mechaniczna
– duża elastyczność
– małe opory hydrauliczne
– proste, niezawodne i relatywnie tanie techniki łączenia rur
– duża odporność na ścieranie.

Powyższe cechy polietylenu wpływają na obniżenie kosztów budowy oraz eksploatacji. Wpływają również na obniżenie strat transportowego medium oraz wzrost zadowolenia odbiorców. Nasi odbiorcy mają okazję zakupu i zastosowania wysokiej jakości rur w najszerszym asortymencie.

Stosując rury polietylenowe pozostaniecie Państwo w zgodzie ze środowiskiem naturalnym, przy jednoczesnym zastosowaniu najnowszych rozwiązań technologicznych.

1. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁOWA

Podstawowe wymagania dla materiałów polietylenowych przeznaczonych do produkcji rur wodociągowych czy kanalizacyjnych określa norma ISO 4427, gazowych ISO 4437 i Aprobaty Techniczne.

Firma ZiNPLAST stosuje do produkcji rur polietylen dużej gęstości (PE-HD) lub średniej gęstości /PE-MD/, wytwarzany metodą nisko- lub średniociśnieniową. Minimalna gęstość materiału bazowego do produkcji rur wynosi 930 kg/m^3.

1.1. Własności mechaniczne

Własności mechaniczne określane są klasą materiału. Materiał na rury PE dzieli się na dwie klasy:

Klasa PE	MRS [MPa]
80	8,0
100	10,0

MRS – minimalna żądana wytrzymałość materiału. Określa się ją na podstawie długotrwałych badań odporności na ciśnienie wewnętrzne w podwyższonych temperaturach, przy zastosowaniu metody ekstrapolacji wyników dla temperatury 20°C.

MRS 8,0 oznacza, że rury polietylenowe po 50 latach użytkowania w temperaturze +20°C powinny bezpiecznie przenieść naprężenia obwodowe wynoszące 8,0 MPa. Rury polietylenowe w trakcie oznaczania ich cech wytrzymałościowych przy statycznym rozciąganiu powinny charakteryzować się granicą plastyczności ≥ 15 MPa i wydłużeniem względnym do zerwania ≥ 350% (w rzeczywistości ~800%).

1.2. Wskaźnik płynięcia materiału

Kolejnym parametrem określającym przydatność surowca polietylenowego do produkcji rur jest wskaźnik płynięcia materiału MFI 190/5 (Melt Flow Index). Jest to ilość polietylenu w cylindrze pod obciążeniem 5 kg, która ogrzana do temperatury 190°C wypłynie przez dyszę o określonych wymiarach w ciągu 10 minut.

Wskaźnik ten decyduje również o zgrzewalności rur. Powinien on być zawarty w jednej z dwóch grup:

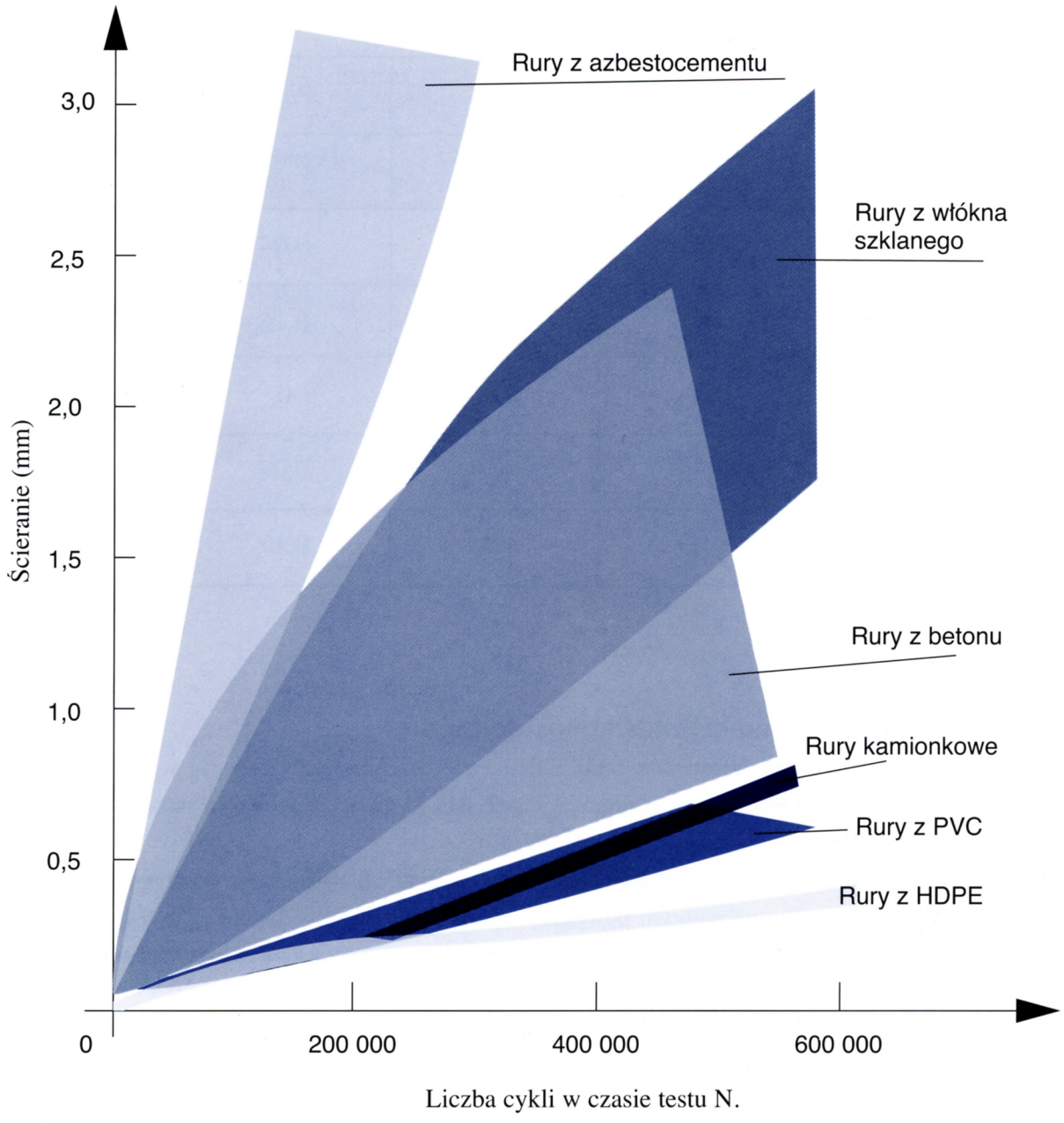
– grupa 005 MFI 190/5 = 0,4 do 0,7 g/10 min
– grupa 010 MFI 190/5 = 0,7 do 1,3 g/10 min

Sposób określania tego wskaźnika zawarty jest w PN–80/C–89069 „Tworzywa sztuczne. Oznaczenia szybkości płynięcia tworzyw termoplastycznych" i ISO 150 11 33.

1.3. Odporność chemiczna

Polietyleny stosowane do produkcji rur ze względu na swoją strukturę posiadają wysoką odporność

na chemikalia różnego rodzaju i składu. Są one odporne między innymi na działanie rozcieńczonych kwasów, ługów i soli. Są odporne także na działanie składników gazu i produktów naftowych, organicznych środków nawadniających itp. Zmiany wilgotności środowiska nie mają wpływu na własności tworzywa.



Rys. 1. Odporność na ścieranie

Tabela 1. Stopień zużycia bryły w przeliczeniu na utratę grubości

Stopień zużycia [mm]				
Materiał	Piasek gruboziarnisty		Piasek drobnoziarnisty	
	Przepływ 2 m/s	Przepływ 4,5 m/s	Przepływ 2 m/s	Przepływ 4,5 m/s
Stal	0,65	1,81	0,04	0,02
Aluminium	1,81	7,48	0,14	0,86
Polietylen HD	0,06	0,46	0	0,06
ABS	0,36	2,07	0,07	0,51
Akryl	0,99	4,10	0,17	1,42

1.4. Odporność na czynniki atmosferyczne

Do czynników, które negatywnie oddziałują na polietylen możemy zaliczyć wysoką temperaturę i UV. Polietyleny są stabilizowane przez dodatek sadzy (<2,5% wagowo) i stabilizatorów zabezpieczających je przed zmianami starzeniowymi.

Wyniki badań prowadzonych przez producentów zachodnich świadczą, że po przeszło dwudziestoletnim przechowywaniu na wolnym powietrzu rur PE stabilizowanych sadzą nie występują istotne zmiany ich właściwości wytrzymałościowych. Wyniki te zostały potwierdzone badaniami polskich instytutów na rurach wyprodukowanych na początku lat siedemdziesiątych.

Polietyleny żółte i niebieskie posiadają również odpowiednie zabezpieczenie przed promieniowaniem UV. Okres składowania wykonanych z nich rur nie powinien przekraczać w Polsce jednego roku (rur czarnych – dwóch lat).

Rurociągi polietylenowe ułożone w ziemi nie są narażone na działanie podwyższonych temperatur. Może ono wystąpić jedynie w strefach nadziemnych przekroczeń przeszkód terenowych oraz przy zbliżeniu do sieci ciepłowniczych. W tych przypadkach konieczne jest stosowanie izolacji termicznej i rur ochronnych.

1.5. Odporność na działanie płomienia

Polietylen jest materiałem trudno palnym, zapala się pod wpływem płomienia, pali się słabo świecącym płomieniem i ściekającymi kroplami. Ta cecha polietylenu eliminuje zastosowanie rur PE w wewnętrznych instalacjach gazowych.

1.6. Odporność na ścieranie

W latach 80. przeprowadzono szereg badań wytrzymałościowych i sprawdzających jakość różnych materiałów. Okazało się, że polietylen używany do budowy sieci zewnętrznych wodnych, kanalizacyjnych i gazowych posiada największą odporność na ścieranie. Przedstawione jest to na rysunku 1. Wartości utraty grubości ścianki przedstawiono w tabeli 1.

2. GEOMETRIA RUR I ICH ZNAKOWANIE

Wymiary średnic i grubości ścianek rur wraz z dopuszczalnymi odchyłkami muszą być zgodne z normą ISO 3607 oraz Aprobatami Technicznymi: AT IGNiN nr/05-013/96, AT 196-01-003 dla PE 80 i AT 196-01-007 dla PE 100. Pomiary wykonuje się zgodnie z normą ISO 3126 przy użyciu circometru. Maksymalne, dopuszczalne odchyłki pomiędzy wymiarami zmierzonymi w dowolnym miejscu rury powinny się mieścić w granicach określonych w tabelach 2, 3, 4.

Dopuszcza się tylko dodatnie odchyłki zarówno średnic zewnętrznych, jak i grubości ścianki. Owalizacja, czyli stosunek największej zmierzonej średnicy zewnętrznej rur do jej średnicy minimalnej, powinna być zgodna z obowiązującymi przepisami. Norma AT podaje konkretne dopuszczalne wartości owalizacji.

Dla celów praktycznych COBRTI INSTAL zaleca, zgodnie z normą, stosowanie następujących kryteriów dotyczących największej dopuszczalnej owalizacji rur PE:

- $d_{max} / d_{min} \leq 1{,}06$
- $d_{max} / d_{min} < 1{,}02$

Rury polietylenowe do rozprowadzania gazu, wody i kanalizacji są oznakowane w sposób trwały, w kolorach kontrastujących z kolorem tła, w odstępach około 1 metra. Głębokość tłoczenia napisów na rurach nie powinna przekraczać 0,1 mm dla średnic do 110 mm i 0,2 mm dla rur o większych średnicach.

Oznakowanie powinno zawierać następujące informacje:

a) Rury do gazu:

- nazwa producenta
- numer aprobaty technicznej
- słowo GAZ
- klasa polietylenu
- średnica × grubość ścianki
- oznaczenie szeregu wymiarowego
- data produkcji, numer maszyny

Tabela 2. **AT/96-01-0003**

Wymiary rur z polietylenu klasy PE 80 (I część)

RURY POLIETYLENOWE PE 80							
		SDR 33 (PN 3.2)		SDR 26 (PN 4)		SDR 21 (PN 6)	
Średnica zew. [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]
16	+ 0,3	–	–	–	–	–	–
20	+ 0,3	–	–	–	–	–	–
25	+ 0,3	–	–	–	–	–	–
32	+ 0,3	–	–	–	–	–	–
40	+ 0,4	–	–	–	–	2,3	+ 0,5
50	+ 0,5	–	–	2,3	+ 0,5	2,4	+ 0,5
63	+ 0,6	–	–	2,4	+ 0,5	3,0	+ 0,5
75	+ 0,7	2,3	+ 0,5	2,9	+ 0,5	3,6	+ 0,6
90	+ 0,9	2,8	+ 0,5	3,5	+ 0,6	4,3	+ 0,7
110	+ 1,0	3,4	+ 0,6	4,3	+ 0,7	5,3	+ 0,8
125	+ 1,2	3,9	+ 0,6	4,8	+ 0,7	6,0	+ 0,8
140	+ 1,3	4,3	+ 0,7	5,4	+ 0,8	6,7	+ 0,9
160	+ 1,5	4,9	+ 0,7	6,2	+ 0,9	7,7	+ 1,0
180	+ 1,7	5,5	+ 0,8	6,9	+ 0,9	8,6	+ 1,1
200	+ 1,8	6,2	+ 0,9	7,7	+ 1,0	9,6	+ 1,2
225	+ 2,1	6,9	+ 0,9	8,6	+ 1,1	10,8	+ 1,3
250	+ 2,3	7,7	+ 1,0	9,6	+ 1,2	11,9	+ 1,4
280	+ 2,6	8,6	+ 1,1	10,7	+ 1,3	13,4	+ 1,6
315	+ 2,9	9,7	+ 1,2	12,1	+ 1,5	15,0	+ 1,7
355	+ 3,2	10,9	+ 1,3	13,6	+ 1,6	16,9	+ 1,9
400	+ 3,6	12,3	+ 2,1	15,3	+ 2,5	19,1	+ 3,1
450	+ 4,1	13,8	+ 2,3	17,2	+ 2,8	21,5	+ 3,5
500	+ 4,5	15,3	+ 2,5	19,1	+ 3,1	23,9	+ 3,8
560	+ 5,1	17,2	+ 2,8	21,4	+ 3,5	26,7	+ 4,3
630	+ 5,7	19,3	+ 3,1	24,1	+ 3,9	30,0	+ 4,7
710	+ 6,4	21,8	+ 3,5	27,2	+ 4,3	33,9	+ 5,3

Tabela 3. **AT/96-01-0003**

Wymiary rur z polietylenu klasy PE 80 (II część)

RURY POLIETYLENOWE PE 80									
		SDR 17,6 (PN 6)		SDR 13.6 (PN 10)		SDR 11 (PN 12.5)		SDR 9 (PN 16)	
Średnica zew. [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]
16	+ 0,3	–	–	–	–	2,3	+ 0,5	2,3	+ 0,5
20	+ 0,3	–	–	–	–	2,3	+ 0,5	2,3	+ 0,5
25	+ 0,3	–	–	–	–	2,3	+ 0,5	2,8	+ 0,5
32	+ 0,3	–	–	–	–	2,9	+ 0,5	3,6	+ 0,6
40	+ 0,4	2,3	+ 0,5	–	–	3,7	+ 0,6	4,5	+ 0,7
50	+ 0,5	2,9	+ 0,5	–	–	4,6	+ 0,7	5,6	+ 0,8
63	+ 0,6	3,6	+ 0,6	4,7	+ 0,7	5,8	+ 0,8	7,1	+ 1,0
75	+ 0,7	4,3	+ 0,7	5,5	+ 0,8	6,8	+ 0,9	8,4	+ 1,1
90	+ 0,9	5,2	+ 0,8	6,6	+ 0,9	8,2	+ 1,1	10,1	+ 1,3
110	+ 1,0	6,3	+ 0,9	8,1	+ 1,1	10,0	+ 1,2	12,3	+ 1,5
125	+ 1,2	7,1	+ 1,0	9,2	+ 1,2	11,4	+ 1,4	14,0	+ 1,6
140	+ 1,3	8,0	+ 1,0	10,3	+ 1,3	12,7	+ 1,5	15,7	+ 1,8
160	+ 1,5	9,1	+ 1,2	11,8	+ 1,4	14,6	+ 1,7	17,9	+ 2,0
180	+ 1,7	10,3	+ 1,3	13,3	+ 1,6	16,4	+ 1,9	20,1	+ 2,3
200	+ 1,8	11,4	+ 1,4	14,7	+ 1,7	18,2	+ 2,1	22,4	+ 2,5
225	+ 2,1	12,8	+ 1,5	16,6	+ 1,9	20,5	+ 2,3	25,1	+ 2,8
250	+ 2,3	14,2	+ 1,7	18,4	+ 2,1	22,7	+ 2,5	27,9	+ 3,0
280	+ 2,6	15,9	+ 1,8	20,6	+ 2,3	25,4	+ 2,8	31,3	+ 3,4
315	+ 2,9	17,9	+ 2,0	23,2	+ 2,6	28,6	+ 3,1	35,2	+ 3,8
355	+ 3,2	20,2	+ 2,3	26,1	+ 2,9	32,2	+ 3,5	39,7	+ 4,2
400	+ 3,6	22,7	+ 3,7	29,4	+ 4,7	36,3	+ 5,7	44,7	+ 7,0
450	+ 4,1	25,5	+ 4,1	33,1	+ 5,2	40,9	+ 6,4	50,3	+ 7,8
500	+ 4,5	28,3	+ 4,5	36,8	+ 5,8	45,4	+ 7,1	55,8	+ 8,6
560	+ 5,1	31,7	+ 5,0	41,2	+ 6,4	50,8	+ 7,9	–	–
630	+ 5,7	35,7	+ 5,6	46,3	+ 7,2	57,2	+ 8,8	–	–
710	+ 6,4	40,2	+ 6,3	52,2	+ 8,1	–	–	–	–

Tabela 4. **AT/96-01-0007**

Wymiary rur z polietylenu klasy PE 100

RURY POLIETYLENOWE PE 100							
		SDR 17 (PN 10)		SDR 13,6 (PN 1,5)		SDR 11 (PN 16)	
Średnica zew. [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]	Grubość ścianki [mm]	Odchyłka [mm]
16	+ 0,3	–	–	–	–	2,3	+ 0,5
20	+ 0,3	–	–	–	–	2,3	+ 0,5
25	+ 0,3	2,3	+ 0,5	2,3	+ 0,5	2,3	+ 0,5
32	+ 0,3	2,3	+ 0,5	2,4	+ 0,5	2,9	+ 0,5
40	+ 0,4	2,4	+ 0,5	3,0	+ 0,5	3,7	+ 0,6
50	+ 0,5	3,0	+ 0,5	3,7	+ 0,6	4,6	+ 0,7
63	+ 0,6	3,8	+ 0,6	4,7	+ 0,7	5,8	+ 0,8
75	+ 0,7	4,5	+ 0,7	5,5	+ 0,8	6,8	+ 0,9
90	+ 0,9	5,4	+ 0,8	6,6	+ 0,9	8,2	+ 1,1
110	+ 1,0	6,6	+ 0,9	8,1	+ 1,1	10,0	+ 1,2
125	+ 1,2	7,4	+ 1,0	9,2	+ 1,2	11,4	+ 1,4
140	+ 1,3	8,3	+ 1,1	10,3	+ 1,3	12,7	+ 1,5
160	+ 1,5	9,5	+ 1,2	11,8	+ 1,4	14,6	+ 1,7
180	+ 1,7	10,7	+ 1,3	13,3	+ 1,6	16,4	+ 1,9
200	+ 1,8	11,9	+ 1,4	14,7	+ 1,7	18,2	+ 2,1
225	+ 2,1	13,4	+ 1,6	16,6	+ 1,9	20,5	+ 2,3
250	+ 2,3	14,8	+ 1,7	18,4	+ 2,1	22,7	+ 2,5
280	+ 2,6	16,6	+ 1,9	20,6	+ 2,3	25,4	+ 2,8
315	+ 2,9	18,7	+ 2,1	23,2	+ 2,6	28,6	+ 3,1
355	+ 3,2	21,1	+ 2,4	26,1	+ 2,9	32,2	+ 3,5
400	+ 3,6	23,7	+ 3,8	29,4	+ 4,7	36,6	+ 5,7
450	+ 4,1	26,7	+ 4,3	33,1	+ 5,2	40,9	+ 6,4
500	+ 4,5	29,6	+ 4,7	36,8	+ 5,8	45,4	+ 7,1
560	+ 5,1	33,2	+ 5,2	41,2	+ 6,4	50,8	+ 7,9
630	+ 5,7	37,3	+ 5,8	46,2	+ 7,2	57,2	+ 8,8
710	+ 6,4	42,1	+ 6,6	52,2	+ 8,1	–	–

Tabela 5.

RURY PE 80 GAZOWE							
		SDR 17,6			SDR 11		
Średnica zew.	Odchyłka średnicy	Grubość ścianki	Odchyłka grubości ścianki	Ciężar 1 m.b. rury	Grubość ścianki	Odchyłka grubości ścianki	Ciężar 1 m.b. rury
mm	mm	mm	mm	kg/m.b.	mm	mm	kg/m.b.
20	0,3	2,3	0,4	0,131	3	0,4	0,161
25	0,3	2,3	0,4	0,168	3	0,4	0,209
32	0,3	2,3	0,4	0,22	3	0,4	0,275
40	0,4	2,3	0,4	0,28	3,7	0,5	0,425
50	0,4	2,9	0,4	0,433	4,6	0,6	0,659
63	0,4	3,6	0,5	0,678	5,8	0,7	1,042
75	0,5	4,3	0,6	0,965	6,8	0,8	1,455
90	0,6	5,2	0,7	1,396	8,2	1	2,108
110	0,7	6,3	0,8	2,062	10	1,1	3,126
125	0,8	7,1	0,9	2,642	11,4	1,3	4,055
140	0,9	8,0	0,9	3,311	12,7	1,4	5,054
160	1,0	9,1	1,1	4,322	14,6	1,6	6,634
180	1,1	10,3	1,2	5,49	16,4	1,8	8,385
200	1,2	11,4	1,3	6,745	18,2	2	10,34
225	1,4	12,8	1,4	8,505	20,5	2,2	13,088
250	1,5	14,2	1,6	10,498	22,7	2,4	16,096
280	2,6	16,0	1,7	13,229	25,4	2,7	20,215
315	2,9	17,9	1,9	16,654	28,6	3	25,589
355	3,2	20,2	2,2	21,203	32,3	3,4	32,563
400	3,6	22,8	2,4	26,919	36,4	3,8	41,332
450	4,1	25,6	2,7	34,012	41	4,3	52,382
500	4,5	28,5	3,0	42,061	45,5	4,7	64,551
560	5,0	31,9	3,3	52,685	51	5,3	81,048
630	5,7	35,8	3,7	66,529	57,3	5,9	102,42

ODCHYŁKI ŚREDNICY I GRUBOŚCI ŚCIANEK TYLKO DODATNIE +

Gęstość tworzywa 0,945 g/cm^3

b) Rury do wody i kanalizacji:

– nazwa producenta
– przeznaczenie WODA /KAN/
– średnica x grubość ścianki
– szereg wymiarowy
– ciśnienie nominalne
– klasa polietylenu
– wskaźnik płynięcia
– numer aprobaty technicznej
– numer linii i data

2.1. Sprawdzanie stanu powierzchni rur

Powierzchnie rur powinny być czyste, gładkie, pozbawione rys i innych defektów, które mogłyby wpływać na ich własności użytkowe. Nie mogą występować wady w postaci niejednorodności pęcherzy, zapadnięć, wtrąceń ciał obcych itp.

Końcówki rur powinny być obcięte prostopadle do osi.

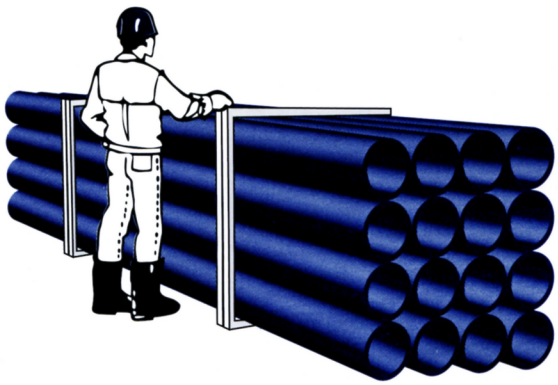
Barwa rur powinna być jednolita pod względem odcienia i intensywności.

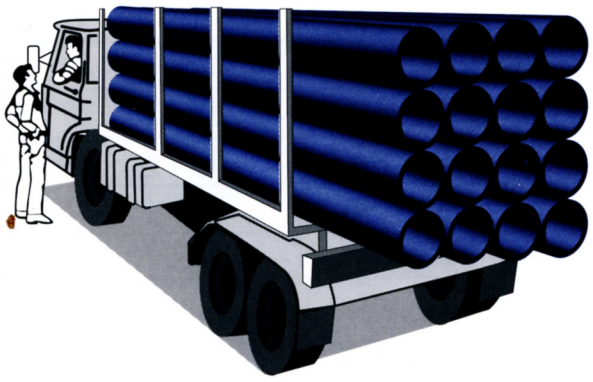
2.2. Transport i składowanie rur z PE

2.2.1. Warunki ogólne

Transport i składowanie rur i kształtek muszą być przeprowadzane przy ciągłej obserwacji właściwości tworzyw sztucznych i zewnętrznych warunków panujących podczas tego procesu, tak aby wyroby nie ulegały żadnym szkodom.

Rury i kształtki nie powinny mieć kontaktu z żadnym innym materiałem, który mógłby uszkodzić tworzywo sztuczne.





2.2.2. Składowanie

Jako zasadę należy przyjąć, że rury z tworzyw winny być składowane tak długo jak to możliwe w oryginalnym opakowaniu (w zwojach lub wiązkach).

Rury polietylenowe do średnicy 63 mm są produkowane w zwojach 100-metrowych, a do średnicy 40 mm także 200-metrowych. Zwoje należy składować w pozycji poziomej. Rury o większych średnicach są pakowane w wiązki i mają długość:

- rury wodne 12 m
- rury gazowe 12 m

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 składowane są (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, spodnia warstwa rur winna spoczywać na drewnianych łatach o szerokości min. 50 mm. Rozstaw podpór nie powinien być większy niż 2 m.

Rury o różnych średnicach i grubościach należy składować oddzielnie, a gdy nie jest to możliwe, najsztywniejsze winny znajdować się na spodzie.

W stercie nie powinno się znajdować więcej niż 7 warstw, lecz nie wyżej niż 1,5 m.

Gdy wiadomo, że składowane rury nie zostaną ułożone w ciągu 12 miesięcy, należy je zabezpieczyć przed nadmiernym wpływem promieniowania słonecznego poprzez zadaszenie.

Rur z PE nie wolno nakrywać w sposób uniemożliwiający swobodne przewietrzanie.

Ewentualne zmiany intensywności barwy rur pod wpływem promieniowania słonecznego nie oznaczają zmiany własności wytrzymałościowych lub odpornościowych.

Rury dostarczane przez ZiNPLAST Wolbrom mają na obu końcach zaślepki, które winny być zdjęte dopiero bezpośrednio przed łączeniem rur.

2.2.3. Transport

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 uniemożliwiającą zaciskanie się zawiesi na wiązce. Nie wolno stosować zawiesi z lin metalowych lub łańcuchów.

Gdy rury są transportowane pojedynczo, można je zdejmować ręcznie (do średnicy 160 mm) lub z użyciem podnośnika widłowego.

Nie wolno rur zrzucać lub wlec.

Przy transportowaniu rur luzem winny one spoczywać na całej długości na podłodze pojazdu.

Pojazd musi posiadać wsporniki boczne w rozstawie maks. 2 m. Rury sztywniejsze winny znajdować się na spodzie. Jeżeli długość rur jest większa niż długość pojazdu, wielkość nawisu nie może przekroczyć 1 m.

3. METODY ŁĄCZENIA RUR I KSZTAŁTEK Z PE

Rury i kształtki polietylenowe mogą być łączone ze sobą następującymi metodami:
- zgrzewanie czołowe,
- zgrzewanie elektrooporowe,
- przy pomocy połączeń mechanicznych (połączenia zaciskowe i kołnierzowe).

Połączenia zgrzewane powinny być wykonywane w oparciu o pisemne procedury, uwzględniające zalecenia producentów rur i kształtek polietylenowych oraz producentów urządzeń.

Wykonawca gazociągów, wodociągów lub kanalizacji z rur polietylenowych powinien stosować metody łączenia określone w dokumentacji technicznej zatwierdzonej przez użytkownika sieci.

3.1. Zgrzewanie czołowe

3.1.1. Zasady ogólne

Zgrzewanie czołowe polega na ogrzaniu i uplastycznieniu czołowych powierzchni łączonych elementów w styku z płytą grzewczą ogrzaną do wymaganej temperatury 210°C, a następnie po odsunięciu płyty – wzajemnym połączeniu z sobą przy odpowiedniej sile docisku.

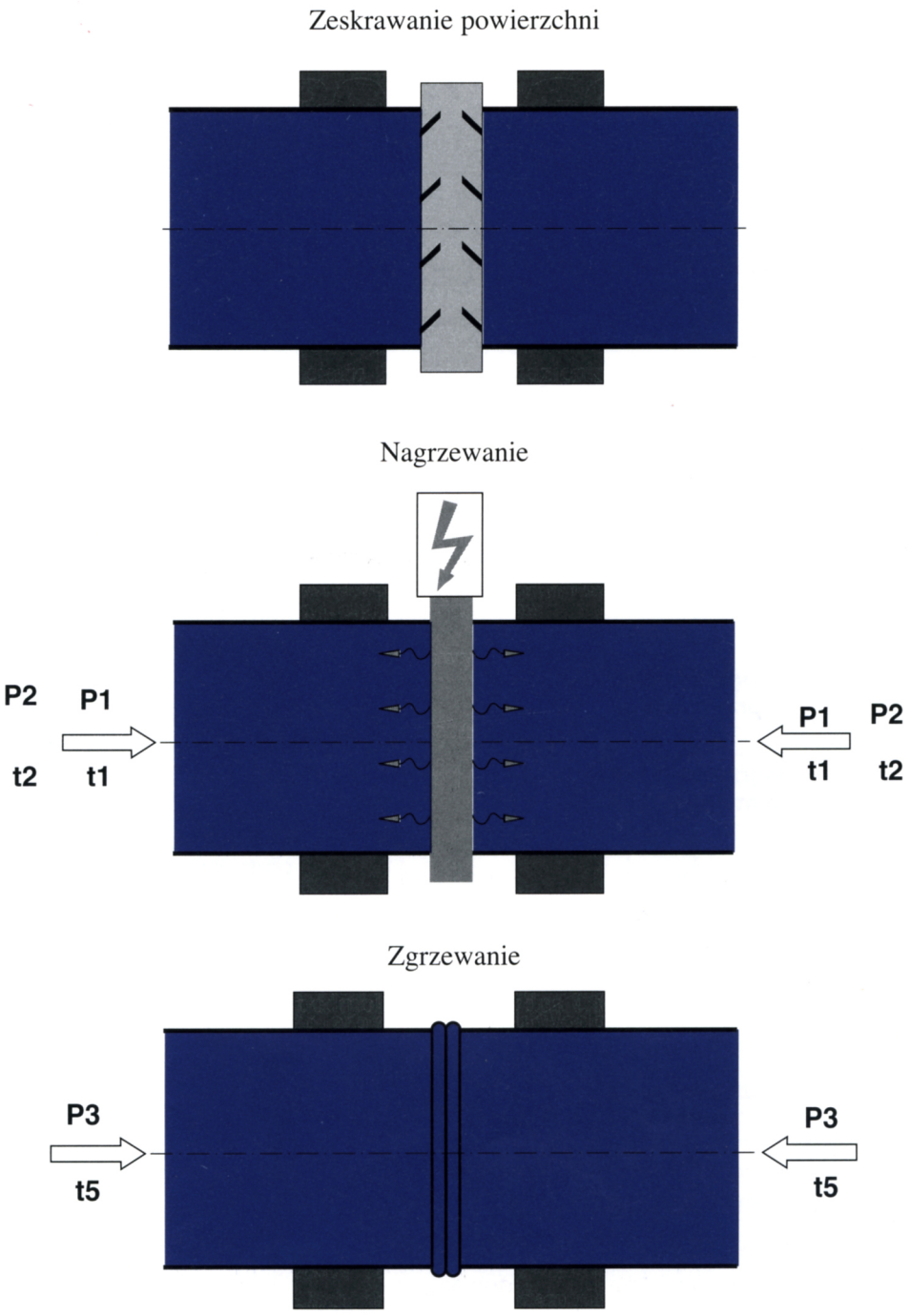
Zgrzewanie czołowe nie może być wykonywane w temperaturze otoczenia poniżej 273°K (0°C), jak również w czasie mgły – niezależnie od temperatury otoczenia. W przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych (wiatr, opady, niska temperatura) miejsce zgrzewania powinno być chronione namiotem. Zgrzewanie czołowe powinno być stosowane do łączenia rur o średnicach >63 mm.
Chłodzenie złącza powinno się odbywać w sposób naturalny. Zabronione jest jego przyspieszanie poprzez np. polewanie wodą, wentylowanie itp.

Zasada zgrzewania czołowego rur

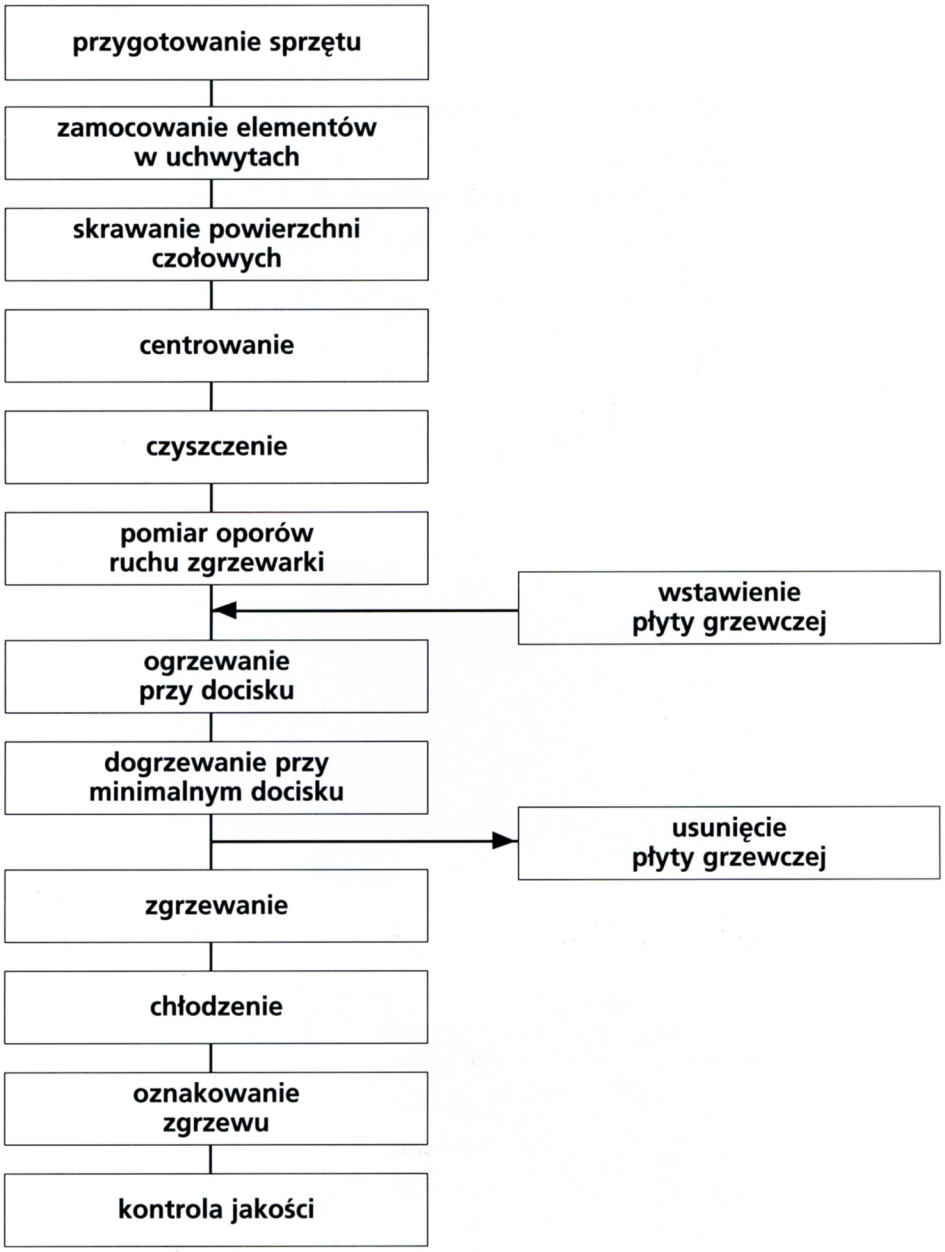
Przygotowanie elementów do zgrzewania

Rury polietylenowe dostarczone w zwojach lub nawinięte na bębny, po rozwinięciu charakteryzują się owalizacją przekroju poprzecznego. Z tego względu końcówki rur przeznaczonych do zgrzewania powinny być doprowadzone do kształtu kołowego. Należy pamiętać o takim usytuowaniu rur w uchwytach, aby ich końcówki przed zlikwidowaniem owalizacji przylegały do siebie odpowiednimi osiami elipsy.

Końcówki elementów przeznaczonych do zgrzewania czołowego nie mogą być zanieczyszczone lub uszkodzone mechanicznie. Powinny być umocowane w zgrzewarce współosiowo, z zapewnieniem możliwości wzdłużnego przemieszczania jednego z elementów.



Rys. 2. Technika zgrzewania



Rys. 3. Schemat blokowy zgrzewania czołowego

Bezpośrednio przed zgrzewaniem końcówki elementów powinny być obcięte lub zeskrawane w celu usunięcia warstwy utlenionej. Po przygotowaniu do zgrzewania wielkość szczeliny pomiędzy łączonymi elementami, po ich dociśnięciu do siebie, nie powinna przekraczać:

0,3 mm dla $D \leq 225$ mm

0,5 mm dla $225 \text{ mm} < D \leq 400$ mm

1,0 mm dla $D > 400$ mm

Przesunięcie powierzchni zewnętrznych łączonych elementów nie powinno przekraczać 0,1 grubości ścianki.

W celu zapobieżenia nadmiernemu chłodzeniu zgrzewanych elementów przeciwległa końcówka rurociągu, do którego zgrzewana jest rura lub kształtka, powinna być zamknięta.

Sprzęt do zgrzewania czołowego

Przykładowo, zestaw do zgrzewania czołowego obejmuje:

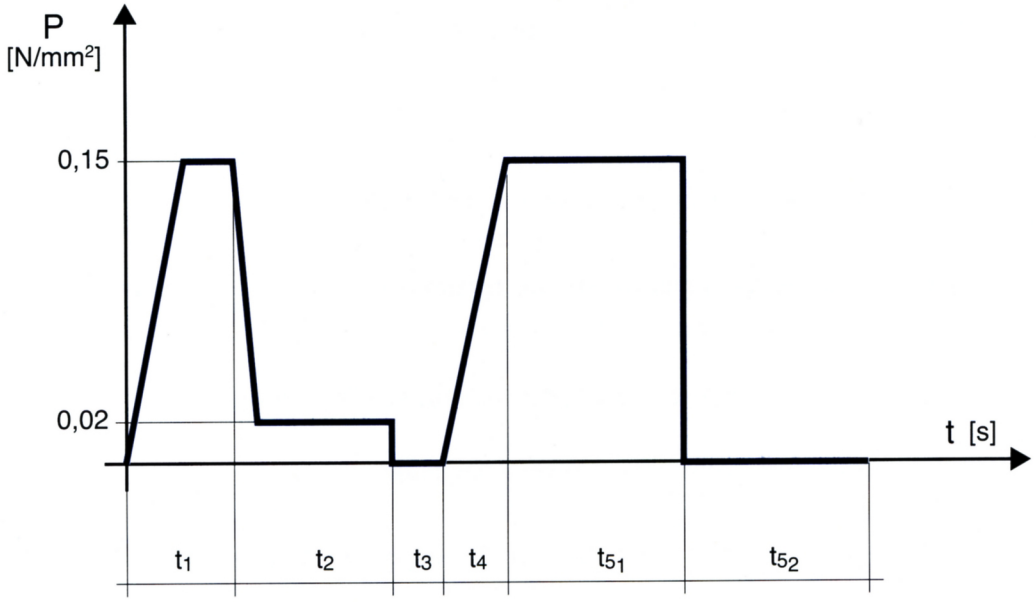
- urządzenie mocujące,
- układ hydrauliczny lub pneumatyczny docisku łączonych elementów, umożliwiający pomiar ciśnienia docisku,
- urządzenia do skrawania warstwy utlenionej z końcówek elementów,
- płytę grzewczą z regulatorem temperatury,
- pojemnik ochronny na płytę grzewczą,
- piłę lub nóż do cięcia rur,
- generator prądu,
- termometr kontaktowy do kontroli temperatury płyty grzewczej,
- podpory rolkowe do rur,
- namiot ochronny.

Do zgrzewania czołowego rurociągów polietylenowych może być stosowany tylko sprzęt posiadający aktualne dopuszczenie do stosowania przy budowie sieci i poddawany okresowej kalibracji.
Płyty grzewcze stosowane w urządzeniach do zgrzewania czołowego muszą być zasilane elektrycznie.

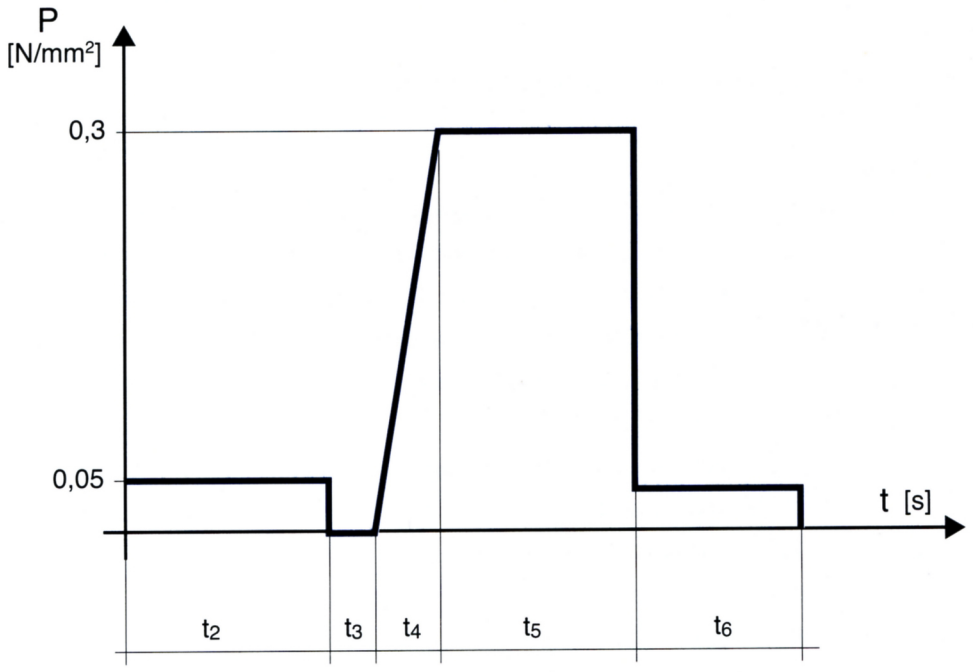
Urządzenie do zgrzewania powinno zapewniać utrzymanie wymaganego ciśnienia docisku na powierzchni łączonych elementów na każdym etapie cyklu zgrzewania, zgodnie z instrukcją technologiczną (0,15 N/mm^2). Po nagrzaniu końcówek łączonych elementów, konstrukcja urządzenia powinna umożliwiać usunięcie płyty grzewczej i połączenie elementów w czasie równym $(3 + 0{,}01\ D)$ [s], nie dłuższym jednak niż 8 s, dla średnic nominalnych < 255 mm, oraz 10 s dla elementów o średnicach > 250 mm, bez uszkodzenia ogrzanych powierzchni.

Urządzenia do automatycznego łączenia elementów z polietylenu metodą zgrzewania czołowego powinny zapewniać kontrolę i rejestrację parametrów zgrzewania dla każdego połączenia, takich jak:

- czas poszczególnych etapów cyklu zgrzewania,
- ciśnienie na powierzchni łączonych elementów,
- temperatura płyty grzewczej,
- temperatura otoczenia,



Rys. 4. Cykl zgrzewania czołowego (klasyczny)



Rys. 5. Cykl zgrzewania czołowego (zmodyfikowany)

• ciśnienie niezbędne do pokonania oporów ruchu części ruchomej urządzenia wraz z zamocowanym w niej elementem do zgrzewania.

W przypadku nieprawidłowego przebiegu procesu zgrzewania, urządzenie powinno spowodować jego zatrzymanie z równoczesnym wskazaniem rodzaju błędu.

3.1.2. Procedura zgrzewania czołowego

Procedura zgrzewania czołowego powinna być zatwierdzona przez użytkownika sieci, przy uwzględnieniu własności rur i kształtek polietylenowych, jak również przez inspektora nadzoru.

Czynności realizowane w ramach procedury zgrzewania czołowego są wymienione w schemacie blokowym (rys. 3).

Zgrzewanie może być realizowane wg następujących schematów:

1) Cykl klasyczny (rys. 4).

Temperatura płyty grzewczej: 210 ± 10°C (dla g < 12 mm)

200 ± 10°C (dla g > 12 mm)

Zmianę ciśnienia docisku na powierzchni łączonych elementów w poszczególnych fazach cyklu zgrzewania ilustruje rys. 4, 5.

Ciśnienie na powierzchni łączonych elementów w fazach t_1 i t_5 wynosi 0,15 N/mm^2 = 0,15 MPa

t_1 – czas utrzymania elementów w kontakcie z płytą grzewczą, aż do uzyskania wymaganej wypływki,

t_2 – czas dogrzewania (t_2 >> 30 + D/2 ± 10) [s],

t_3 – czas na usunięcie płyty grzewczej i połączenie zgrzewanych elementów (t_3 = 3 + 0,01 D) [s],

t_4 – czas doprowadzenia do wymaganego ciśnienia fuzji (maks. 6 s),

t_5 – czas łączenia elementów pod dociskiem (t_5 > 10 min),

t_6 – czas chłodzenia bez docisku (t_6 > 1,5 • g) [min]

Sposób wykonania obliczeń sił docisku elementów zgrzewanych dla urządzeń hydraulicznych:

$S = \Pi \cdot g \cdot (D - g) / 1000000$

gdzie:

S= powierzchnia zgrzewania [m^2]

Π = 3,14

g = grubość ścianki [mm]

D = zewnętrzna średnica rury [mm]

$F = P \cdot S \cdot 1000$

gdzie:

F= siła docisku [kN]

P= żądane w tabelach zgrzewalności ciśnienie zgrzewania [MPa]

Zatem dla rury ∅ 630 mm, SDR 17,6 g = 35,7 otrzymujemy:

S = 3,14 mm • 35,7 mm • (630 mm – 35,7 mm) / 1000000 = 0,0666 m^2
F = 0,15 MPa • 0,0666 m^2 • 1000 = 9,99 kN (≈1018 kG)

Oczywiście zgodnie z wyliczoną siłą docisku należy ustalić ciśnienie robocze płynu hydraulicznego zgrzewarki. Parametrem mającym wpływ na tę wartość jest średnica tłoka zgrzewarki.

$p = 4000 \cdot F / (\Pi \cdot D_Z^2)$

gdzie:
p = ciśnienie płynu hydraulicznego [MPa]
D_Z = średnica tłoka [mm]

Wracając do naszego przykładu: jeśli stosowana zgrzewarka posiada tłok o średnicy np. 20 mm, to powinniśmy nastawić ciśnienie robocze płynu hydraulicznego 31,8 MPa.
Oto sposób wykonania wyliczenia:

p = 4000 • 9,99 kN / (3,14 • 400 mm^2) = 31,8 MPa

Warto zwrócić uwagę, że producenci zgrzewarek dołączają do swoich maszyn wartości nastaw dla typowych rur zgrzewanych wg normy DVS 2207. Stosuje się tam znormalizowane ciśnienie docisku wynoszące 0,15 MPa, które jest identyczne z ciśnieniem stosowanym w normie WIS (Dual Pressure Butt Fusion Conditions). Zatem odpowiednie nastawy zgrzewarki (co do wartości bezwzględnej ciśnień) niczym się nie różnią.

2) Cykl zmodyfikowany (stosowany przy zgrzewaniu materiałów bimodalnych – wg zaleceń producentów rur PE) ilustruje rys. 5.
Temperatura płyty grzewczej: 210 ± 10°C
Ciśnienie na powierzchni łączonych elementów w fazie t_2 wynosi:
0,05 N/mm^2, a w fazie t_5: 0,3 N/mm^2 (dla 110 < D < 250 mm),
0,24 N/mm^2 (dla 250 < D < 315 mm)
t_2 – czas nagrzewania = 10 s/mm grubości ścianki,
t_3 – czas na usunięcie płyty grzewczej (t_3 = 3 + 0,01 D) [s],
t_4 – czas doprowadzenia do wymaganego ciśnienia fuzji (maks. 6 s)
t_{51} – czas tworzenia się wypływki (t_{51} = 10 s),
t_{52} – czas chłodzenia pod dociskiem 0,05 N/mm^2 (t_{52} = 1,5 • g) [min]

3.1.3. Kontrola jakości połączeń

Wszystkie połączenia zgrzewane powinny być kontrolowane i oceniane w oparciu o podane

kryteria (rys. 6) lub normę DVS. Do pomiaru należy wykorzystywać przyrządy o dokładności wskazań 0,05 mm.

Zagłębienie (A) pomiędzy wałeczkami wypływki powinno się znajdować powyżej zewnętrznych powierzchni łączonych elementów (V) i nie powinno przekraczać 10% grubości ścianki (e), szerokość wypływki (B) powinna być zawarta w przedziale (0,68 – 1g) [mm], minimalna i maksymalna szerokość wypływki powinna odpowiadać następującym wartościom:

$B_{min} \geq 0{,}9$ B śr

$B_{max} \leq 1{,}1$ B śr

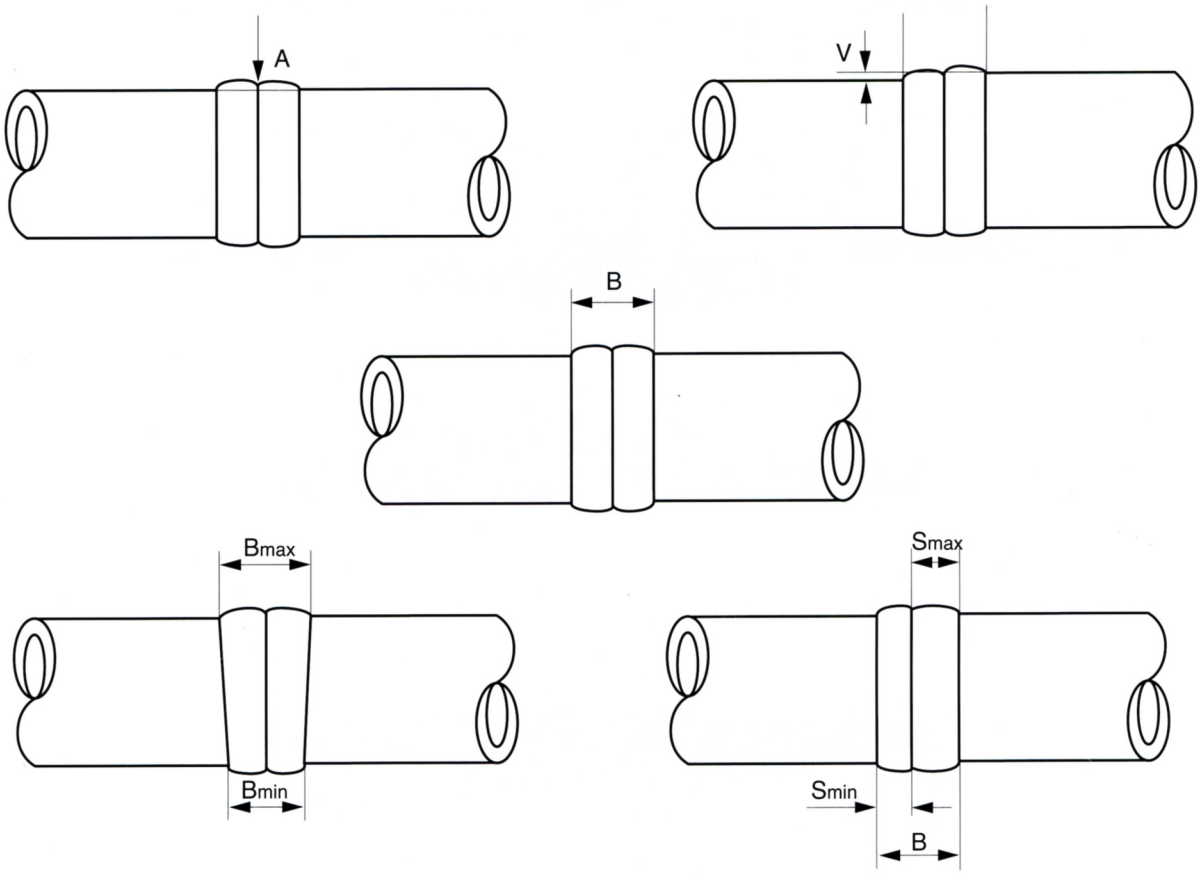
różnica szerokości wałeczków wypływki $S = S_{max} - S_{min}$ nie powinna przekraczać:

0,1 B przy zgrzewaniu rury z rurą,

0,2 B przy zgrzewaniu rury z kształtką,

0,2 B przy zgrzewaniu kształtki z kształtką.

W przypadku gdy połączenie zgrzewane nie odpowiada któremukolwiek z kryteriów oceny, należy je wyciąć i wykonać nowy zgrzew.

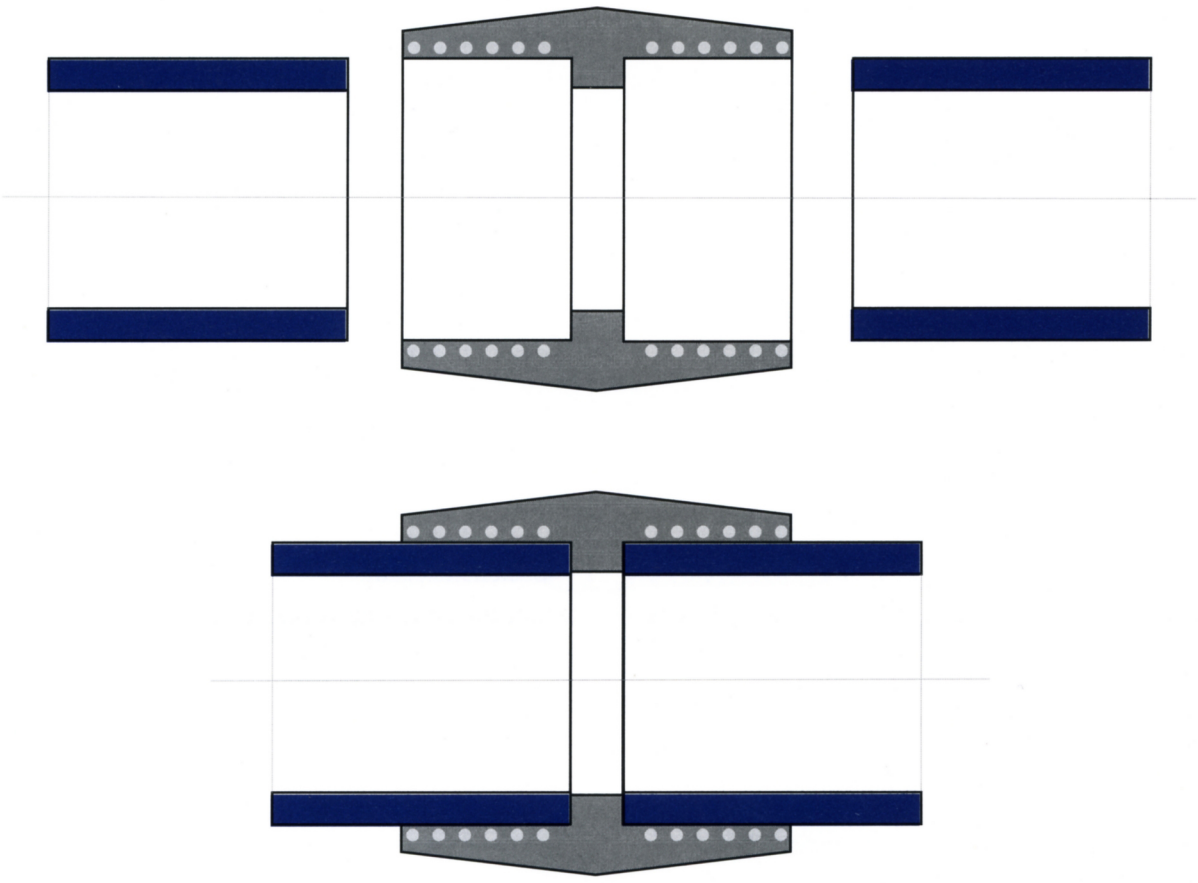


Rys. 6. Parametry geometryczne połączeń zgrzewanych czołowo

3.2. Zgrzewanie elektrooporowe

3.2.1. Zasady ogólne

Zgrzewanie elektrooporowe polega na doprowadzeniu energii elektrycznej do uzwojenia z drutu oporowego znajdującego się przy wewnętrznej powierzchni kształtki, gdzie ulega ona zamianie na ciepło powodujące uplastycznienie powierzchni łączonych elementów (wewnętrznej powierzchni kształtki i zewnętrznej powierzchni rury) i połączenie ich ze sobą.
Zasada zgrzewania elektrooporowego jest przedstawiona na rys. 7.



Rys. 7. Zasada zgrzewania elektrooporowego

Zgrzewanie elektrooporowe przeprowadza się przy wykorzystaniu kształtek mufowych oraz siodłowych do zgrzewania elektrooporowego („Kształtki z polietylenu. Wymagania i Badania"). Zgrzewanie elektrooporowe nie może być wykonywane w temperaturze otoczenia poniżej 273°K (0°C), jak również w czasie mgły – niezależnie od temperatury.

W przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych (wiatr, opady, niska temperatura) miejsce zgrzewania powinno być chronione namiotem.

3.2.2. Przygotowanie elementów do zgrzewania

Dla uzyskania połączenia wymaganej jakości należy pamiętać, aby powierzchnie łączonych elementów były odpowiednio przygotowane i oczyszczone. Końcówki rur powinny być ucięte prostopadle. Wewnętrzne krawędzie muszą być pozbawione zadziorów, a krawędzie zewnętrzne zaokrąglone (promień krzywizny = 0,5 e).

Powierzchnie zewnętrzne końcówek rur przeznaczonych do zgrzewania przy wykorzystaniu kształtek mufowych powinny być oczyszczone specjalnym skrobakiem na długości, która znajduje się wewnątrz kształtki. Również przy zgrzewaniu kształtek siodłowych z rurą polietylenową musi być ona oczyszczona w podobny sposób na powierzchni, do której będzie przylegał element grzewczy kształtki.

Grubość warstwy utlenionej, która powinna być usunięta z rury, wynosi:

0,1 mm dla $D \leq 63$ mm

0,2 mm dla $D > 63$ mm.

Owalizacja rur powinna być zlikwidowana przy zastosowaniu uchwytów mocujących.

W trakcie zgrzewania oraz podczas chłodzenia łączone elementy powinny być zamocowane w uchwytach. Przed zamontowaniem kształtek elektrooporowych należy oczyścić ich wewnętrzne powierzchnie (np. papierem nasyconym alkoholem typu izopropanol).

3.2.3. Sprzęt do zgrzewania elektrooporowego

Sprzęt do zgrzewania elektrooporowego powinien posiadać aktualne dopuszczenie do stosowania w gazownictwie i być dostosowany do charakterystyk technicznych kształtek oraz do systemu, w jakim one pracują. Przykładowo, zestaw do zgrzewania elektrooporowego obejmuje:

– urządzenie kontrolno-zasilające,
– urządzenie mocujące,
– zestaw skrobaków do rur,
– piłę lub nóż do cięcia rur,
– generator prądu,
– urządzenie dociskowe (przy zgrzewaniu kształtek siodłowych)
– namiot ochronny,
– środki do czyszczenia wewnętrznych powierzchni kształtek.

Przy napięciu zasilania kształtek wynoszącym ponad 25 V wymagana jest ochrona przed kontaktem z niezaizolowanymi częściami przewodów elementów grzejnych. Pobór mocy przy zgrzewa-

niu kształtek elektrooporowych nie powinien przekraczać 3 kW dla średnic do 225 mm i 4 kW dla kształtek o średnicach do 500 mm.

3.2.4. Procedura zgrzewania elektrooporowego

Parametry zgrzewania elektrooporowego są wprowadzane do zgrzewarki w zależności od typu sprzętu do zgrzewania.

Istnieją w tym zakresie następujące możliwości:

- parametry zgrzewania są ustalone automatycznie, na podstawie pomiaru oporności uzwojenia kształtki,
- są wprowadzane do urządzenia poprzez ich odczytanie za pomocą elektronicznego czytnika z kodu paskowego na kształtce lub karty magnetycznej,
- są ustalone poprzez kodowanie urządzenia (wprowadzenie danych dotyczących napięcia i czasu zgrzewania).

Po przygotowaniu elementów i urządzenia procedura zgrzewania obejmuje następujące czynności:

- ustalenie parametrów zgrzewania zgodnie z instrukcją producenta urządzenia kontrolno-zasilającego; w przypadku zgrzewania automatycznego – wykonanie działań określonych w instrukcji obsługi urządzenia,
- kontrola przebiegu zgrzewania,
- pozostawienie złącza w uchwytach do czasu jego ochłodzenia.

Chłodzenie złącza powinno być realizowane w czasie zalecanym przez producenta kształtek.

Chłodzenie powinno przebiegać w sposób naturalny, jak przy zgrzewaniu czołowym.

Po ochłodzeniu złącza mogą być usunięte uchwyty mocujące.

3.2.5. Kontrola jakości połączeń

Wszystkie połączenia zgrzewane elektrooporowo powinny podlegać kontroli wizualnej. W przypadku kształtek mufowych, po obu stronach kształtek, na rurze powinny być widoczne ślady skrawania warstwy utlenionej (równomierne, na całym obwodzie). Na zewnątrz kształtki nie powinny znajdować się ślady wypływki. Jeżeli kształtka jest wyposażona we wskaźnik, ich pozycja po zakończeniu zgrzewania powinna być zgodna z danymi zawartymi w instrukcji fabrycznej.

W przypadku kształtek siodłowych, na rurze powinny być widoczne równomiernie rozmieszczone ślady usuwania warstwy utlenionej – na całym obwodzie siodełka.

Wypływka nie powinna być widoczna na zewnątrz kształtki. Na rurze w pobliżu siodełka nie powinny się znajdować pęknięcia i rysy.

3.2.6. Porady dla zgrzewaczy

Aby uzyskać wysokiej jakości zgrzew, dobrze jest uwzględniać poniższą listę rad i ostrzeżeń.

1. Nie kontynuuj procesu zgrzewania, jeśli w jego trakcie wystąpił błąd; odetnij końce łączonych elementów i proces zgrzewania rozpocznij od nowa.

2. Utrzymuj w czystości płytę grzewczą; zanieczyszczenia usuwaj tylko za pomocą drewnianego skrobaka i materiału nie pozostawiającego włókien (kłaczków), zwilżonego płynem czyszczącym.
3. Po oczyszczeniu i wyrównaniu zgrzewanych powierzchni należy bezwzględnie zachować je w czystości; niedopuszczalne jest np. dotykanie palcami.
4. Przeprowadzaj kontrolę wzrokową zgrzewu zgodnie z procedurą przedstawioną w dalszej części tego rozdziału.
5. Stosuj tylko zgrzewarki czołowe, które są właściwe dla danej średnicy rur.
6. Swobodne końce rur należy zaślepić korkami ochronnymi, aby zapobiec powstawaniu przeciągów.
7. Nigdy nie zgrzewaj (bez specjalnych instrukcji), gdy temperatura materiału wynosi poniżej –15°C.
8. Pamiętaj, aby wszystkie zgrzewane powierzchnie były czyste i suche.
9. Zadbaj o regularną konserwację narzędzi.
10. Dbaj o to, aby stosowane narzędzia były właściwe dla danej pracy, sprawne i czyste.
11. Przed rozpoczęciem właściwego zgrzewania przeprowadź zgrzewanie próbne.
12. Pamiętaj o odpowiedniej temperaturze i czasie trwania poszczególnych operacji.
13. Przy zgrzewaniu na wietrze lub w deszczu stosuj namiot ochronny (w czasie mgły zgrzewanie jest zabronione).

4. ZASTOSOWANIE

4.1. Charakterystyka ogólna

Światowy rozwój przemysłu chemicznego, w tym produkcja tworzyw sztucznych o szerokim zakresie właściwości fizyczno-mechanicznych i odporności chemicznej, znalazła zastosowanie w budowie rurociągów do przesyłania wody, gazu oraz ścieków zarówno miejskich, jak i przemysłowych.

Np. w dotychczasowym – krajowym budownictwie zewnętrznych sieci kanalizacyjnych miały powszechne zastosowanie rury kamionkowe, betonowe, żelbetowe lub żeliwne, w zależności od rodzaju, ilości i systemów ich odprowadzania.

Powszechnie stosowane obiekty na sieci kanalizacyjnej, takie jak studzienki rewizyjne, połączeniowe lub inne o specjalnym przeznaczeniu, były żelbetowe – monolityczne, prefabrykowane lub o konstrukcji mieszanej. W szczególnych przypadkach – dla ścieków agresywnych – stosowano klinkier lub płytki i zaprawy chemoodporne.

Warunki materiałowe, sposoby i techniczne możliwości eksploatacyjne przewodów kanalizacyjnych narzucały rozwiązania techniczne zarówno układów kanalizacyjnych, jak i ich obiektów.

W konsekwencji możliwości materiałowych, jak i ustaleń normalizacyjno-typizacyjnych, nasze dotychczasowe „tradycyjne" budownictwo zewnętrznych kanalizacji należy zaliczyć do budownictwa materiałochłonnego i ciężkiego, zarówno w zakresie stosowanego materiału, jak i warunków budowy – transport, urządzenia dźwigowe.

4.2. Rodzaje instalacji z rur PE

Rury PE są stosowane do przesyłania wody pod ciśnieniem w rurociągach zewnętrznych i wewnętrznych oraz innych substancji ciekłych i gazowych z uwzględnieniem danych odporności chemicznej.

Szczególną zaletą rurociągów z PE o złączach zgrzewanych lub mechanicznych jest możliwość przejmowania nawet znacznych wydłużeń powstających wskutek działania sił rozciągających. Ma to znaczenie przy układaniu przewodów na terenach usuwiskowych i na terenach szkód górniczych zaklasyfikowanych do kategorii I, II, III i IV wg klasyfikacji ich przydatności do zabudowy.

Rury PE dla wody zimnej w budynkach znajdują szerokie zastosowanie głównie przy agresywnych właściwościach wody oraz przy jednoczesnym wykonywaniu instalacji wody ciepłej z rur PP z uwagi na analogiczny sposób łączenia rur.

Rury PE–LD mają zastosowanie do przesyłania pod ciśnieniem wody i różnych substancji ciekłych i gazowych z wyjątkiem gazu ziemnego, z uwzględnieniem danych odporności chemicznej. Rury z PE–LD są wykorzystywane najczęściej na przyłącza wodociągowe, w budowie wodociągów wiejskich, jak też w rolnictwie i sadownictwie w postaci systemów irygacyjnych i zraszających. Oba rodzaje rur posiadają atest PZH dopuszczający je do przesyłania wody do picia oraz aprobatę techniczną wydaną przez COBRTI INSTAL.

4.3. Typy i asortyment rur

Rury są wytłaczane z polietylenu HDPE i MDPE o gęstości 0,93 – 0,96 g/cm^3, na ciśnienie robocze 0,6 lub 1,6 MPa, gdzie grubość ścianek została obliczona dla naprężenia obwodowego w ściance zgodnie z ISO 4427 przy temperaturze przesyłanej cieczy do 20°C. Rury są barwy czarnej, o gładkiej powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej.

Surowiec do produkcji jest sprowadzany z zagranicy z tak renomowanych firm jak „Borealis" (Szwecja), „Hoechst" (Niemcy) oraz „Fina" i „Solvay" (Belgia).

Rury PE stosuje się w instalacjach zewnętrznych i wewnętrznych do przesyłania wody i innych substancji ciekłych, gazowych i gazu ziemnego, z uwzględnieniem danych odporności chemicznej. Temperatura stosowania - do 45°C. Przy temperaturach przesyłania mediów wyższych niż 20°C należy uwzględnić spadek wytrzymałości rur i odporności tworzyw.

MEDIUM	Maksymalne ciśnienie robocze MPa	
	0,6	1,0
	Dopuszczalne ciśnienie robocze MPa	
Woda i substancje, na które PE jest odporny	0,6	1,0
Substancje toksyczne, na które PE jest odporny	0,25	0,6
Substancje toksyczne, na które PE jest ograniczenie odporny	0,25	0,6

Temperatura wody °C	0–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45
Współczynnik	1,0	0,9	0,80	0,70	0,60	0,60

Tabela 6. Współczynnik przeliczeniowy maksymalnego ciśnienia roboczego na ciśnienie robocze w zależności od temperatury wody (wg BN-74/6366-03)

Rury produkowane są według szeregów wymiarowych od SDR 9 do SDR 33 zdefiniowanych według wzoru:

$$SDR = D / g$$

D – nominalna średnica zewnętrzna
g – nominalna grubość ścianki

Firma ZiNPLAST produkuje rury w zakresie średnic ∅ 16 do ∅ 710 mm. Zastosowanie rur o danym typoszeregu wymiarowym, a co za tym idzie grubości ścianki, uwarunkowane jest panującym ciśnieniem, głębokością posadowienia oraz warunkami eksploatacyjnymi. Typoszeregi wymiarowe zestawione są w tabeli nr 2, 3 – PE 80, nr 4 – PE 100 do wody i kanalizacji, nr 5 – PE do gazu.

4.4. Nowe kierunki w rozwiązaniach technicznych

Rodzaje wpływów i czynników, które przyczyniają się do skrócenia okresu trwałości przewodów sieci wykonanych z różnych materiałów.

Rodzaje wpływów		**Czynniki działające**	**Sposób działania**
Wpływy zewnętrzne	chemiczne	Substancje reagujące z materiałem rury: – wody miękkie, – kwasy, – sole (głównie siarczany), – tłuszcze i oleje (roślinne i zwierzęce)	– korozja ługująca lub pęczniejąca, pod wpływem wody, wilgotnego powietrza, gruntu i zanieczyszczeń
	fizyczne	Wpływy klimatyczne: – zmienna wilgotność, – mróz (+sole do odmrożenia)	– rozsadzanie betonu wskutek korozji zbrojenia, – złuszczenie powierzchniowe, uszkodzenie struktury, – zniszczenie, korozja
	projektowanie i wykonawstwo robót	– poprawność zaprojektowania i wykonania	– nieszczelność, – zaleganie cieczy itp.
	mechaniczne	– ścieranie, – obciążenie zmienne, – naprężenie	– erozja, – rysy, – pęknięcia
	eksploatacja	– sposób i częstość konserwacji, przy PE – konserwacja ograniczona	przedłużony okres trwałości

W aspekcie nowych materiałów i rozwiązań zachodzi konieczność podziału kanalizacji zewnętrznej na dwa rodzaje:
– kanalizacja zewnętrzna lokalna,
– kanalizacja zewnętrzna zbiorcza.

Kanalizacja zewnętrzna lokalna – dowolnego systemu odprowadzania ścieków, obejmowałaby budownictwo indywidualne, względnie grupy budynków budownictwa indywidualnego, lub budownictwa zbiorczego o charakterze mieszkaniowym lub rzemieślniczo-przemysłowym. W ww. rodzaju kanalizacji mają zastosowanie rury PE o średnicach D = 110 do 250 mm, układane do głębokości 2,0 - maks. 2,5 m. Odbiornikiem ścieków dla kanalizacji lokalnej może być kanalizacja zewnętrzna zbiorcza z uwzględnieniem jej systemu, względnie własna – zakładowa oczyszczalnia ścieków z odpływem do odbiornika.

Kanalizacja zewnętrzna zbiorcza – najczęściej miejska, obejmowałaby kanały (kolektory) będące odbiornikiem zewnętrznych kanalizacji lokalnych o średnicach w zasadzie od D = 250 mm wzwyż. Kanały przebiegają najczęściej pod ulicami miast – osiedli i są układane na głębokości poniżej 2,0 – 2,5 m. Podział na dwa ww. rodzaje kanalizacji ma przykładowo swoje odbicie w asortymentowym i wymiarowym zestawie studzienek firm zachodnich.

We współczesnych rozwiązaniach projektowych układów sieci kanalizacyjnej z rur i kształtek PE oraz studzienek z tworzyw sztucznych zachodzi konieczność używania nowoczesnego sprzętu do oczyszczania kanałów. Czyszczenie kanałów – usuwanie zatorów odbywa się hydraulicznie – wodą pod wysokim ciśnieniem. Rozwiązania projektowe wymagają w tym przypadku możliwości wprowadzania do kanału urządzenia czyszczącego z uwzględnieniem jego zasięgu działania.

W rozwiązaniach projektowych układów sieci kanalizacyjnej, jak i w obiegach technologicznych oczyszczalni ścieków, zachodzi dość często konieczność przepompowywania ścieków, czyli sieci ciśnieniowych.

Do tego celu mogą mieć zastosowanie rury ciśnieniowe PE używane do przesyłania wody.
Firma ZiNPLAST produkuje również rury z polietylenu klasy PE 100. Polietylen PE 100 jest materiałem trzeciej generacji, który posiada większość zalet materiału PE 80, a ponadto charakteryzuje się wyższą wytrzymałością. Dzięki temu, przy tym samym ciśnieniu nominalnym, grubość ścianki rury z PE 100 jest mniejsza od grubości ścianki rury wykonanej z PE 80. Konsekwencją powyższego jest fakt, iż rury z PE 100 w stosunku do rur PE 80 na to samo ciśnienie nominalne mają:
– większą średnicę wewnętrzną (korzystniejszą charakterystykę hydrauliczną),
– mniejszą wagę o ok. 35%,
– krótszy czas zgrzewania doczołowego o ok. 25%.

Rury wykonane z surowca PE 100 charakteryzują się dużą odpornością na powolny wzrost pęknięć. Uwzględniając także korzystniejszy dla rur z PE 100 stosunek powierzchni użytkowej do powierzchni całkowitej rury należy podkreślić dużą przydatność rur z PE 100 do renowacji starych rurociągów.

4.5. Studzienki oraz przejścia szczelne sieci kanalizacyjnej

W budowie sieci kanalizacyjnej zewnętrznej z rur polietylenowych mają zastosowanie studzienki polietylenowe jako:
- rewizyjno-złazowe,
- przepływowe,
- połączeniowe,
- spadowe,
- płuczące.

Studzienki kanalizacyjne z PE (rys. 8) są lekkie, nie wymagają żadnego sprzętu ciężkiego do przewożenia i montażu. Są również bardzo wytrzymałe na wstrząsy, temperaturę i środki chemiczne. Studzienki z PE są szczelne i przyjazne dla środowiska. Montaż studzienki nie jest skomplikowany. Mogą go wykonać dwie osoby w ciągu 30 min. Studzienki z PE używane do budowy sieci kanalizacyjnych, sanitarnych, burzowych lub przy odwodnieniach mają wiele zalet, m.in.:
- dłuższą żywotność,
- szybki montaż i połączenie z siecią,
- odporność na ścieranie,
- doskonałą szczelność,
- doskonałą odporność na związki chemiczne,
- uniemożliwiają przenikanie systemów korzeniowych,
- eliminują użycie ciężkiego sprzętu,
- natychmiastowa możliwość eksploatacji,
- obniżają koszty inwestycji.

Studzienki z PE mogą być również zabudowane w istniejących sieciach kanalizacyjnych w trakcie wykonywania prac remontowych.

4.5.1. Obliczenia wyporu studni w gruncie nawodnionym

Instalacja studzienek na terenie podmokłym jest trudna i stwarza problemy wykonawcze oraz ryzyko wystąpienia wyporu studzienki. Studzienki z PE mogą być zainstalowane bez ryzyka na terenach przy wysokim poziomie wód gruntowych.

Główne czynniki zabezpieczające studzienki przed wyporem wód gruntowych, to:
- ciężar studzienki,
- połączenie kanałów dopływowych i odpływowych,
- tarcie gruntu przy wyporze studzienki,
- ciężar gruntu bezpośrednio nad kopułą,
- ciężar gruntu nad pierścieniem górnym.

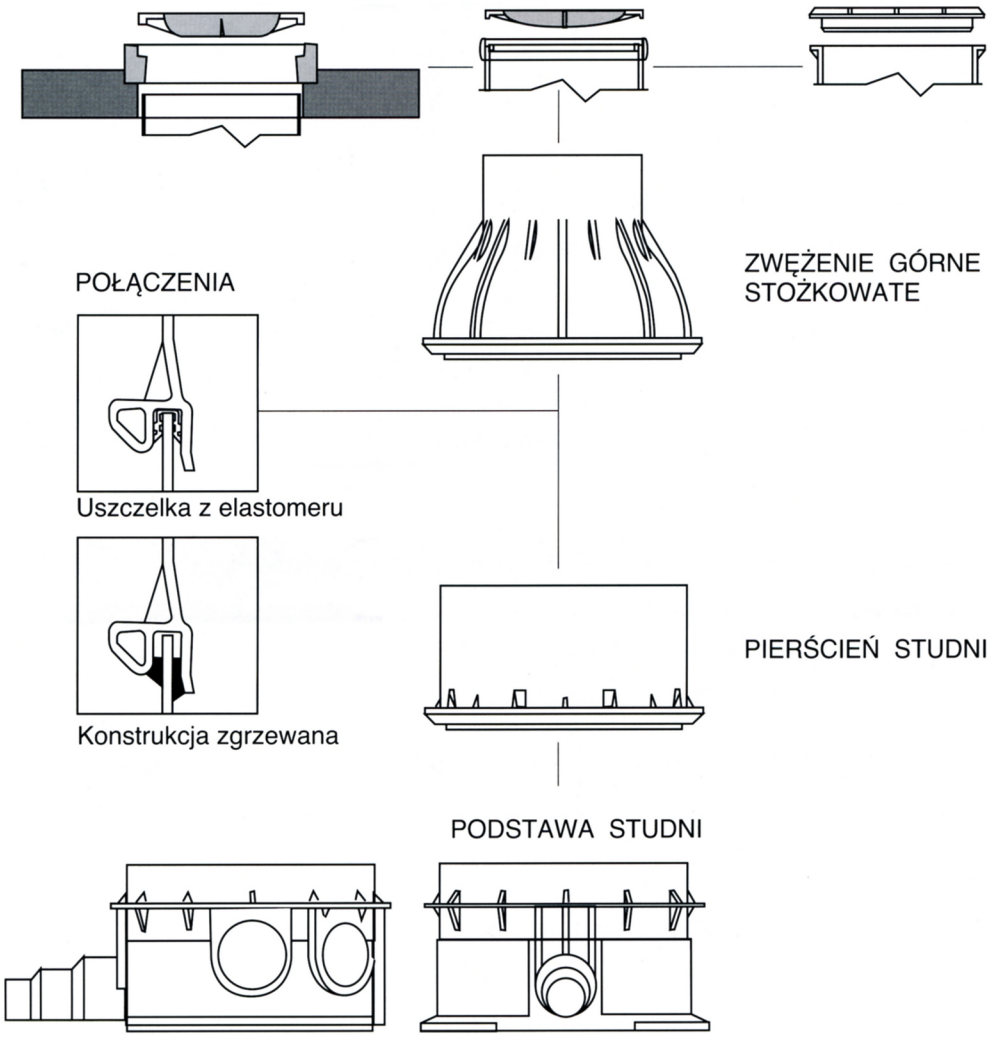
Siła wyporu dla studzienki z PE wynosi 2970 kg przy ciężarze studni z pokrywą i gruntu nad studnią wynoszącym 6784 kg, co daje współczynnik bezpieczeństwa około 2,35.

W opracowaniach projektowych studzienek należy stosować normę PN-91/B-10729 i normy związane z uwzględnieniem wymagań dla rur PE.

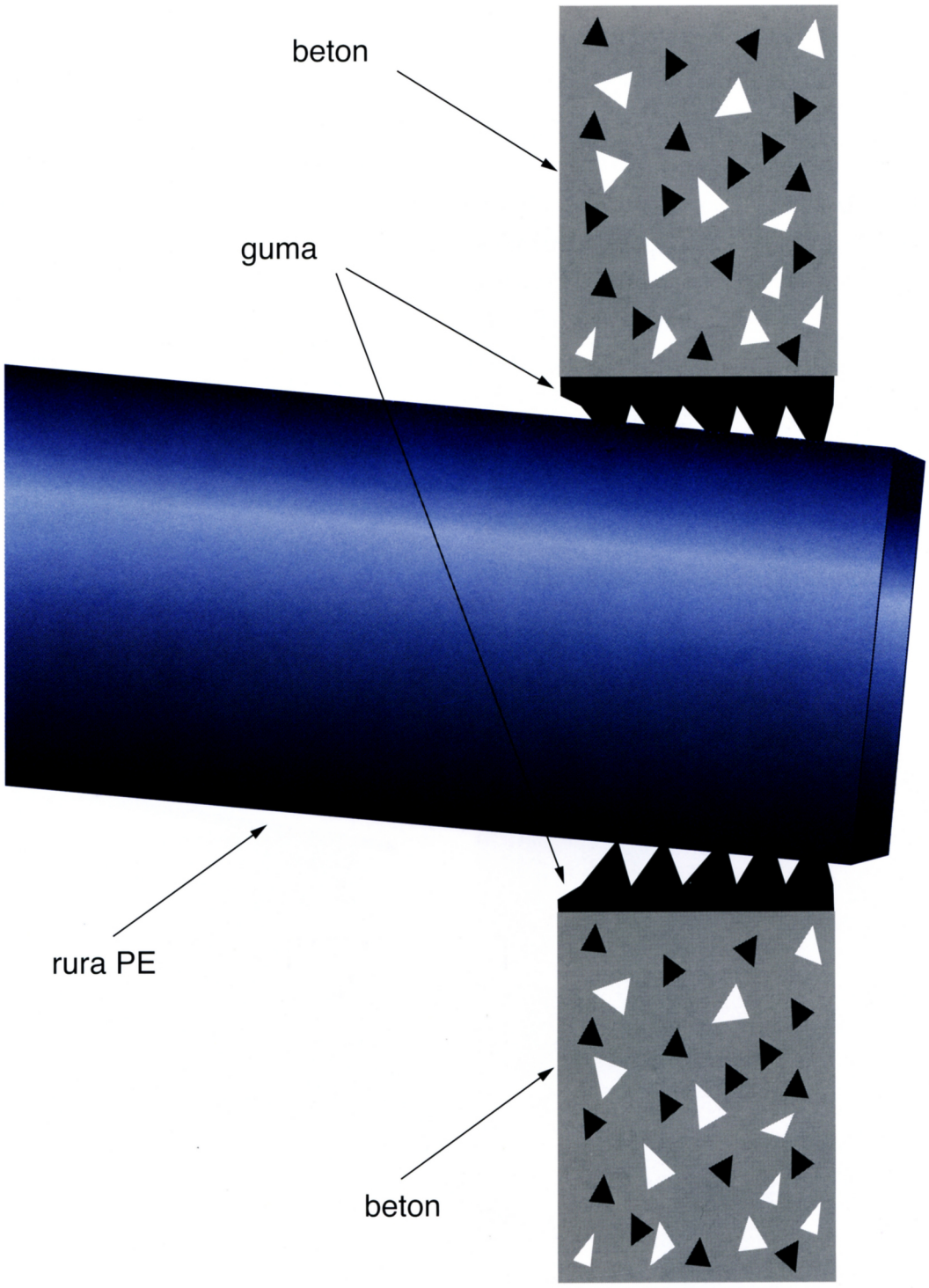
4.5.2. Przejścia szczelne

Istnieje możliwość zastosowania tradycyjnych studzienek betonowych z betonu hydrotechnicznego do budowy sieci kanalizacyjnej z rur PE. Szczelność uzyskuje się przez zastosowanie przejść szczelnych. W miejscach przejść rur PE przez ściany betonowe należy stosować przejścia szczelne z uszczelnieniem gumowym. Uszczelki złącz rurowych zostały opracowane w celu łatwego i szybkiego podłączenia rur przykanalikowych czy przelotowych wprowadzanych do studzienek i kolektorów. Uszczelka gumowa jest skonstruowana w taki sposób, że gwarantuje szczelne połączenie zarówno przy przesunięciach kątowych, jak i obciążeniach bocznych złącza. (rys. 9, rys. 10 i rys. 11).

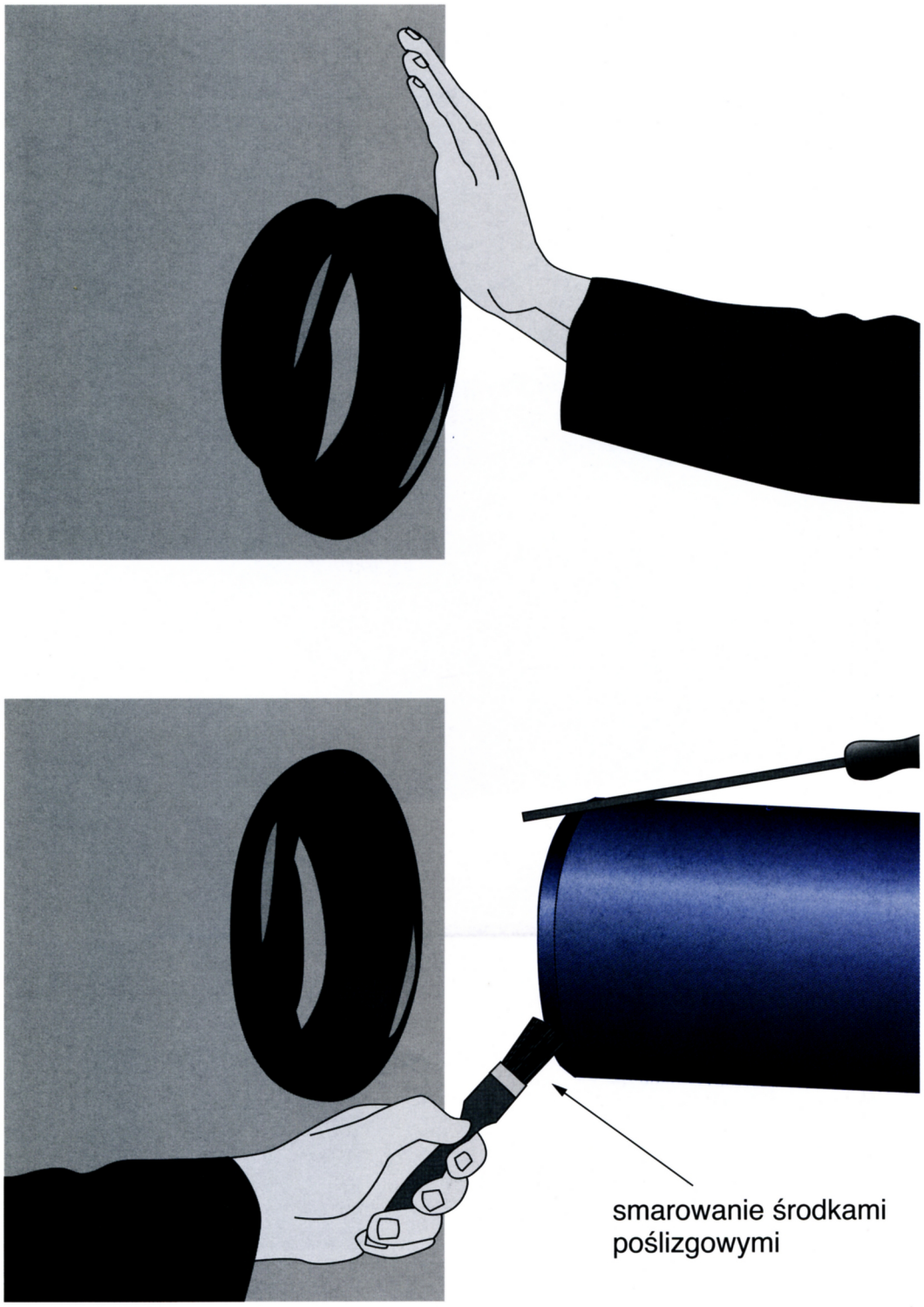
Innym rozwiązaniem przejścia szczelnego jest gumowa opaska łańcuchowa (rys. 12, 13). Omówione rozwiązania przejść szczelnych gwarantują doskonałą szczelność i długowieczność.



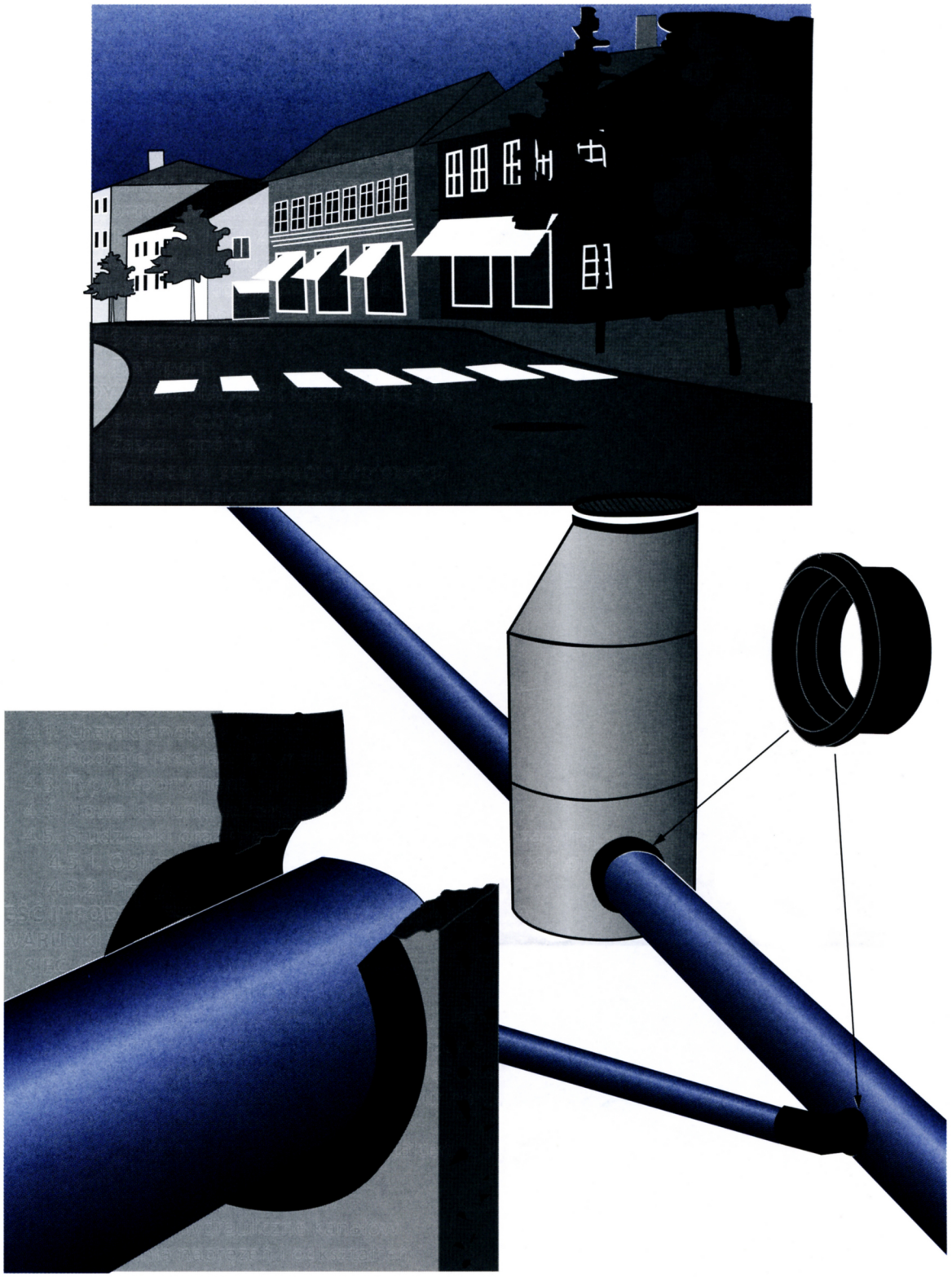
Rys. 8. Elementy studzienki kanalizacyjnej z PE



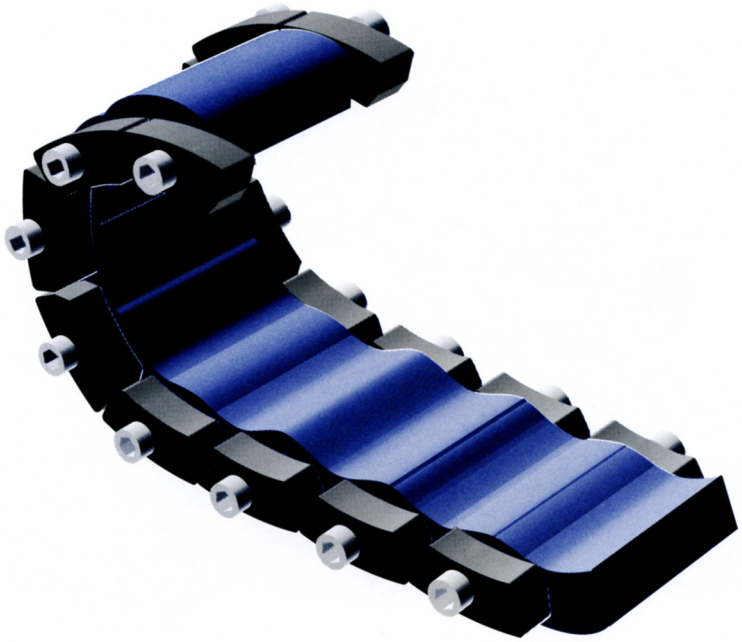
Rys. 9. Przekrój przejścia PE – beton

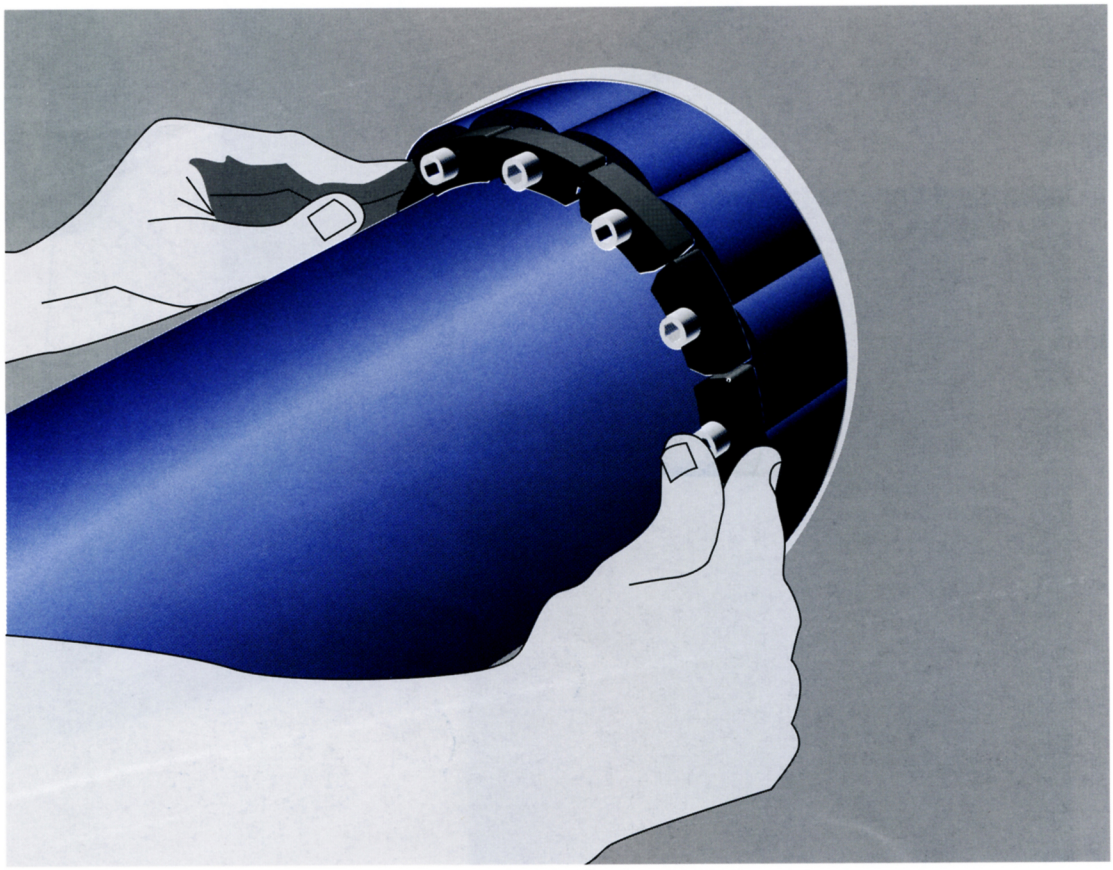


Rys. 10. Sposób montażu przejścia szczelnego

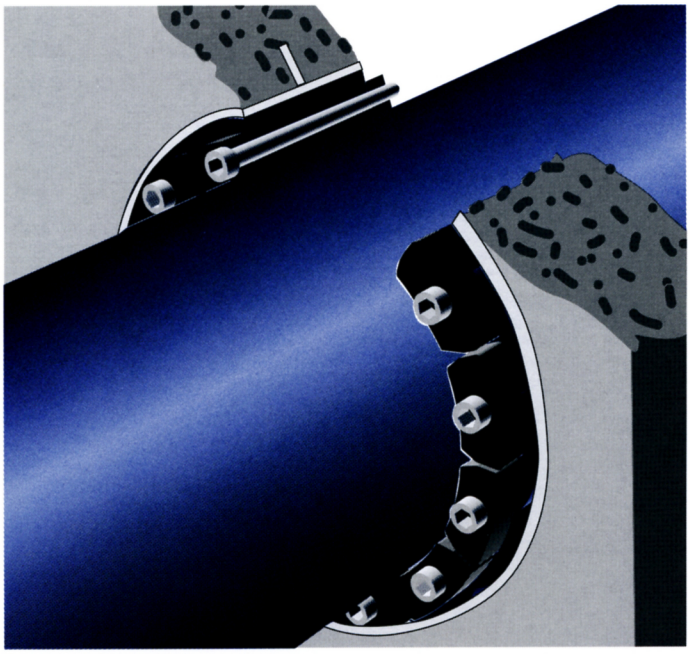


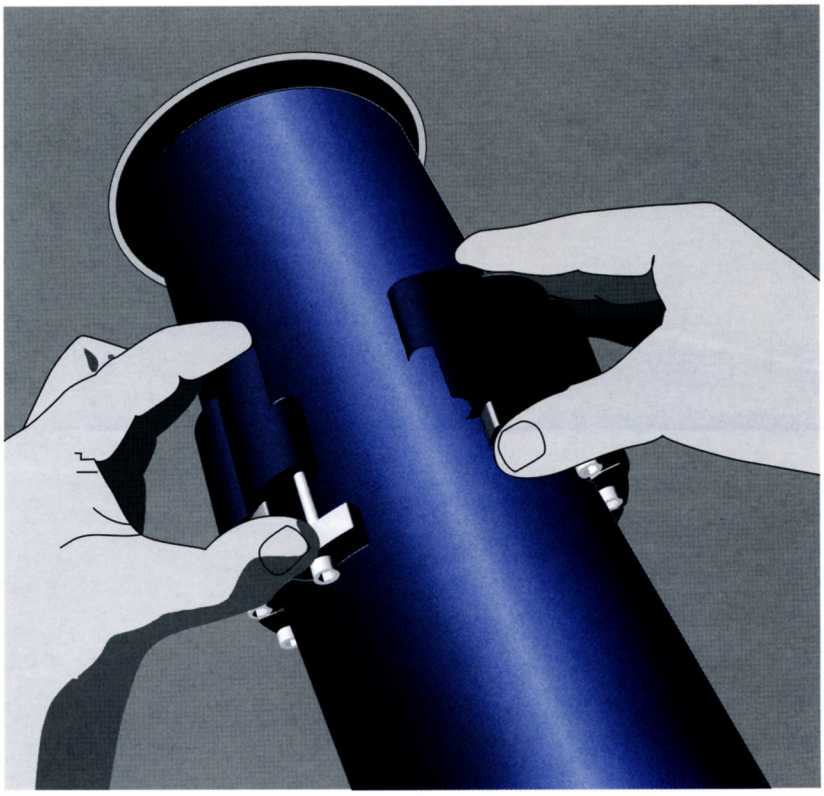
Rys. 11. Zastosowanie przejść szczelnych PE – beton





Rys. 12. Przykład przejścia szczelnego z zastosowaniem gumowej opaski łańcuchowej





Rys. 13. Przykład przejścia z zastosowaniem gumowej opaski łańcuchowej (przekrój – montaż)

WARUNKI WYJŚCIOWE

Podstawą projektowania są wiadomości teoretyczne i praktyczne wiedzy inżynierskiej w projektowaniu, budowie i eksploatacji wodociągów i kanalizacji, jak też znajomość odnośnej literatury. W projektowaniu obowiązuje stosowanie Polskich Norm i Norm Branżowych oraz uwzględnienie wymagań inwestora.

Uwaga: Znajomość PN i BN nie tylko zapewnia uwzględnienie obowiązujących ustaleń, ale w poważnym stopniu ułatwia opracowanie projektu w zakresie pełnego tematycznego wyczerpania wymaganej treści – zawartej w opracowaniu.
W przypadkach technicznie uzasadnionych (np. sąsiedztwo połączeń segmentowych) projektant powinien określić miejsca i wielkość bloków oporowych.

Opracowanie projektowe powinno zapewnić przede wszystkim trwałość inwestycji przy niskich kosztach eksploatacyjnych (z uwzględnieniem remontów) i ekonomicznie uzasadnionych kosztach realizacji budowy i okresu eksploatacji.

1. SIEĆ WODOCIĄGOWA

1.1. Obliczenia hydrauliczne

Doboru średnic przewodów z rur PE przy założonych dla nich wielkościach przepływu Q, z uwzględnieniem optymalnych prędkości przepływów i związanych z tym spadków ciśnienia, należy dokonać w oparciu o ustalenia PN-70/M-34034. Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia.

Natężenie przepływu oblicza się w oparciu o wzór Colebrooka-White'a:

$$Q = -6{,}95 \cdot \log [0{,}74 / \{d \sqrt{(d \cdot i \cdot 10^6)}\} + k / \{3{,}71 \cdot d\}] \, d^2 \cdot \sqrt{(d \cdot i)}$$

Spadek ciśnienia i średnica przewodu

Spadek linii ciśnienia oblicza się ze wzoru:

$$i = 0{,}08263 \, \lambda \, (Q^2 / d^5)$$

oraz

$$\Delta h = il = 0{,}08263 \, \lambda \, (Q^2 / d^5)$$

Rozwiązując to równanie względem średnicy d, otrzymujemy wzór:

$$d = 0{,}607 \sqrt[5]{(\lambda \cdot l \cdot Q^2 / \Delta h)} = 0{,}607 \sqrt[5]{(\lambda \cdot Q^2 / i)}$$

z którego można obliczyć średnicę rurociągu, znając inne wartości po prawej stronie równania.

Oznaczenia:
Q – przepływ wody w m^3/s,

d – wewnętrzna średnica rurociągu w m,
i – spadek linii ciśnienia w %,
h – strata ciśnienia w m.s.w,
l – długość przewodu w m,
λ – współczynnik tarcia.

Współczynnik tarcia oblicza się na podstawie wzoru Colebrooka-White'a, zgodnie z PN-70/M- 34034

$\lambda = f(Re, k/d)$
dla $\varnothing \leq 200$ mm
$k = 0{,}00001$ m
dla $\varnothing > 200$ mm
$k = 5 \times 10^{-5}$ m

Współczynnik tarcia λ ze względu na uwikłaną formę wzoru Colebrooka-White'a nie jest praktyczny i bez nomogramu trudno się nim posługiwać. W związku z tym w praktyce projektowej obliczenia strat ciśnienia wykonuje się korzystając z nomogramów.

Krzywe określające przepływ oznaczone są nazwami określającymi średnice zewnętrzne, ale wartości przepływów obliczane są dla średnic wewnętrznych. Umożliwia to odczyt rzeczywistego przepływu bez potrzeby interpolacji wyników.

Z diagramu odczytujemy liniowy spadek ciśnienia dla danej rury. Wartości oporów miejscowych takich elementów jak: łuki, zawory, zwężki, trójniki, wyloty itp., nie są brane do obliczeń.

Dla typowych projektów wodociągowych wartości te się pomija. W takim przypadku dodaje się 2–5% do wartości obliczonych strat liniowych rurociągu.

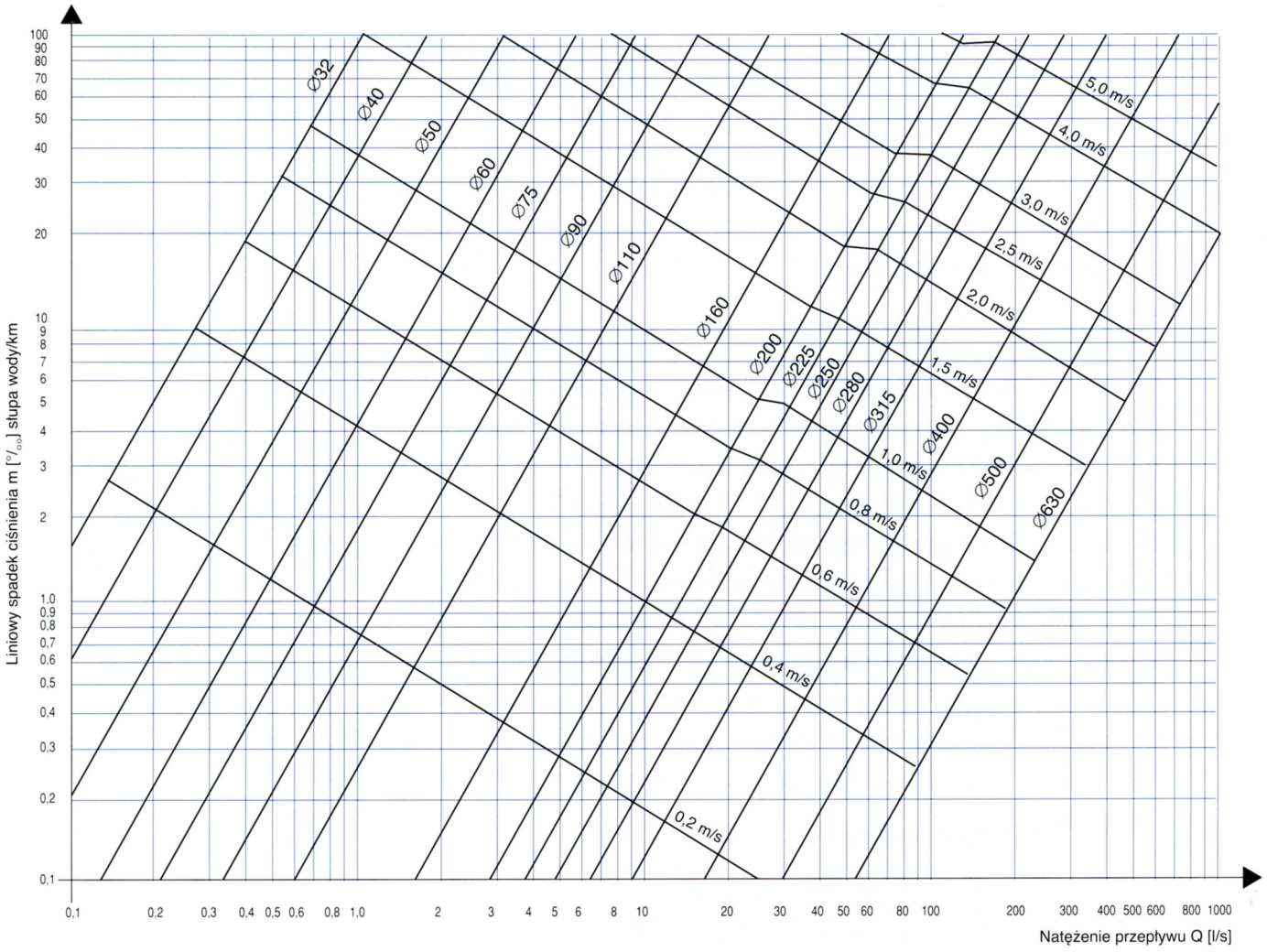
Dla projektów o większych prędkościach przepływu wody lub w przypadku, gdy powinny być uwzględnione straty ciśnienia na poszczególnych elementach, należy zastosować następujący wzór:

$\Delta H = \xi (v^2 / 2g)$
gdzie:
ΔH = strata ciśnienia [m słupa H_2O]
ξ = współczynnik oporu miejscowego
v = prędkość przepływu [m / s]
g = przyspieszenie ziemskie [$g = 9{,}81$ m / s^2]

Wykresy umożliwiające dobór podstawowych parametrów hydraulicznych zawierają rys. 14 i 15.

1.2. Wydłużenie liniowe przewodów z rur PE

Przy wahaniach temperatury rurociągi z PE, podobnie jak z innych materiałów, ulegają wydłużeniu lub skróceniu. Współczynnik rozszerzalności liniowej rur PE–HD wynosi a = 0,20 mm/1 m°K, a dla rur PE–LD a = 0,22 mm/1 m°K.



Rys. 14. Wykres doboru parametrów hydraulicznych dla rur ciśnieniowych PE 80 PN 10, PE 100 PN 16

Są to wielkości około dwudziestokrotnie większe od współczynnika rozszerzalności liniowej dla rur stalowych. Rurociągi z PE do przesyłania wody przy odchyleniach temperatury do ok. 20°C, a układane w ziemi o złączach zgrzewanych z uwagi na niski moduł sprężystości nie wymagają stosowania urządzeń kompensacji wydłużeń. Natomiast przy układaniu przewodów PE w pomieszczeniach lub kanałach (bez obsypki ziemnej) stosowanie urządzeń kompensacji wydłużeń jest nieodzowne.

1.3. Instalacje zewnętrzne – układanie przewodów w ziemi

1.3.1. Wytrzymałość rurociągu na obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne

W niniejszym podrozdziale omówiono obliczenia wytrzymałościowe rurociągów zagłębionych w gruncie, służących do przesyłania zimnej wody. Przyjęto zagłębienie tak, jak dla typowych wodociągów, tj. od 0,8 do 3,0 m i temperaturę przesyłanej wody 20°C. Dla innych przypadków należy wykonać indywidualne obliczenia, pamiętając o zmniejszaniu się wytrzymałości polietylenu wraz ze wzrostem temperatury.

1.3.2. Ogólna charakterystyka pracy rur ciśnieniowych zagłębionych w gruncie

Rura ciśnieniowa zagłębiona w gruncie znajduje się w złożonym stanie naprężenia. Ciśnienie wewnętrzne rury powoduje równomierne rozciąganie we wszystkich przekrojach. Nacisk pionowy od ciężaru zasypki i obciążenia naziomu powoduje w rurze zginanie ze ściskaniem. Największa siła ściskająca wystąpi w przekroju 2–2. W przekrojach 1–1 i 3–3 (rys. 16) włókna wewnętrzne są ściskane, a zewnętrzne rozciągane. Na rurę działa również parcie boczne q_h^1 spowodowane odporem obsypki. Największa siła ściskająca powstaje w przekrojach 1–1 i 3–3. Parcie poziome wywołuje rozciąganie włókien zewnętrznych i ściskanie wewnętrznych w przekrojach 1–1 i 3– 3 oraz rozciąganie włókien wewnętrznych i ściskanie włókien zewnętrznych w przekrojach 2–2. Tak więc parcie poziome ma korzystny wpływ na rozkład naprężeń w rurze, w szczególności przy dużych obciążeniach pionowych, ponieważ redukuje naprężenie od tych obciążeń. Parcie boczne, a w szczególności jego składnik q_h^2 zależy od materiału i stopnia zagęszczenia obsypki (rys. 19).

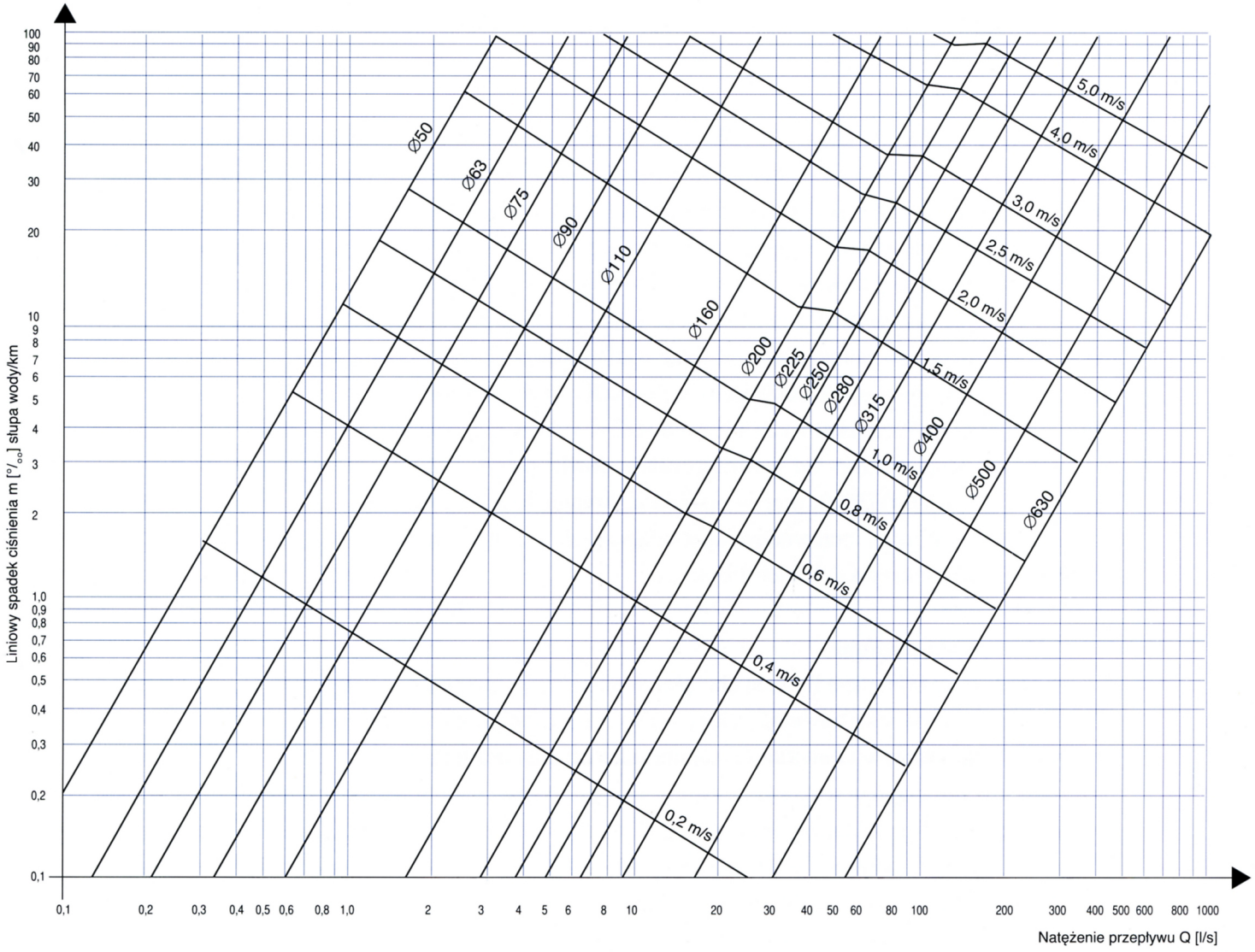
1.3.3. Metoda obliczeń

Wytrzymałość rur z PE–HD należy obliczać w oparciu o metodę stanów granicznych. Stan graniczny nośności sprawdza się przez porównanie naprężeń od obciążeń obliczeniowych w przekroju 2–2 z wytrzymałością obliczeniową na rozciąganie $|\sigma| \leq R$. Stan graniczny użytkowania sprawdza się przez porównanie odkształceń od obciążeń charakterystycznych z odkształceniem dopuszczalnym. Wobec braku odpowiednich normatywów przyjęto odkształcenie dopuszczalne.

$f = y / D = x / D = \leq 5\%$ (rys. 18).

Obciążenia

a) Obciążenia pionowe



Rys. 15. Wykres doboru parametrów hydraulicznych dla rur ciśnieniowych PE 80 PN 6, PE 100 PN 10

Obciążenia pionowe spowodowane są ciężarem zasypki oraz obciążeniem naziomu. Ponieważ ze względu na niewielkie zagłębienie rur wodociągowych wpływ ciężaru zasypki na całkowite obciążenie pionowe jest na ogół niewielki, dla uproszczenia obliczeń przyjęto z niewielkim błędem jeden uśredniony ciężar objętościowy zasypki wynoszący g = 20 kN/m^3. Obciążenie naziomu w terenie poza drogą należy przyjmować zgodnie ze stanem faktycznym, nie mniej jednak niż 5 kN/m^2 na powierzchni nieograniczonej + obciążenie samochodem ciężkim według PN-82/B-02004 (tabela 2 p.5). Obciążenie drogowe i tramwajowe przyjęto zgodnie z normą PN-85/S-10030, stosując jednolity, niezależny od głębokości współczynnik dynamiczny φ, co jest zgodne z normami zagranicznymi ATV – Regelwerk: Arbeitsblatt A 127. Richtlinie für die statische Berechnung von Entwasserungskanalen und – leitungen. Abwassertechnische Vereinigung e.V. St. Augustin 1988 (niemiecka) i SIA 190: Kanalisationen (Leitungen. Normal – und Sonder – bauwerke), Norm Schweizerischer Ingenieur – und Architektenverein (Szwajcaria) oraz z wynikami badań poligonowych przeprowadzonych we Francji. Przyjęto φ = 1,3. Naprężenia pionowe w gruncie od obciążeń pionowych obliczono wzorem Boussinesque'a dla klasy A, B, C i taboru tramwajowego i przedstawiono na wykresach. Wykres dla obciążenia tramwajowego odnosi się do torowisk wydzielonych. W przypadku torowiska w jezdni, należy porównać obciążenie tramwajowe i obciążenie drogowe dla odpowiedniej klasy i wybrać wariant bardziej niekorzystny. Rurociągi z rur PE–HD pod torami kolejowymi należy układać w stalowych rurach osłonowych zgodnie z wymogami PKP. Obliczenie obciążeń rur stalowych nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania. Inne, rzadko występujące obciążenia (np. od sąsiadujących budowli) należy obliczać na podstawie obowiązujących norm (PN-81/B-003020) oraz w oparciu o aktualną literaturę techniczną, np. A. Kuliczkowski „Obliczenie konstrukcji przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych ułożonych w gruncie", Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1988.

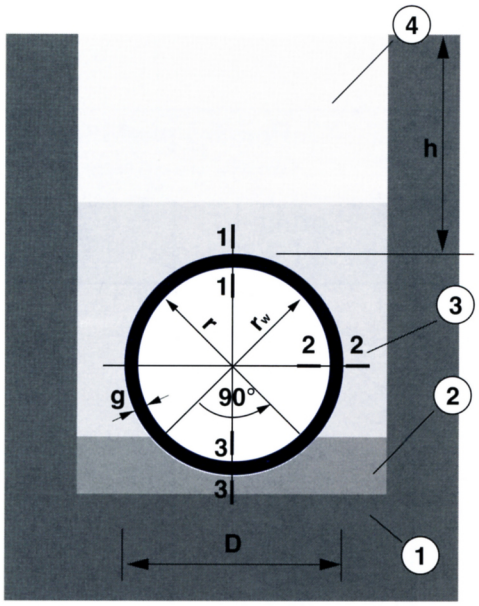
b) Obciążenia poziome

Obciążenie poziome jest funkcją obciążenia pionowego i współczynnika sztywności obsypki E_z. Współczynnik sztywności obsypki zależy od rodzaju użytego gruntu i stopnia jego zagęszczenia. Wartości E_z dla gruntów stosowanych na obsypkę rur PE–HD podano w tabeli nr 7. W przypadku wykonywania rurociągu w wykopie umocnionym, gdy szalunek lub ściankę wyjmuje się po wykonaniu zagęszczenia obsypki, należy przyjmować wskaźnik zagęszczenia $I_S \leq 85\%$. Ponieważ sztywność obsypki określona modułem odkształcenia ma decydujące znaczenie dla wytrzymałości rurociągu, konieczna jest stała kontrola wskaźnika zagęszczenia podczas obsypywania rurociągu, przeprowadzana przez uprawnioną jednostkę geotechniczną.

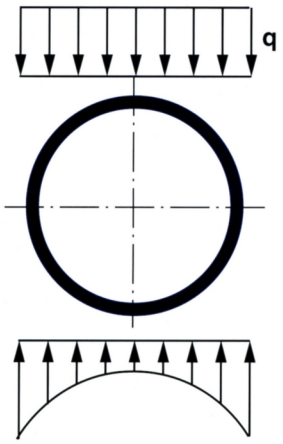
Tabela nr 7. Moduł odkształcenia obsypki E_z [MPa] w zależności od rodzaju gruntu i wskaźnika zagęszczenia wg normalnej próby Proctora (str. 50).

Do klasy I zaliczono piaski grube i średnie dobrze uziarnione, do klasy II – piaski grube i średnie równoziarniste, piaski drobne i pylaste oraz piaski gliniaste.

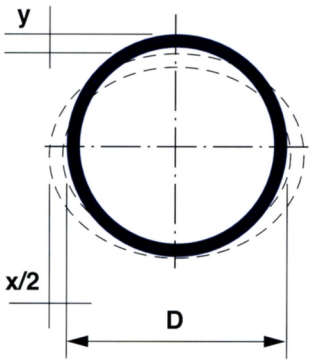
Jeżeli grunt rodzimy ma moduł odkształcenia mniejszy niż obsypka, co może mieć miejsce w gruntach niespoistych w stanie luźnym $I_p < 0{,}33$ lub w gruntach spoistych nieskonsolidowanych



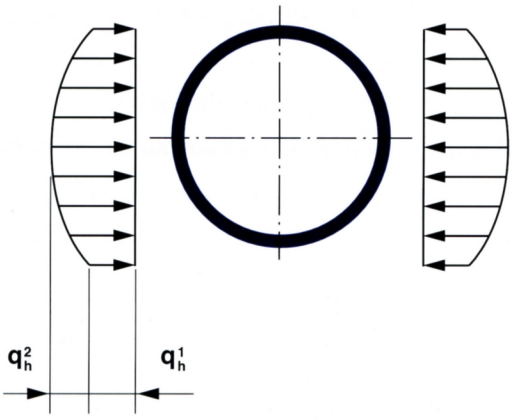
Rys. 16. Oznaczenia przyjęte w obliczeniach
1 – podłoże, 2 – podsypka
3 – obsypka, 4 – zasypka



Rys. 17. Obciążenie pionowe działające na rurę



Rys. 18. Odkształcenie od obciążenia pionowego



Rys. 19. Obciążenie parciem poziomym

Tabela 7. Moduł odkształcenia obsypki E_Z [MPa] w zależności od rodzaju gruntu i wskaźnika zagęszczenia

E_Z [MPa]	Powyżej poziomu wody gruntowej		Poniżej poziomu wody gruntowej	
I%	grunt kl. I	grunt kl. II	grunt kl. I	grunt kl. II
85	2,4	1,2	1,2	0,6
86	2,9	1,4	1,6	0,8
87	3,5	1,7	2,1	1,0
88	4,2	2,1	2,7	1,4
89	5,1	2,5	3,5	1,8
90	6,1	3,0	4,6	2,3
91	7,4	3,7	5,9	3,0
92	8,9	4,5	7,6	3,8
93	10,7	5,4	9,7	4,9
94	13,0	6,5	12,3	6,2
95	15,6	7,8	15,6	7,8
96	18,9	9,4	18,9	9,4
97	22,8	11,4	22,8	11,4

przy $I_L > 0{,}00$ lub w gruntach spoistych skonsolidowanych przy $I_L > 0{,}25$ należy uwzględnić to w obliczeniach, przyjmując moduł odkształcenia obsypki równy modułowi gruntu rodzimego, lub projektując wykop o szerokości $b_w \leq 4D$.

1.3.4. Obliczanie naprężeń i odkształceń

a) Naprężenia

W rurze obciążonej parciem pionowym i poziomym oraz ciśnieniem wewnętrznym naprężenie w przekroju 2–2 (rys. 16) sprawdza się wzorem:

$$|\sigma| = | (N/g) \pm [(6 \cdot M) / g^2] - [(p \cdot r_w) / g] | \leq R$$

gdzie:

$N = (q \cdot D) / 2$ – siła podłużna ściskająca

$M = q \cdot (0{,}250 - 0{,}196 \cdot a) \cdot r^2$ – moment zginający (wzór przybliżony)

$a = 0{,}74 / [0{,}083 \cdot K_o + 0{,}060]$ – współczynnik zależny od sztywności rurociągu

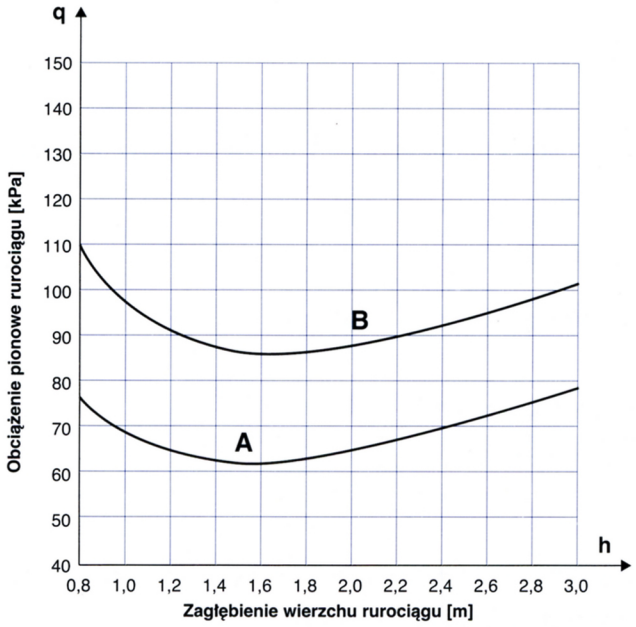
$K_o = (E_o / E_z) \cdot (g / r)^3$

E_o – moduł sprężystości przy obciążeniu doraźnym, $E_o = 1000$ MPa

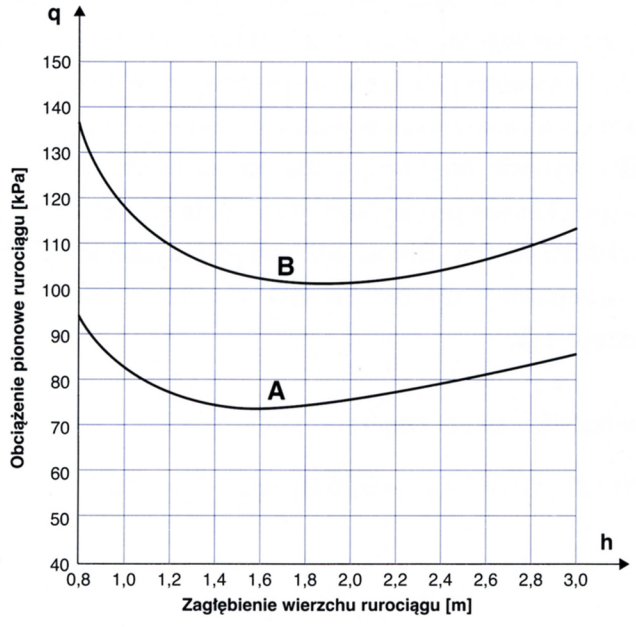
p – ciśnienie obliczeniowe w rurociągu

D, g, r, r_w – według rys. 16

R – wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie



Rys. 20. Obciążenie taborem klasy A i ciężarem zasypki (PN–85/S–10030)
A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 21. Obciążenie taborem klasy B i ciężarem zasypki (PN–85/S–10030)
A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe

R = 5 MPa dla MRS 63
R = 6,3 MPa dla MRS 80
R = 8,0 MPa dla MRS 100
(w temp. 20°C).

Po podstawieniu wartości liczbowych otrzymujemy dla rur PE–HD na ciśnienie robocze 0,6 MPa:

$$| \sigma_{min} | = | 8{,}8 \cdot q - s(0{,}6) \cdot q - 8{,}25 \cdot p | \leq R$$
$$\sigma_{max} = 8{,}8 \cdot q + s(0{,}6) \cdot q \leq R$$

a dla rur PE–HD na ciśnienie robocze 1,0 MPa:

$$| \sigma_{min} | = | 5{,}6 \cdot q - s(1{,}0) \cdot q - 5{,}25 \cdot p | \leq R$$
$$\sigma_{max} = 5{,}5 \cdot q + s(1{,}0) \cdot q \leq R$$

gdzie:

q – obciążenie pionowe rurociągu (obliczeniowe) z wykresu na rysunkach od nr 20 do 24 (A i B),

s – współczynnik z wykresu na rys. nr 25 (A i B),

p – ciśnienie obliczeniowe w rurociągu

σ_{max} – występujące w rurociągu, w którym nie ma ciśnienia. Wówczas warunek $\sigma_{max} \leq R$ jest spełniony, jeżeli obliczeniowe obciążenie pionowe rurociągu q nie przekracza obciążeń dopuszczalnych dla stanu granicznego nośności na wykresach E_z - q (wykresy na rys. 25 i 26 /A i B/).

W przekrojach 1–1 i 3–3 siła ściskająca N pochodzi od parcia bocznego i odporu obsypki. Przy słabo zagęszczonej obsypce, szczególnie dla rur na ciśnienie 1,0 MPa, siła ta jest mniejsza od siły ściskającej w przekroju 2–2 wywołanej obciążeniem pionowym. W tym przypadku $| \sigma_{min} |$ w przekroju 2–2. Różnica w naprężeniach całkowitych w przekroju 1–1 i 2–2 może w skrajnym przypadku dla rur na ciśnienie 0,6 MPa wynosić do 3,0%, a dla rur na ciśnienie 1,0 MPa do 8%, natomiast w zakresie praktycznym spotykanych przypadków wynosi dla rur na ciśnienie 0,6 MPa około 1–2%, a dla rur na ciśnienie 1,0 MPa do 5%. Biorąc pod uwagę przybliżony charakter całej metody, jak również współczynnik materiałowy dla rur PE–HD $\gamma = 2{,}5$ można dla uproszczenia obliczyć naprężenia tylko w przekroju 2–2.

b) Odkształcenia

Odkształcenia sprawdza się wzorem empirycznym:

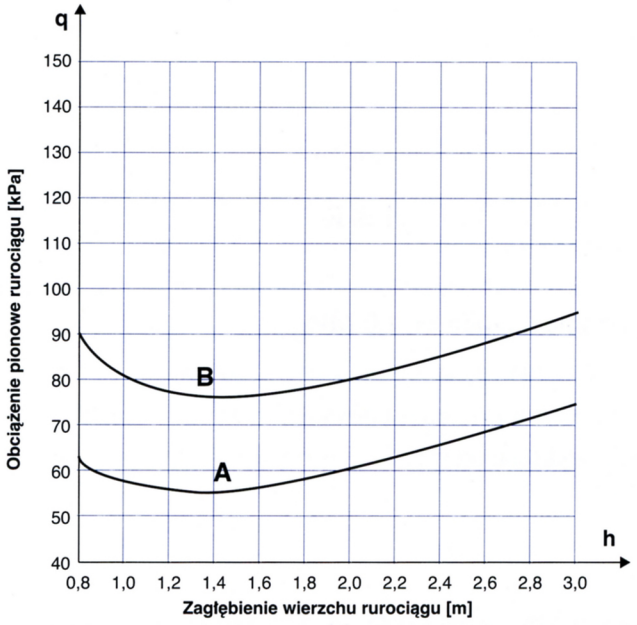
$$f = y / D = x / D = [0{,}125 / (0{,}083 \cdot K_t + 0{,}061)] \cdot (q^k / E_z) \leq 0{,}05$$

gdzie:

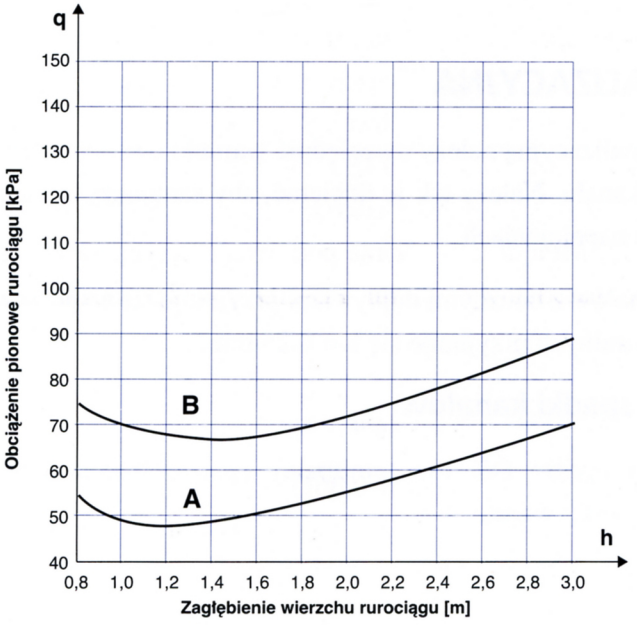
$$K_t = (E_t / E_z) \cdot (g / r)^3$$

E_t – moduł pełzania = 150 MPa

q^k – charakterystyczne obciążenie pionowe z wykresu na rysunkach od 20 do 24 (A i B).



Rys. 22. Obciążenie taborem klasy C i ciężarem zasypki (PN–85/S–10030)
A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 23. Obciążenie tramwajem i ciężarem zasypki (PN–85/S–10030)
A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe

Powyższy warunek jest spełniony, jeżeli charakterystyczne obciążenie pionowe nie przekracza obciążeń dopuszczalnych dla stanu granicznego użytkowania na wykresach E_z – q (wykresy na rys. 26 i 27 – A i B).

Przykład obliczeń:

Wykonać obliczenia wodociągu projektowanego z rur PE-HD. Rurociąg przebiegać będzie w terenie nie zabudowanym poza jezdnią, ciśnienie w rurociągu 0,6 MPa. Przykrycie rurociągu 1,5 m. Z wykresu na rys. 24 odczytujemy: dla głębokości 1,5 m charakterystyczne obciążenie pionowe rurociągu wynosi 47 kPa = 0,047 MPa i obciążenie obliczeniowe 0,056 MPa.

Z wykresu na rys. 26 odczytujemy stan graniczny użytkowania czyli ugięcia, który jest spełniony dla E_z = 2 MPa, jak również stan graniczny nośności jest spełniony dla E_z = 2 MPa – dla wartości 0,047 MPa i 0,056 MPa; z wykresu na rys. 25 odczytujemy dla E_z = 2 MPa współczynnik s = 58.

Sprawdzamy:

$|\sigma_{min}| = (8{,}8 \times 0{,}056 - 58 \times 0{,}056 - 8{,}25 \times 0{,}6) = |-7{,}7|$ MPa $> 6{,}3$ dla materiału PE 80

$= |-7{,}7|$ MPa $< 8{,}0$ dla materiału PE 100

dla materiału PE 80 należy zagęścić obsypkę do 89% dla gruntu kl. I, co zwiększy współczynnik sztywności E_z = 5,2 MPa.

$|\sigma_{min}| = (8{,}8 \times 0{,}056 - 34 \times 0{,}056 - 8{,}25 \times 0{,}6) = |-6{,}1|$ MPa $< 6{,}3$ MPa.

2. SIEĆ KANALIZACYJNA

Projektując sieć kanalizacyjną należy uwzględnić warunki uzyskania prędkości zapewniających samooczyszczanie się kanału. Należy tak je dobierać, aby samooczyszczanie wystąpiło przy minimalnych przepływach i napełnieniach.

W obliczeniach kanałów z bocznymi dopływami przyjmuje się współczynnik tarcia k = 0,4 mm, a dla kolektorów magistralnych przyjmuje się k = 0,25 mm.

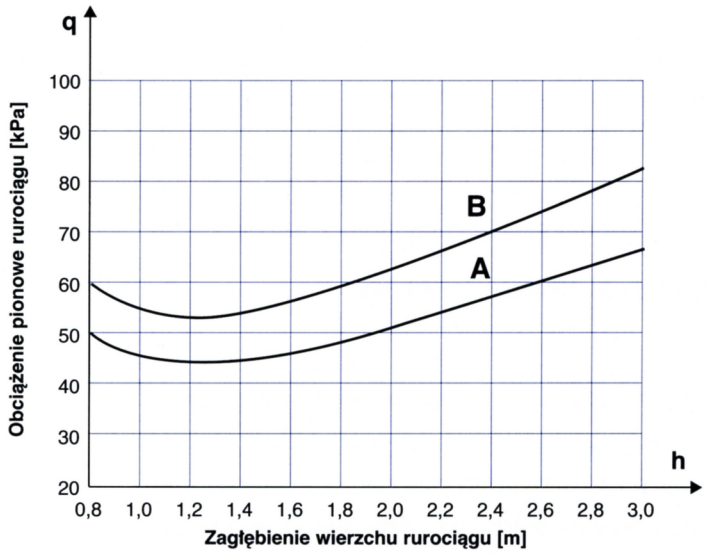
2.1. Minimalne spadki kanałów

Według określonej normy DS 432 minimalny spadek hydrauliczny zapewniający samooczyszczanie obliczany jest z wzoru:

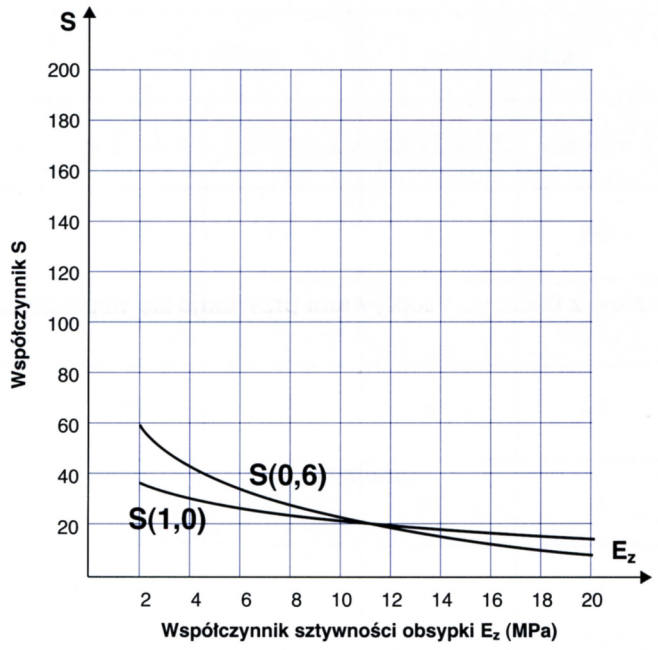
$$\tau = \gamma \cdot i \cdot R$$

gdzie:

τ – minimalne naprężenie ścinające
- 0,225 kg/m² dla ścieków
- 0,135 kg/m² dla wód deszczowych



Rys. 24. Obciążenie poza drogami wg PN–82/B–02004 i ciężarem zasypki
A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 25. Współczynnik sztywności obsypki E_Z (MPa)

γ – ciężar właściwy transportowanych ścieków kg/m^3
i – spadek hydrauliczny m/m
R – promień hydrauliczny m

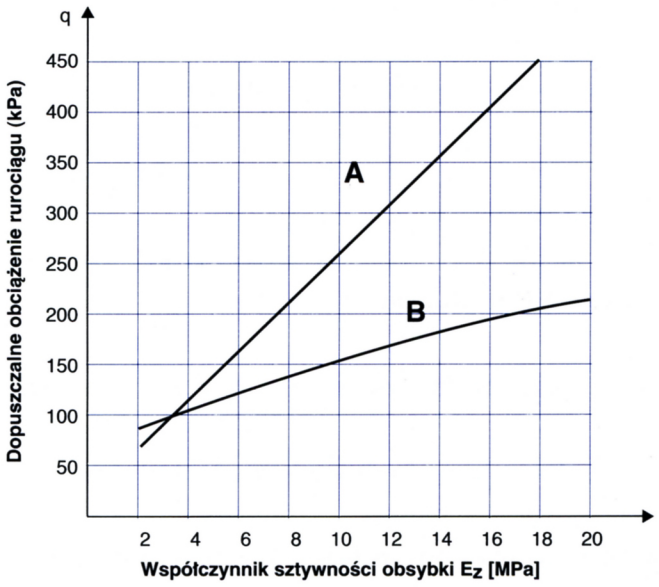
Maksymalna prędkość przepływu nie powinna przekraczać 4 m/s, jest to związane ze sposobem odprowadzania ścieków i ilościowej zawartości zanieczyszczeń twardych, a równocześnie zwiększenia spadków kanału, czyli zagłębienia.
Tabela nr 8 przedstawia minimalne spadki kanałów z rur PE.

2.2 Obliczenia hydrauliczne kanałów

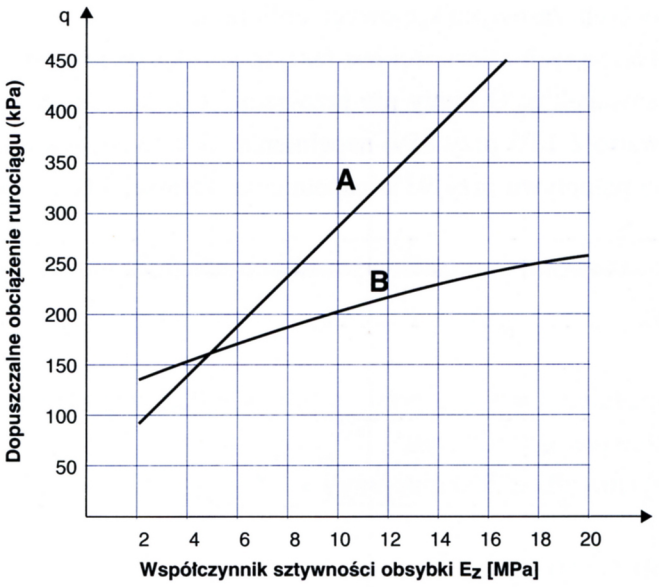
Określenie oznaczeń:
Q – przepływ ścieków przy całkowitym napełnieniu kanału [m^3/s]
q_n – przepływ ścieków przy częściowo napełnionym kanale [m^3/s]
V – prędkość przepływu przy całkowicie napełnionym kanale [m/s]
v_n – prędkość przepływu przy częściowo napełnionym kanale [m/s]
i – spadek kanału [m/m]

Tabela 8. Minimalne spadki kanałów dla rur z PE

Średnica D	Kanalizacja ściekowa v = 0,8 m/s		Kanalizacja ogólnospławna V = 1,0 m/s		Kanalizacja deszczowa V = 0,6 m/s	
	spadek i = ‰		spadek i = ‰		spadek i = ‰	
	k = 0,4 mm	k = 0,25 mm	k = 0,4 mm	k = 0,25 mm	k = 0,4 mm	k = 0,25 mm
160	6,0	4,5	9,5	6,5	3,4	2,7
200	4,5	3,5	7,0	5,2	2,5	2,0
250	3,4	2,6	5,2	4,0	1,8	1,5
315	2,5	2,0	4,0	3,0	1,4	1,2
400	1,8	1,7	2,8	2,6	1,0	1,0
500	1,4	1,3	2,1	2,0	0,78	0,8
630	1,0	1,1	1,5	1,54	0,58	0,61



Rys. 26. Dopuszczalne obciążenie rurociągu w zależności od współczynnika sztywności obsypki dla rur PE–HD, typ 50 0,6 MPa
A – stan graniczny ugięć, B – stan graniczny nośności



Rys. 27. Dopuszczalne obciążenie rurociągu w zależności od współczynnika sztywności obsypki dla rur PE–HD, typ 50 1,0 MPa
A – stan graniczny ugięć, B – stan graniczny nośności

d – średnica wewnętrzna kanału [m]
h_n – wysokość częściowego napełnienia kanału [m]
k – współczynnik tarcia [mm]
$a = h_n/d$ – stosunek wysokości częściowego napełnienia kanału do wysokości przy całkowitym napełnieniu
A – stosunek wielkości przepływów q_n przy różnych napełnieniach kanału h_n do wielkości przepływów Q przy całkowitym napełnieniu d (rys. 28)
B – stosunek prędkości ścieków przy różnych wysokościach napełnienia h_n do prędkości przepływu V przy całkowitym napełnieniu d (rys. 28).

Obliczenia przepływu przez kanały przeprowadza się w oparciu o wzór Prandtla–Colebrooka:

$$Q = -6{,}95 \log [0{,}74/(d \sqrt{d \cdot i \cdot 10^6}) + k/(3{,}71 \cdot d)] \sqrt{d^2 \cdot (d \cdot i)} \quad [m^3/s]$$

Obliczenia przepływów przez częściowo wypełnione kanały przeprowadza się na podstawie wzoru Brettinga:

$$q_n/Q = 0{,}46 - 0{,}5 \cos (\pi \cdot h_n/d) + 0{,}04 \cos (2\pi \cdot h_n/d)$$

Kształty krzywych funkcji Q(A) oraz V(B) podane na rysunku nr 28 wg wzoru Brettinga, a stosowane w literaturze zachodniej odbiegają kształtem od wartości przedmiotowych stosunków będących w użyciu w dotychczasowych krajowych obliczeniach.

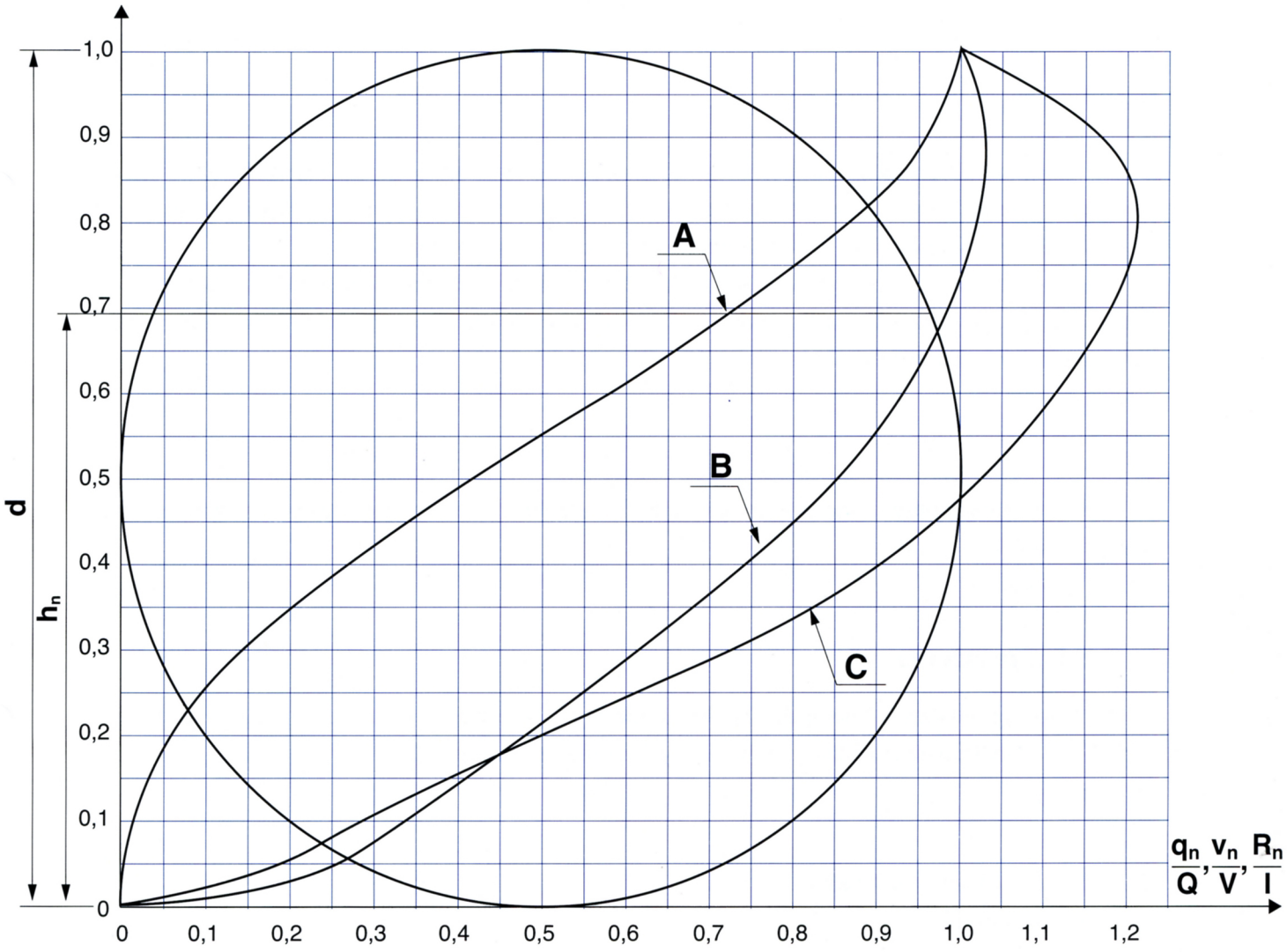
Cechą charakterystyczną tych zależności jest fakt, że w zakresie przepływów Q w zależności od napełnienia $a = h_n/d$, stosunek q_n/Q nigdy nie przekracza 1,0; natomiast w zakresie prędkości V, stosunek v_n/V osiąga wartość 1,05 przy 85% napełnienia. W dotychczasowych krajowych obliczeniach przyjmowano dla przepływu przy 93% napełnienia wartości 1,07, a dla prędkości przy 80% napełnienia wartości 1,16.

Przykład obliczeniowy:

Dla kanału ∅ 500 ze spadkiem $i = 1{,}4‰$ przy wartości k = 0,25 mm określić przepływ q_n i v_n przy częściowym jego napełnieniu $h_n = 320$ mm.
Z nomogramu 29 odczytamy dla ∅ 500 mm przy $i = 1{,}4‰$ Q = 130 dm^3/s V = 0,85 m/s.

Grubość ścianki rury dla ∅ 500 wynosi 19,1 mm.
Wewnętrzna średnica rury d = 461,8 mm.
Stosunek częściowego napełnienia do maksymalnego

$$a = h_n/d = 320/461{,}8 = 0{,}69$$



Rys. 28. Zależność przepływów, prędkości ścieków i promienia hydraulicznego od stopnia napełnienia kanału

z rysunku nr 28 odczytujemy dla wartości a = 0,69 i krzywej przepływu A

$q_n = Q \cdot 0{,}72 = 130 \cdot 0{,}72 = 93{,}6\ dm^3/s$

$v_n = 0{,}85 \cdot 0{,}98 = 0{,}833$ [m/s]

2.3. Obliczenia naprężeń i odkształceń

Rura ułożona w ziemi przenosi czasami dość znaczne obciążenia, przyłożone w różnych miejscach. Rurociąg pracuje w dwóch płaszczyznach:

a) równoległej do osi podłużnej rury

b) prostopadłej do osi podłużnej rury.

Ze względu na właściwości polietylenu warunku „a" nie musimy obliczać, natomiast „b" trzeba dokładnie przeanalizować. Aby obciążenie działało równomiernie, należy wykonać podsypkę o określonej gęstości i module E_z w celu rozłożenia nacisków skupionych.

Strefa sięgająca L 20 cm powyżej wierzchu rury powinna być odpowiednio zagęszczona i bez kamieni. Obliczenia naprężenia i odkształcenia rury polietylenowej należy dokonywać w oparciu o metodę stanów granicznych:

– nośności

– użytkowania.

Odkształcenia dopuszczalne mogą wynosić 5–6%, ale do obliczeń przyjmujemy ze względu bezpieczeństwa 4%

$f = y/D = 4\%$

2.3.1. Obciążenia

Na rurociąg ułożony w ziemi działa obciążenie wywołane ciężarem zasypki oraz obciążeniem naziemnym. Obciążenie charakterystyczne zasypki obliczamy ze wzoru:

$q = \gamma \cdot h \cdot D$

gdzie:

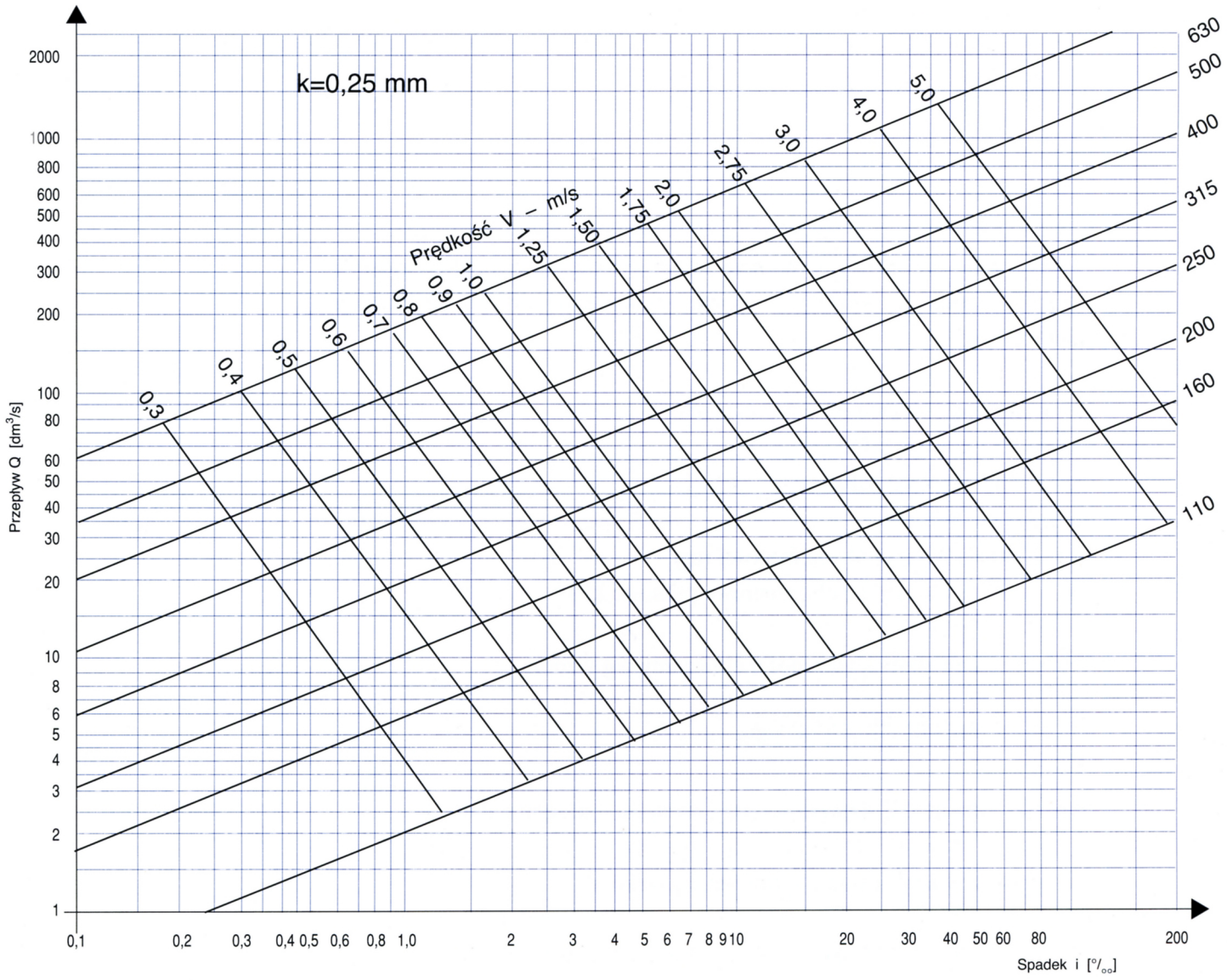
γ – ciężar objętościowy zasypki

h – wysokość zasypki

D – średnica rury.

Obciążenie poziome składa się z parcia pośredniego gruntu, które zbliżone jest do parcia czynnego i z odporu gruntu wywołanego odkształcaniem się rury pod wpływem obciążenia pionowego. Wielkość reakcji gruntu zależna jest od parcia pionowego i od stosunku sztywności obsypki do sztywności rury, który określany jest jako współczynnik sztywności K_o.

$K_o = E_o/E_z \cdot (g/r)^3$



Rys. 29. Nomogram do obliczania przepływów w rurach z PE przy całkowitym napełnieniu wg wzoru Prandtla-Colebrooka przy k = 0,25 mm i temp. 10°C

E_z – moduł odkształcenia obsypki
E_o – moduł sprężystości rury przy obciążeniu doraźnym (1000 MPa)
g i r – wymiary wg rysunku 16
E_z – moduł podano w tabeli nr 7 (str. 50)

2.3.2. Sprawdzenie stanów granicznych

Stan graniczny nośności obliczamy wg wzoru:

$$\delta = N/g+6M/g^2 < R$$

gdzie:

$N = q \cdot D/2$ – podłużna siła ściskająca od obciążeń obliczeniowych
$M = q\ (0{,}250 - 0196a)\ r^2$ – moment zginający od obciążeń obliczeniowych
$a = 0{,}074\ (0{,}083 \cdot K_o + 0{,}06)$ – współczynnik zależny od sztywności rurociągu
$K_o = E_o/E_z\ (g/r)^3$

R – wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie
dla PE 80, R = 6,3 MPa
dla PE 100, R = 8,0 MPa

E_o = 1000 MPa – moduł sprężystości rury
q – całkowite obciążenie obliczeniowe pionowe kPa.

Stan graniczny utraty stateczności obliczamy wg wzoru:

$$q_{k_r} = 0{,}58\ \sqrt{[E_t \cdot E_z \cdot (g/r)^3]} < 2{,}5\ q$$

E_t = 300 MPa moduł spężystości przy obciążeniu długotrwałym

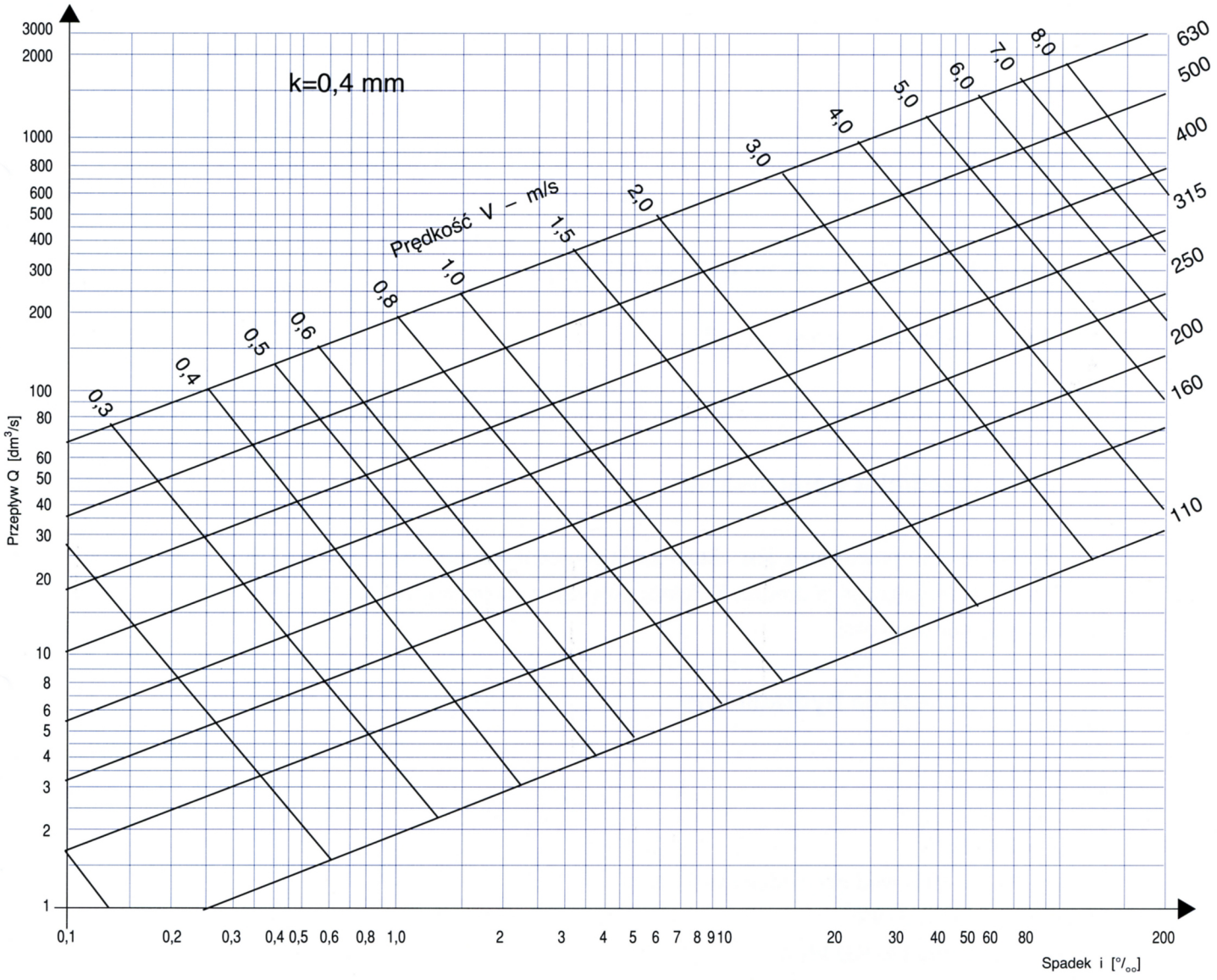
Stan graniczny użytkowania sprawdza się wzorem:

$$f = x/D = y/D = [0{,}125/(0{,}083 \cdot K_t + 0{,}061)]\ q_k/E_z \leqslant 0{,}04$$

gdzie $K_t = (E_t/E_z)\ (g/r)^3$

współczynnik przy obciążeniu długotrwałym

q_k – całkowite charakterystyczne obciążenie pionowe (kPa) z wykresu na rys. od 31 do 40.



Rys. 30. Nomogram do obliczania przepływów w rurach z PE przy całkowitym napełnieniu wg wzoru Prandtla-Colebrooka przy k = 0,4 mm i temp. 10°C

Przykład obliczeniowy:

Zaprojektować rurociąg o średnicy D = 315 mm pod terenem nie zabudowanym w jezdni h = 3,5 m; γ_{gr} = 22 kN/m^3. Rurociąg poniżej wód gruntowych.

Z wykresu na rys. 31 odczytujemy q_k = 89 kPa i q = 118 kPa.
Z powodu trudnego gruntu wyniki musimy uzupełnić.

$q_k = 89 - 20 \cdot 3{,}5 + 22 \cdot 3{,}5 = 96$ kPa
$q = (118 - 20 \cdot 3{,}5 + 22 \cdot 3{,}5) \cdot 1{,}2 = 150$ kPa
Z wykresu na rys. 43 odczytujemy obsypkę o module E_z = 10 MPa, z tablicy nr 7 odczytujemy obsypkę z gruntu kl. I zagęszczonego do I_s = 94%.

2.4. Przykład obliczeń wytrzymałościowych

2.4.1. Podstawa opracowania

Adaptacji dokonano na podstawie projektu technicznego kolektora kanalizacyjnego 630 mm.

2.4.2. Przedmiot opracowania

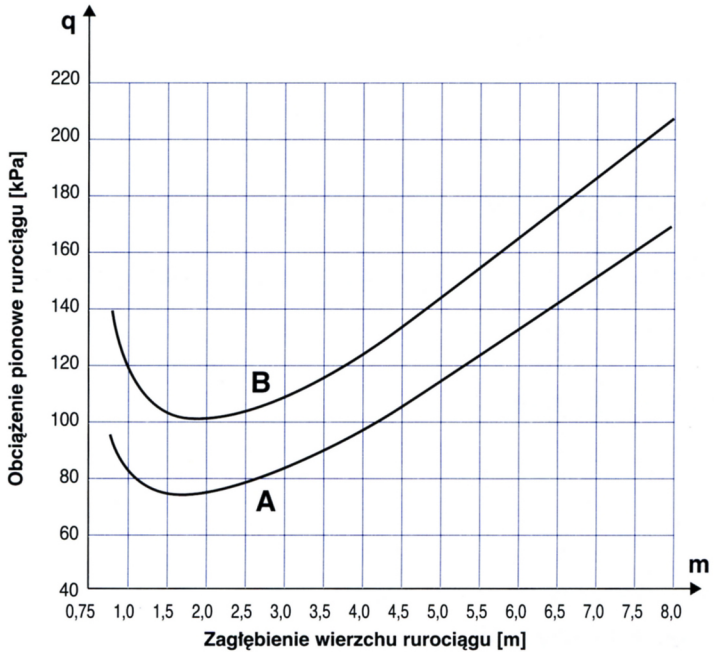
Przedmiotem opracowania jest aktualizacja projektu technicznego dolnego odcinka kolektora 630 mm, przebiegającego w drodze. Kolektor powyższy ma prowadzić ścieki do oczyszczalni wyżej położonych miejscowości.

2.4.3. Obliczenia hydrauliczne

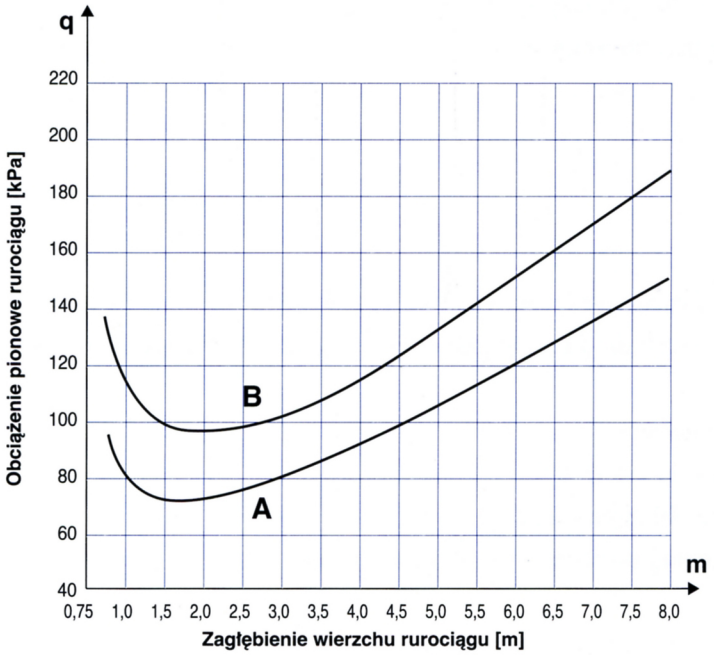
Założenia:

Q_{max} = 190 dm^3/s
$Q_{obl} = Q_{max}$ + 10% wód przypadkowych
spadek kanału i = 5÷9%
∅ 630 x 24,1 rura PE-HD PN 4
dla warunków jak wyżej

Q = 450 dm^3/s, V = 1,75 m/s
dla Q_{max}



Rys. 31. Obciążenie taborem klasy A i ciężarem zasypki γ = 20 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 32. Obciążenie taborem klasy A i ciężarem zasypki γ = 18 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe

q/Q = 0,43
a = 0,51
h_n = 0,51 x 580 = 295,8 mm
V_n = 0,86 x 1,75 = 1,5 m/s

2.4.4. Materiał do budowy kanału

Kanał zaprojektowano z rur (PE 80) PN 4 łączonych przez zgrzewanie czołowe. Średnica rur ∅ 630.

2.4.5. Obliczenia statyczne

A) Kanał z rur PE
– głębokość 2,0÷4,0 m
– obciążenie 20 kN/m^2
– wytrzymałość 8 MPa (obliczeniowa R = 6,3 MPa)
– ciężar objętościowy obsypki 18 kN/m^3

Obliczenia wymaganego wskaźnika zagęszczenia zasypki:

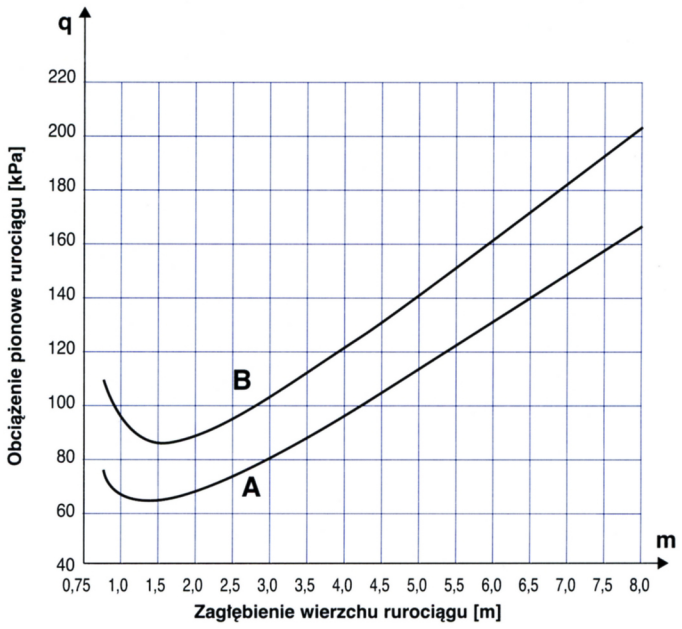
h_{min} = 2,0 m
q_k = 75 kPa obciążenie charakterystyczne
q = 100 kPa obciążenie obliczeniowe

dla h_{max} = 4,0 m
q_k = 96 kPa
q = 125 kPa

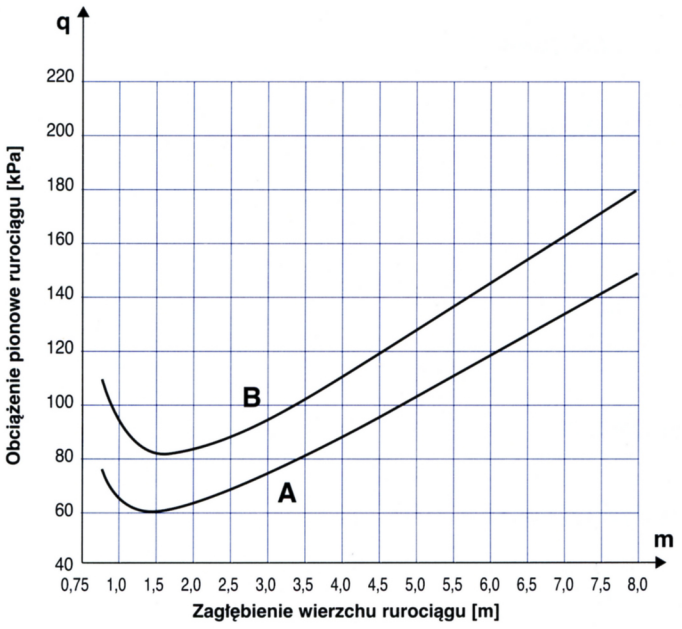
Zasypka granulatem żwirowo-otoczkowym kl. 1, z wykopu. Minimalny moduł sprężystości powyżej poziomu wód gruntowych dla kl. 1, wg tabeli nr 7 E_z = 6,5 MPa, stopień zagęszczenia = 91%.

B) Stan graniczny nośności
– zasypka z gruntu kl. 1, γ = 18 kN/m^3
– ∅ 630 pod drogą dla obciążenia kl. A
– woda gruntowa poniżej poziomu posadowienia kanału

h_{min} = 2,0 m
obciążenie charakterystyczne q_k = 72 kPa
obciążenie obliczeniowe q = 95 kPa
h_{max} = 4 m



Rys. 33. Obciążenie taborem klasy B i ciężarem zasypki γ = 20 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 34. Obciążenie taborem klasy B i ciężarem zasypki γ = 18 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe

obciążenie charakterystyczne $q_k = 91$ kPa
obciążenie obliczeniowe q = 117 kPa

dla q_k (h_{min}) = 91 kPa wymagana obsypka o sztywności $E_z = 5{,}8$ MPa
dla q_k (h_{max}) = 117 kPa wymagana obsypka o sztywności $E_z = 6{,}0$ MPa

$\sigma = N/e + 6\ M/g^2 < R$

$N = q \cdot D/2 = 0{,}037$
$M = q\ (0{,}25 - 0{,}196\ a)\ r^2$
$a = 0{,}074/(0{,}083 \cdot Ko + 0{,}06)$
$K_o = E_o/E_z\ (g/r)^3$
$E_o = 1000$ MPa
$E_z = 7{,}4$ dla 91%
r = 580 mm = 0,58; g = 24,1 = 0,0241
$K_o = 9{,}7 \times 10^{-3}$
a = 1,21

$M = 5{,}06 \times 10^{-4}$
$\sigma = 1{,}66 < 6{,}3$ MPa

C) Stan graniczny utraty stateczności

$q_{kr} = 0{,}58 \sqrt{E_t \cdot E_z \cdot (g/r)^3} > 2{,}5\ q$

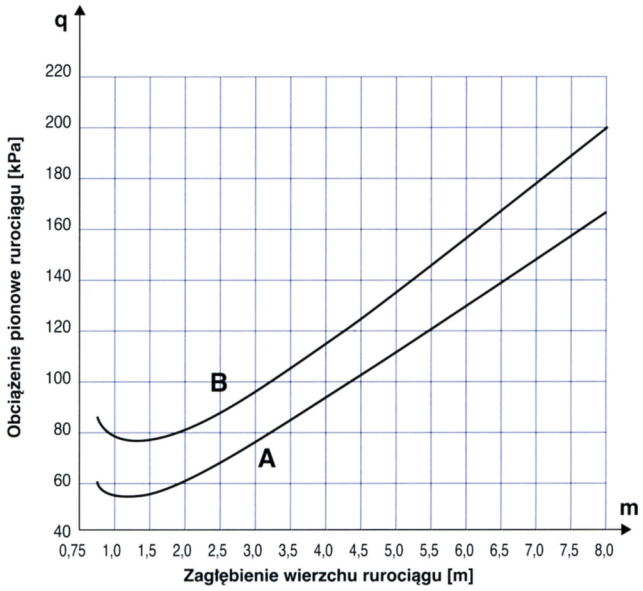
$E_t = 300$ MPa
$E_z = 7{,}4$ MPa

$q_{kr} = 0{,}4 > 0{,}29$ MPa

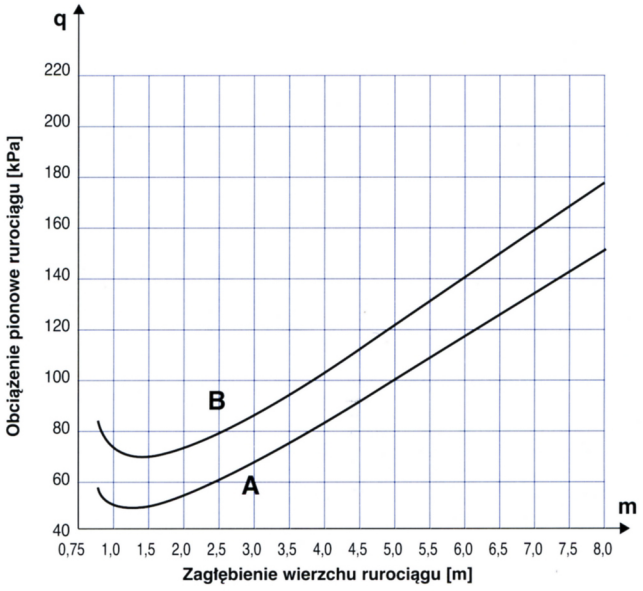
D) Stan graniczny użytkowania

$f = [0{,}125/(0{,}083 \cdot K_t + 0{,}061)] \cdot q_k/E_z < 0{,}05$

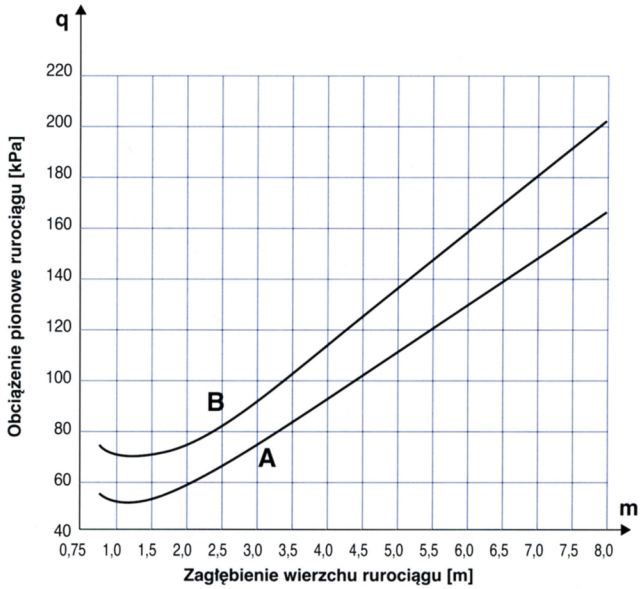
$K_t = E_t/E_z \cdot (g/r)^3 = 1{,}45 \cdot 10^{-3}$
$f = 0{,}032 < 0{,}05$ (5%)



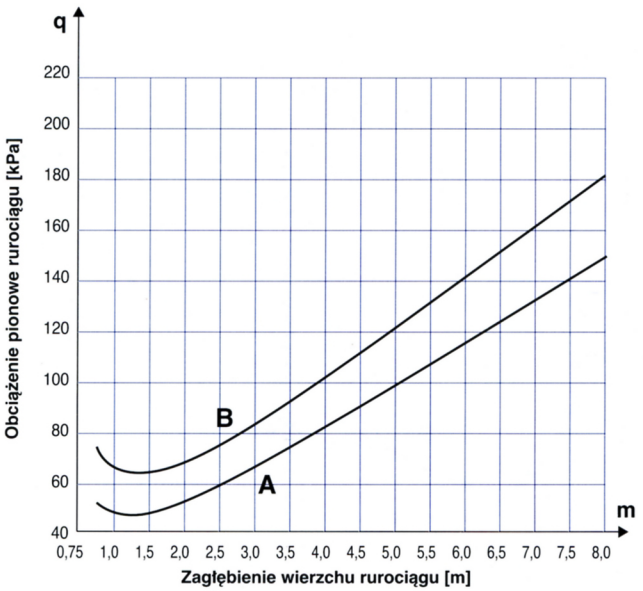
Rys. 35. Obciążenie taborem klasy C i ciężarem zasypki γ = 20 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



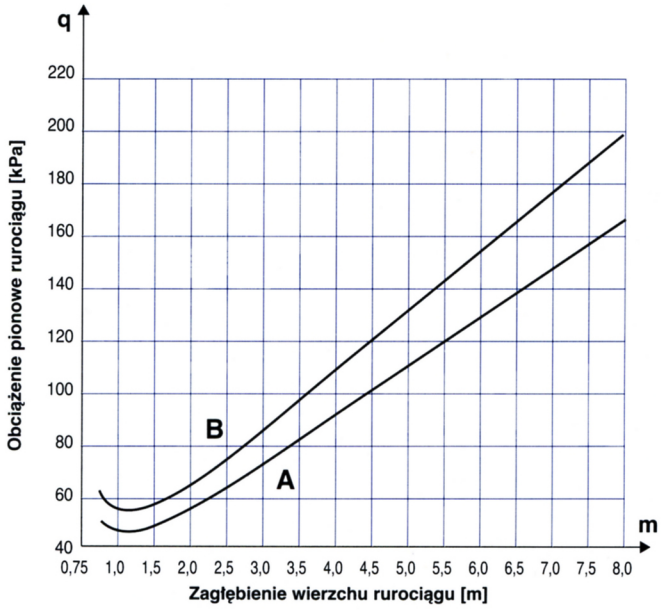
Rys. 36. Obciążenie taborem klasy C i ciężarem zasypki γ = 18 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



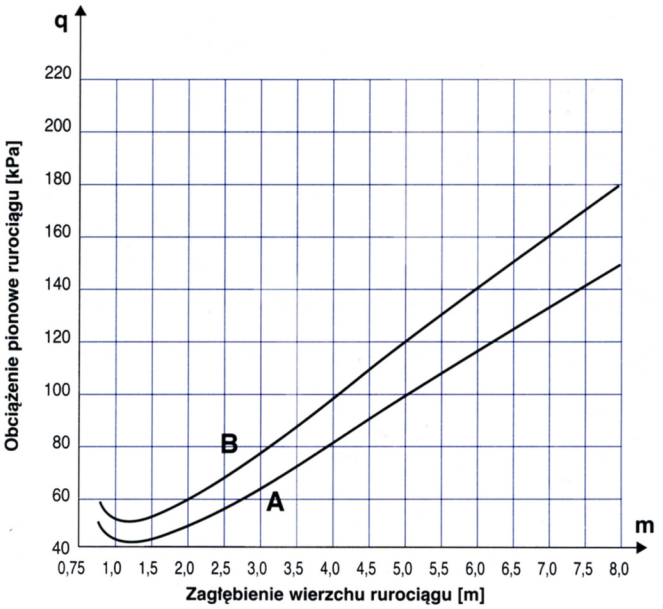
Rys. 37. Obciążenie taborem tramwajowym i ciężarem zasypki γ = 20 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



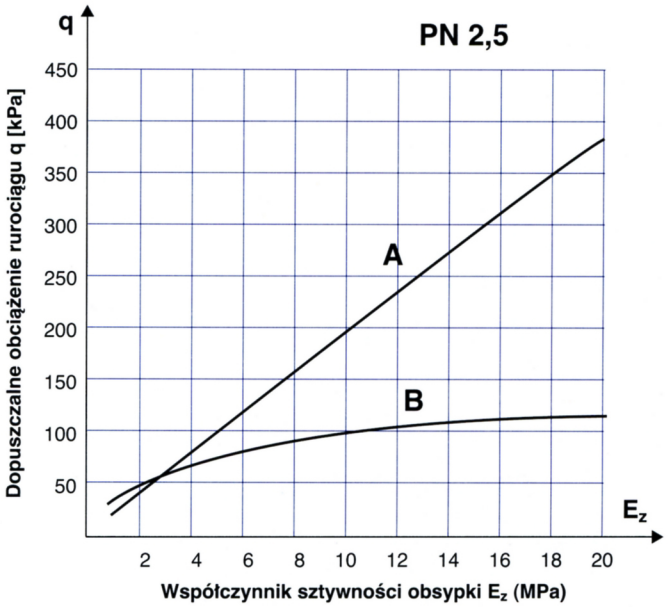
Rys. 38. Obciążenie taborem tramwajowym i ciężarem zasypki γ = 18 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



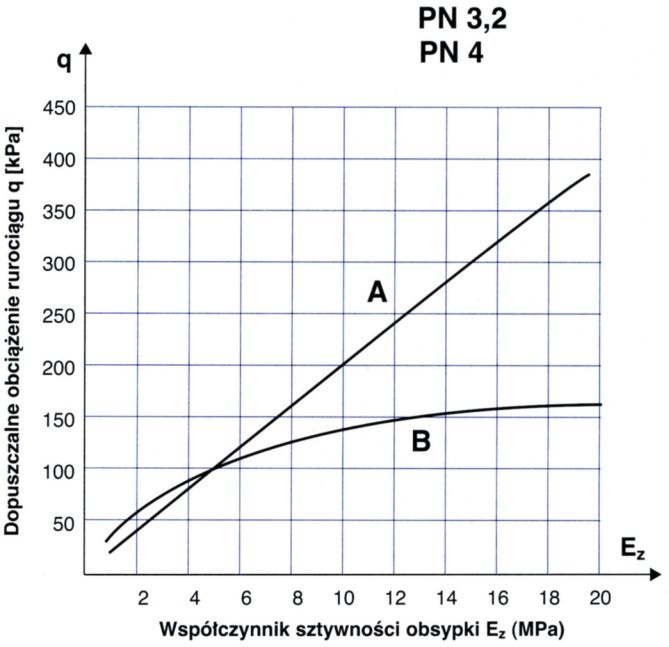
Rys. 39. Obciążenie poza drogami i ciężarem zasypki γ = 20 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



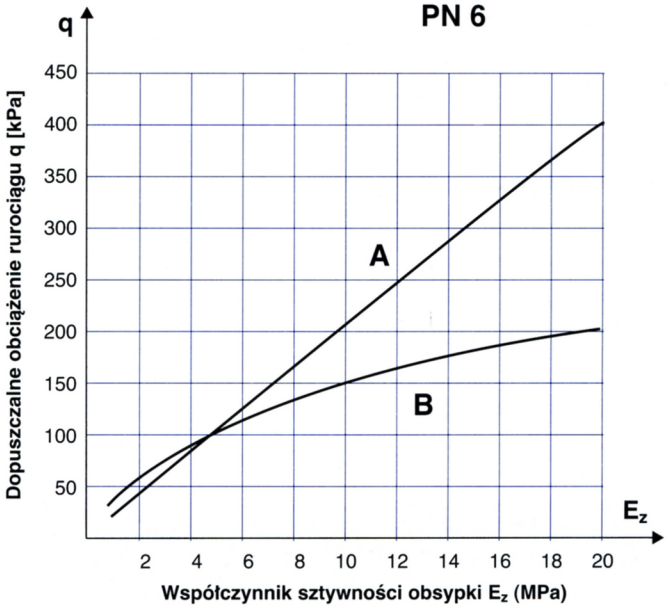
Rys. 40. Obciążenie poza drogami i ciężarem zasypki γ = 18 kN/m^3 (PN–85/S–10030), A – obciążenie charakterystyczne, B – obciążenie obliczeniowe



Rys. 41. Dopuszczalne obciążenie rurociągu w zależności od modułu odkształcenia obsypki dla rur, A – stan graniczny ugięć, B – stan graniczny nośności



Rys. 42. Dopuszczalne obciążenie rurociągu w zależności od modułu odkształcenia obsypki dla rur, A – stan graniczny ugięć, B – stan graniczny nośności



Rys. 43. Dopuszczalne obciążenie rurociągu w zależności od modułu odkształcenia obsypki dla rur, A – stan graniczny ugięć, B – stan graniczny nośności

WARTOŚCI SZTYWNOŚCI RUR

Tabela 9a. Wartość sztywności rur

PE ciśnieniowe, wodociągowe i kanalizacyjne		
S_R (kN/m^2)	16,0	50
SDR (D/s)	17,6	11
PN (bar)	6,0	10

Tabela 9b. Wartość sztywności rur

PE ciśnieniowe, gazowe		
S_R (kN/m^2)	16,0	50
SDR (D/s)	17,6	11
PN (bar)	1,0	4

1. ROBOTY ZIEMNE – WYKOPY, ODWODNIENIE I ZASYPKA

Wykopy pod przewody sieci z rur PE powinny być prowadzone zgodnie z przepisami zawartymi w normie branżowej, ustanowionymi przez Instytut Kształtowania Środowiska: BN-83/8836-01 Przewody podziemne. Roboty ziemne. Wymagania i badania przy odbiorze, obowiązującymi od dnia 1.07.1984 r. w powiązaniu z PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia.

Norma BN-83/8836-02 zawiera w zakresie wymagań przepisy dotyczące:

- wykopów otwartych obudowanych, z uwzględnieniem szczególnych warunków bezpieczeństwa pracy,
- zabezpieczenia wykopów przed zalaniem wodą z opadów atmosferycznych,
- wykopów otwartych o ścianach pionowych bez obudowy,
- wykopów otwartych nie obudowanych o skarpach nachylonych,
- minimalnej szerokości wykopów,
- materiału podłoża naturalnego i jego zabezpieczenia,
- wykonywania drenażu poziomego i pionowego,
- stosowania ścianek szczelnych,
- zasypywania przewodów.

2. ZASYPKA RUROCIĄGU I ZAGĘSZCZENIE GRUNTU

Zasypka przewodu w wykopie składa się z dwóch warstw:

- warstwy ochronnej o wysokości 30 cm ponad wierzch przewodu,
- warstwy do powierzchni terenu lub wymaganej rzędnej.

Zasyp rurociągu przeprowadza się w trzech etapach:

etap I – wykonanie warstwy ochronnej rurociągu z wyłączeniem odcinków połączeń rur i armatury,

etap II – po próbie szczelności rurociągu z przeprowadzeniem odnośnych badań – wykonanie warstwy ochronnej w miejscach połączeń rurociągu,

etap III – zasyp wykopu do powierzchni terenu.

Materiałem zasypu warstwy ochronnej może być grunt rodzimy, o ile tworzą go grunty piaszczyste, piaszczysto-gliniaste lub gliniasto-piaszczyste bez grud, kamieni i innych ostrych przedmiotów. Przy gruntach skalistych, zbitych iłach, gruncie nasypowym z gruzem, rurociąg należy otoczyć 20–30-centymetrową warstwą gruntu piaszczystego bez grud i kamieni.

Zasypka warstwy ochronnej wymaga zagęszczenia przez ubijanie. Zasypkę wykopu powyżej warstwy ochronnej dokonuje się gruntem rodzimym, warstwami, z jednoczesnym zagęszczeniem i ewentualną rozbiórką odeskowań i rozpór ścian wykopu.

3. UKŁADANIE PRZEWODU

3.1. Warunki ogólne

Sposób montażu i układania przewodów z rur PE, z uwagi na właściwości fizyczno-mechaniczne tworzywa, odbiega w znacznym stopniu od montażu rur tradycyjnych z żeliwa, stali, a nawet z PVC.

W przedmiotowym opracowaniu rozpatruje się rury z PE o średnicach od 16 do 710 mm. W ww. zakresie średnic, odnośnie formy dostawy, występują dwa rodzaje rur:
– w kręgach o średnicach od 16 do 75 mm włącznie i długości do 500 m
– w odcinkach prostych 6 lub 12 m dla średnic od 90 do 710 mm.

W technologii łączenia rurociągów z PE występują przede wszystkim złącza zgrzewane (czołowo, polifuzyjnie lub elektrooporowo) tworząc połączenia monolityczne tworzywa łączonych elementów, a tym samym zapewniając elastyczność całego odcinka rurociągu. Wymienione powyżej formy dostawy rur z PE, sposoby łączenia, jak też możliwości zastosowania odpowiedniego rodzaju wykopu, stwarzają dwa podstawowe sposoby montażu rurociągów:
– montaż odcinków rurociągu na powierzchni terenu z późniejszym ułożeniem na dnie wykopu
– montaż odcinków rurociągu na dnie wykopu.

Europejski rozwój produkcji kształtek wtryskowych z PE do zgrzewania, w zakresie średnic do 710 mm (a nawet większych), nie upoważnia w pełni do stosowania układów mieszanych rury z PE – kształtki i armatura żeliwna, w szczególności dla celów wodociągowych, jak to miało miejsce w ubiegłych latach. Należy zaznaczyć, że stosowanie układów mieszanych PE – żeliwo w znacznym stopniu utrudnia montaż rurociągów z PE z uwagi na ciężar i sposób posadawiania kształtek i armatury żeliwnej.

Rury z PE – ze względu na rodzaj tworzywa – mogą być układane w temperaturze od -20°C do 50°C. W zakresie tych temperatur, zachodzące w rurach zmiany strukturalne nie mają istotnego wpływu na warunki późniejszej eksploatacji. Jednak z uwagi na proces łączenia rur – zgrzewanie i na pracę monterów – montaż rurociągów, jak i jego układanie na dnie wykopu powinny przebiegać przy dodatnich temperaturach zewnętrznych.

Włączenie budowanego odcinka przewodu do istniejącego przewodu wodociągowego powinno się odbywać w temperaturze powietrza zbliżonej do temperatury wody, tzn. 5°C – 15°C latem, a zimą gdy jest najcieplej.

Rury na dnie wykopu powinny być ułożone w osi projektowanego przewodu z zachowaniem spadków. Rury na całej swej długości powinny przylegać do przygotowanego i dobrze ubitego podłoża.

W przypadkach, gdy kąt odchylenia „a" w stopniach przekracza wielkość dopuszczalnej strzałki ugięcia przewodu (dla długości rury i jej średnicy podanych w warunkach technicznych wytwórcy) do wykonywania zmian kierunków przewodu należy stosować łuki i trójniki.

3.2. Przygotowanie podłoża

Układanie przewodu może być prowadzone po uprzednim przygotowaniu podłoża. Przy gruntach piaszczystych, piaszczysto-gliniastych, gliniasto-piaszczystych, średnio zwartych i luźnych nie zawierających kamieni, przewody z PE mogą być układane bezpośrednio na gruncie rodzimym. W gruntach skalistych, zbitych iłami, gruntach nasypowych z gruzem, należy wykonać umocowanie podłoża z gruntu piaszczystego o grubości 15–20 cm, z jednoczesnym jego zagęszczeniem. W gruntach niskiej nośności (muły, torfy i inne) przy niezbyt głębokim ich zaleganiu, grunt ten należy wymienić na piasek do poziomu posadowienia rury. W przypadku głębokiego zalegania gruntu o małej nośności, można wykonać płytę betonową fundamentową z ułożeniem na niej podłoża z piasku o grubości 15–20 cm.

Dno wykopu powinno być wykonane w stosunku do projektowanych rzędnych w normalnych warunkach gruntowych (grunt suchy i luźny lub średnio zwarty) z dokładnością +2 cm przy głębokim ręcznym i +5 przy wykopie mechanicznym. W przypadku, gdy przy głębieniu wykopu nastąpił tzw. przekop, czyli wybranie gruntu naturalnego z dna wykopu poniżej projektowanej rzędnej, należy niedobór warstwy przekopanej wyrównać ubitym piaskiem.

3.3. Próby szczelności rurociągu

Dla sprawdzenia szczelności rur, a przede wszystkim szczelności złącz rurociągu z PE, należy przeprowadzić próbę ciśnieniowo-hydrauliczną. Próbę przeprowadza się po ułożeniu przewodu i wykonaniu warstwy ochronnej z podbiciem rur z obu stron piaszczystym gruntem dla zabezpieczenia przed poruszeniem przewodu. Wszystkie złącza powinny być odkryte dla możliwości sprawdzenia ewentualnych przecieków.

Wymagania odnośnie szczelności rurociągu:

- PN-81/B-10725 Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania przy odbiorze p.8. Wymagania i badania w zakresie szczelności przewodu.
- BN-82/9192-06 Wodociągi wiejskie. Szczelności przewodów PVC układanych metodą bezodkrywkową. Wymagania i badania przy odbiorze.

Norma PN-81/B/10725 w zakresie p.8 zawiera:

- wymagania odnośnie szczelności odcinka, jak i całego przewodu,
- warunki przystąpienia do badań szczelności próbą hydrauliczną,
- zmniejszenie wpływu temperatury na wyniki,
- zapewnienie warunków bhp,
- ciśnienie próbne odcinka i całego przewodu próbą hydrauliczną,
- zapisywanie i ocenę badań.

Ustalenia BN-82/9192-06 odnośnie próby szczelności rurociągu (dla PE przez analogię) nie odbiegają w zasadzie od ustaleń PN-81/B10725. Dla przeprowadzenia próby szczelności znajomość ww. norm jest nieodzowna.

Uwagi uzupełniające:
- na złączach poddanego próbie rurociągu nie mogą występować przecieki w postaci kropelek wody lub rosy,
- przyłącza domowe lub krótkie odcinki przewodu – jako lokalne przedłużenie przewodu o jedną lub dwie rury, mogą nie być poddawane próbie hydraulicznej, a sprawdzenie szczelności może być dokonane po włączeniu do czynnej sieci wodociągowej.

W razie stwierdzenia przecieków na złączach, należy natychmiast dokonać naprawy, i tak:
- złącza zgrzewane wymagają wycięcia i wstawienia nowego odcinka rury o długości około 20–30 cm. Powyższa operacja może być przeprowadzona przy zastosowaniu muf elektrooporowych nasuwkowych – bez wewnętrznego ogranicznika, w procesie zgrzewania elektrooporowego,
- przy złączach kołnierzowych lub gwintowych należy dokręcić złącze, a gdy to nie pomaga – wymienić wadliwie wykonany element złącza.

4. WYMAGANIA I BADANIA W ZAKRESIE SZCZELNOŚCI PRZEWODU

4.1. Wymagania

Szczelność odcinka przewodu bez względu na jego średnicę d_z mm powinna być taka, aby:

a) dla przewodów z rur azbestowo-cementowych, żeliwnych, stalowych oraz z tworzyw sztucznych przy próbie hydraulicznej ciśnienie wykazane na manometrze nie spadło w ciągu 30 min poniżej wartości ciśnienia próbnego p_p,

b) dla przewodów z rur stalowych oraz z polietylenu PE przy próbie pneumatycznej rzeczywisty spadek ciśnienia (podczas próby wg PN-81/B-10725) Δp, w procentach, spełniał warunek wg wzoru:

$$\Delta_p \leq \Delta_{p\,dop}$$

w którym p_{dop} – dopuszczalny spadek ciśnienia w procentach na godzinę trwania próby = $25 / d_z$, %.

Szczelność całego przewodu powinna być taka, aby dla przewodów z rur, przy próbie hydraulicznej, wypływ wody V_w, nie przekraczał 1000 dm^3 na 1 km długości, na metr średnicy zastępczej przewodu i dobę, wg wzoru:

$$V_w \leq 1000\ [\ dm^3 / (1\ m \bullet 1\ km \bullet doba)]$$

4.2. Badania wg PN 81/B-10725

4.2.1. Rodzaje badań

a) badanie szczelności odcinka przewodu próbą hydrauliczną (4.1 a),
b) badanie szczelności odcinka przewodu próbą pneumatyczną (4.1 b),
c) badanie szczelności całego przewodu.

4.2.2. Wybór rodzaju badań

Przy badaniu szczelności odcinka przewodu należy stosować metodę próby hydraulicznej. Dla przewodów z rur stalowych i polietylenu twardego (PE) dopuszcza się stosowanie metody próbą pneumatyczną, w przypadkach gdy badanie szczelności próbą hydrauliczną jest nieuzasadnione ze względów techniczno-ekonomicznych oraz gdy zachowane są minimalne wartości odległości bezpiecznej:

- 30 m od linii zwartej zabudowy miast i osiedli, od rzutu w planie obiektu zakładu przemysłowego, budynku mieszkalnego i gospodarczego oddzielnie stojącego, od lica czołowej ściany przyczółka mostów i wiaduktów kolejowych, drogowych, tramwajowych, od podstawy nasypu lub krawędzi korony dróg i autostrad,
- 40 m od rzutu w planie obiektu użyteczności publicznej, stacji kolejowych i innej komunikacji oraz składów materiałów i płynów łatwo palnych.

W przypadkach wyjątkowych, gdy odcinek przewodu znajduje się w wykopie pod zwierciadłem wody gruntowej, a ze względów techniczno-ekonomicznych ponowne obniżenie zwierciadła wody gruntowej na okres badania szczelności nie jest wskazane, dopuszcza się zmniejszenie odległości bezpiecznej o 25%.

Badanie szczelności całego przewodu przeprowadza się na żądanie inwestora lub użytkownika.

4.2.3. Warunki przystąpienia do badań

4.2.3.1. Przyrządy do badania szczelności próbą hydrauliczną

a) Dwa sprawdzone manometry sprężynowe o średnicy nie mniejszej niż 160 mm i o takim zakresie skali, aby odczyt ciśnienia próbnego przypadał w granicach 50÷70% skali, zaś wielkość działki była nie większa niż 0,01 MPa (0,1 kG/cm^2)
b) Pompa hydrauliczna
c) Czasomierz
d) Dwa wycechowane naczynia; jedno o pojemności 10÷20 dm^3 z podziałką co 1 dm^3, drugie o pojemności 1 dm^3 z podziałką co 0,1 dm^3, pojemność naczynia większego należy dostosować do długości i średnicy badanego przewodu.

4.2.3.2. Wyposażenie i przyrządy do badania szczelności odcinka przewodu próbą pneumatyczną oraz do sprawdzenia szczelności połączeń spawanych:

a) tablice ostrzegawcze koloru żółtego o wymiarach 0,8 x 0,5 m z napisem w kolorze czarnym „Wy-

sokie ciśnienie, nie zbliżać się",

b) zestaw aparatury kontrolno-pomiarowej, w skład którego wchodzą: barometr, manometry i termometry; osłonięty przed wpływami atmosferycznymi,

c) dwa sprawdzone manometry o ciśnieniu do 1 MPa (10 kG/cm^2),

d) sprężarka doprowadzająca powietrze do przewodu,

e) zbiornik porównawczy stalowy o pojemności 0,5 m^3, ułożony w wykopie na głębokości przewodu poddawanego próbie szczelności przy długości odcinka przewodu około 1000 m,

f) sprzęt ochrony osobistej, bhp,

g) barometr o skali w MPa (kG/cm^2).

4.2.3.3. Zmniejszenie wpływu temperatury na wynik

Badanie szczelności należy przeprowadzić w takich warunkach, aby przewód nie był nasłoneczniony oraz aby temperatura powierzchni zewnętrznej przewodu wynosiła nie mniej niż 1°C przy próbie hydraulicznej i nie przekraczała 20°C dla przewodu PE.

4.2.3.4. Stan odcinka przewodu

a) Przed próbą hydrauliczną

Przewód nie może być od zewnątrz zanieczyszczony. Ewentualne zanieczyszczenia powinny być usunięte. W czasie badania powinien być umożliwiony dostęp do złączy ze wszystkich stron. Końcówki odcinka przewodu oraz wszystkie odgałęzienia dla hydrantów, zaworów odpowietrzających i innej armatury powinny być zamknięte za pomocą odpowiednich zaślepek z uszczelnieniem, a przewód na całej długości powinien być zabezpieczony przed przesunięciem w planie i w profilu. Na badanym odcinku przewodu nie powinny być instalowane, przed przeprowadzeniem próby szczelności, hydranty, zawory odpowietrzające i inna armatura, z wyjątkiem zasuw, które w czasie badania powinny być całkowicie otwarte, zaś dławiki dociągnięte w sposób zapewniający ich całkowitą szczelność.

Przewidziane bloki oporowe i podporowe powinny być wykonane w sposób trwały. Nie należy stosować zasuw jako zamknięć badanego odcinka przewodu.

Wykopy powinny być zasypane ziemią do wysokości połowy średnicy rur, zaś ziemia dokładnie ubita z obu stron przewodu; każda rura powinna być w osi obsypana maksymalnie ziemią, piaskiem lub innym materiałem zgodnie z dokumentacją, a ponadto – w szczególnych przypadkach – zakotwiona; złącza rur nie powinny być zasypane. Przy prowadzeniu przewodu na terenie, nad terenem lub na podporach albo konstrukcji powinno być zapewnione jego trwałe ułożenie i zabezpieczenie złączy przed rozluźnieniem.

b) Przed próbą pneumatyczną

Przewód zmontowany na powierzchni terenu bez armatury powinien być oczyszczony od wewnątrz z zanieczyszczeń.

Na czas sprawdzania szczelności złączy pozostawia się je nie zaizolowane, a końcówki odcinka przewodu rur zaślepia się dennicami, obliczonymi zgodnie z odpowiednimi przepisami i wyposażonymi w króćce dla doprowadzenia powietrza i umieszczenia manometrów kontrolnych.

Czynnikiem sprawdzającym jest powietrze o ciśnieniu 0,6 MPa (6 kG/cm^2).

Sprawdzeniu podlega każde złącze spawane, a wykrywanie nieszczelności wykonuje się przy użyciu wodnych roztworów mydła.

Stwierdzone nieszczelności powinny być usunięte i przewód ponownie sprawdzony.

Pozytywny wynik sprawdzenia szczelności złączy umożliwia przeprowadzenie pneumatycznej próby szczelności odcinka przewodu po ułożeniu go w wykopie.

Przewód powinien być zasypany, z wyjątkiem złączy i miejsca do zamontowania armatury. Miejsca te należy zabezpieczyć przed działaniem słońca w lecie i mrozu w zimie.

4.2.3.5. Zapewnienie warunków bhp

Badanie szczelności próbą pneumatyczną można przeprowadzać wyłącznie dla odcinków przewodu położonego w odległości bezpiecznej wg 4.2.2, oznakowanych tablicami ostrzegawczymi wg 4.2.3.2 i zabezpieczonych specjalnymi posterunkami wyposażonymi w sprzęt ochrony osobistej i apteczkę. Obsługa posterunków oraz pracownicy wykonujący badania szczelności powinni mieć przeszkolenie w zakresie bhp oraz udzielania pierwszej pomocy.

4.2.3.6. Ciśnienie próbne odcinka przewodu

Niezależnie od średnicy, materiału przewodu i zastosowanych złączy oraz metody badania, należy przyjąć ciśnienie próbne P_p wyżej od najwyższego występującego w badanym odcinku przewodu ciśnienia roboczego P_r:

a) dla odcinka przewodu ciśnieniowego lub grawitacyjnego, stanowiącego lewar lub przewód ssący, o 50%

$$P_p = 1{,}5\ P_r$$

lecz nie niższe od ciśnienia statycznego wywołanego zamknięciem zasuwy najniżej wybudowanego na tym przewodzie (na wypływie, spuście),

b) dla odcinka przewodu ciśnieniowego tłocznego o ciśnieniu roboczym P_r do 1 MPa (10 kG/cm^2), o 50%

$$P_p = 1{,}5\ P_r$$

lecz nie mniejsze niż 1 MPa (10 kG/cm^2),

c) dla odcinka przewodu ciśnieniowego tłocznego o ciśnieniu roboczym P_r wyższym niż 1 MPa (10 kG/cm^2)

$$P_p = P_r + 0{,}5\ \text{MPa}$$

d) dla odcinka przewodu ciśnieniowego tłocznego ułożonego w przejściach, pod wąskimi drogami, ulicami, torami kolejowymi i tramwajowymi, w rurach ochronnych, kanałach i tunelach

$P_p = 2\ P_r$

lecz nie niższe niż 1 MPa (10 kG/cm^2)

Wysokość przyjętego ciśnienia próbnego powinien wskazywać manometr przy pompie hydraulicznej.

4.2.3.7. Ciśnienie próbne całego przewodu

Niezależnie od średnicy, materiału przewodu i zastosowanych złączy, należy przyjąć ciśnienie próbne P_p równe maksymalnemu, występującemu w badanym przewodzie ciśnieniu roboczemu P_r,

$p_p = p_r$

4.2.4. Opis badań

4.2.4.1. Badanie szczelności odcinków przewodu próbą hydrauliczną

Na wyżej położonej końcówce odcinka poddanego próbie szczelności oraz we wszystkich miejscach, w których może zgromadzić się powietrze (z wyłączeniem zasuw), należy umieścić rurki odpowietrzające z zaworami. Na rurce odpowietrzającej wyżej położonej końcówki przewodu należy umieścić trójnik z manometrem oraz zawór przelotowy, o wytrzymałości zaworu przy pompie hydraulicznej, z kurkiem spustowym przed manometrem.

Napełnianie odcinka wodą należy w miarę możliwości rozpocząć od niżej położonego końca odcinka przewodu oraz przeprowadzić powoli, aby umożliwić usunięcie powietrza z przewodu. Po pojawieniu się wody we wszystkich rurkach odpowietrzających (świadczącym o całkowitym wypełnieniu odcinka przewodu wodą) należy zamknąć na nich zawory, przyłączyć do niżej położonego końca odcinka przewodu pompę hydrauliczną i podtrzymywać ciśnienie wewnętrzne w wysokości ciśnienia zapewniającego całkowite napełnienie odcinka przewodu dla przewodów z rur stalowych, żeliwnych oraz z tworzyw sztucznych – przez 12 godzin.

Przy pompie hydraulicznej manometr powinien być zamontowany w sposób umożliwiający dołączenie manometru kontrolnego.

Po napełnieniu odcinka przewodu wodą należy podnieść ciśnienie do wysokości ciśnienia roboczego P_r, a następnie otworzyć zawór w rurce odpowietrzającej założonej w najwyższym punkcie przewodu. Po stwierdzeniu wypływu wody i spadku ciśnienia na manometrze należy podnieść ciśnienie w przewodzie do wysokości ciśnienia próbnego p_p, wg 4.2.3.6 i ponownie otworzyć zawór na rurce odpowietrzającej. Po stwierdzeniu wypływu i spadku ciśnienia na manometrze należy w odstępach 5-minutowych podnosić ciśnienie aż do uzyskania jego stabilizacji na wysokości ciśnienia próbnego, po czym należy wyłączyć pompę przez zamknięcie zaworu na dopływie wody.

Po ustabilizowaniu się ciśnienia w przewodzie na wysokości ciśnienia próbnego należy przez 30 minut sprawdzać, czy ciśnienie na manometrze nie spada poniżej ciśnienia próbnego, obserwując jednocześnie przewód i złącza.

Wartość ciśnienia należy odczytać z dokładnością najmniejszej podziałki skali manometru (0,01 MPa).

4.2.4.2. Badanie szczelności odcinka przewodu próbą pneumatyczną

Aparatura kontrolno-pomiarowa zawierająca barometr, manometr tarczowy i różnicowy, rtęciowy oraz rejestrujący, piszący powinna znajdować się w odpowiednim pomieszczeniu przewoźnym, zabezpieczającym ją przed wpływami atmosferycznymi.

Zbiornik porównawczy (w przypadku jego zastosowania wg 4.2.3.2 c) o pojemności co najmniej 0,5 m^3 i wytrzymałości równej co najmniej wytrzymałości przewodu, należy ułożyć w ziemi na głębokości przewodu na dwie doby przed rozpoczęciem badania szczelności. Zbiornik powinien być zaopatrzony w niezbędną odnogę kołnierzową do podłączenia go rurociągiem z aparaturą kontrolno-pomiarową.

Po wykonaniu połączenia rurociągiem stalowym sprężarki z badanym odcinkiem przewodu oraz zbiornikiem i aparaturą kontrolno-pomiarową i zamontowaniu na badanym odcinku przewodu do pomiaru temperatury powietrza w przewodzie oraz osadzeniu termometru w gruncie obok przewodu do pomiaru temperatury gleby, należy przewody połączenia zabezpieczyć przed wpływami zmian temperatury.

Napełnienie odcinka przewodu powietrzem powinno następować w sposób ciągły, ale w dwu etapach. Szybkość napełnienia nie może spowodować przyrostu ciśnienia powyżej 0,3 MPa/h.

Ukończenie pierwszego etapu napełniania przewodu powinno nastąpić po osiągnięciu ciśnienia w wysokości 30% ciśnienia próbnego p_p. Podczas przerwy pracy sprężarki przeprowadza się oględziny odcinka przewodu. Po uzyskaniu pozytywnego wyniku przeglądu badanego odcinka przewodu, następuje drugi etap napełniania, trwający do chwili uzyskania pełnego ciśnienia próbnego wg 4.2.3.6 i wyłączenie powietrza.

Po uzyskaniu pełnego ciśnienia próbnego należy pozostawić przewód przez 24 godziny dla wyrównania temperatury powietrza znajdującego się w przewodzie z temperaturą otoczenia. W tym okresie, lecz nie wcześniej niż minimum 2 godziny od chwili uzyskania pełnego ciśnienia próbnego, przystępuje się do ponownego przeglądu odcinka przewodu. Po tym okresie i pozytywnym wyniku oględzin następuje właściwe badanie szczelności, które trwa 24 godziny. W czasie trwania badania szczelności wykonuje się odczyt na przyrządach kontrolno-pomiarowych (na manometrach i termometrach) co 30 min i zapisuje komisyjnie w protokole. Obliczenie rzeczywiste spadku ciśnienia Δp, w procentach, na odcinku badanego przewodu wykonuje się wg wzoru

$$\Delta p = 100\,[1 - (P_2 \cdot T_2) : (P_1 \cdot T_2)] \cdot t$$

w którym :

P_1, P_2 – absolutne ciśnienie na początku i na końcu trwania próby, MPa (kG/cm^2)

$P_1 = P_1 + B_2$

$P_2 = P_2 + B_2$

P_1, P_2 – ciśnienie manometryczne powietrza w przewodzie zmierzone na początku i na końcu próby szczelności, MPa (kG/cm^2)

B_1, B_2 – ciśnienie barometryczne na początku i na końcu próby szczelności, MPa (kG/cm^2)
T_1, T_2 – temperatura absolutna powietrza w przewodzie na początku i na końcu próby szczelności, °C
t – czas trwania próby, h.

4.2.4.3. Badania szczelności całego przewodu

Przewód poddawany próbie szczelności powinien być całkowicie ukończony i zasypany, zaś poszczególne jego odcinki powinny być już zbadane pod względem szczelności z wynikami pozytywnymi wg 4.2.4.1 lub 4.2.4.2.

Zasuwy na trasie przewodu powinny być całkowicie otwarte. W szczególnych przypadkach, technicznie uzasadnionych, przewód może być podzielony na części, co powinno być uzgodnione przed rozpoczęciem odbiorów odcinków przewodu. W tych przypadkach długości odcinków nie powinny być mniejsze od podanych.

Długość odcinka przewodu przeznaczonego do odbioru częściowego, jeżeli w uzgodnionej z wykonawcą i zleceniodawcą dokumentacji nie przewiduje się dłuższych odcinków, nie powinna być mniejsza niż 50 m i wynosić 300 m dla przewodów z rur żeliwnych, azbestowo-cementowych i z tworzywa sztucznego PE, bez względu na sposób prowadzenia wykopów oraz dla przewodów z rur stalowych i PVC w przypadku ułożenia ich w wykopach o ścianach umocnionych.

Dopuszcza się zwiększenie lub zmniejszenie długości przeznaczonego do odbioru odcinka przewodu, z tym że powinna być ona uzależniona od warunków lokalnych oraz umiejscowienia uzbrojenia przewodu lub uzasadniona względami techniczno-ekonomicznymi.

Na trasie przewodu, w wypukłych załamaniach profilu podłużnego, należy otworzyć hydranty (jeśli taka technologia odpowietrzania rurociągu przyjęta była w dokumentacji technicznej) dla umożliwienia odprowadzenia zgromadzonego powietrza podczas napełniania przewodu wodą.

Napełnienie przewodu wodą należy przeprowadzić powoli, z możliwie najmniejszą prędkością przepływu, wykorzystując w miarę możliwości urządzenia stałe lub przyłączając pompę. Po pojawieniu się wody w poszczególnych otworach hydrantów i spokojnym jej wypływie bez domieszki powietrza należy hydranty kolejno zamykać. Po uzyskaniu spokojnego odpływu wody bez powietrza w punkcie końcowym przewodu należy stopniowo podnieść ciśnienie do wysokości ciśnienia próbnego wg 4.2.3.7.

Po ustabilizowaniu się ciśnienia próbnego w przewodzie należy utrzymywać je na tej wysokości przez okres niezbędny do przeprowadzenia oględzin hydrantów, spustów, odpowietrzników i innej armatury, na której mogą wystąpić nieszczelności powodujące ubytek wody.

Zakończenie opisanych wyżej oględzin z wynikiem pozytywnym (niestwierdzenie wycieków wody) należy uważać za rozpoczęcie próby szczelności przewodu.

W chwili tej, przyjętej jako rozpoczęcie próby szczelności, należy zanotować czas z dokładnością do 10 s oraz odczytać wskazania manometru z dokładnością podziałki skali. W ciągu 30 min trwania próby należy prowadzić obserwację manometru, robiąc odczyt co 5 min, przy czym odczyt P_{10} w T_{10} (w dziesiątej minucie) powinien być wykonany ściśle w oznaczonym czasie, z dokładnością jak wyżej. Po upływie pół godziny należy podnieść ciśnienie do wysokości ciśnienia próbnego i po

jego ustabilizowaniu się należy:

a) obniżyć ciśnienie w przewodzie do 0,2 MPa (2 kG/cm^2),

b) otworzyć zawór na odgałęzieniu doprowadzonym do wycechowanego naczynia, obniżając ciśnienie do 0,1 MPa (1 kG/cm^2),

c) zmierzyć z dokładnością do 0,1 dm^3 ilość wody q, która wypłynęła przy spadku ciśnienia od 0,2 do 0,1 MPa (2 do 1 kG/cm^2),

d) zmierzyć wysokość, m, zainstalowanego manometru nad osią badanego przewodu z dokładnością do 0,1 m,

e) określić długość badanego przewodu L, km, z dokładnością do 100 m,

f) obliczyć średnicę zastępczą przewodu d_z,

g) obliczyć wpływ wody V_w dm^3 na dobę na 1 m średnicy zastępczej i km długości przewodu, wg wzoru

$$V_w = (n \cdot V_o) : L$$

w którym:

$$n = 1440 (P_p - P_{10}) : [(P_p+1) \cdot (P_{10}+1) \cdot T_{10} \cdot d_z]$$

$$V_o = [(20 + w) \cdot (30 + w)] : 100$$

P_p – ciśnienie próbne wg 4.2.3.7, MPa (kG/cm^2),

P_{10} – ciśnienie zmierzone w 10 min trwania próby szczelności MPa (kG/cm^2),

d_z – średnica zastępcza przewodu (Sdili: L), m,

T_{10} – czas = 10 min

q – wypływ wody przy obniżeniu ciśnienia w przewodzie z 0,2 do 0,1 MPa (2 do 1 kG/cm^2), dm^3,

V_o – ilość powietrza w przewodzie, dm^3,

w – wysokość manometru nad osią przewodu, m,

L – długość przewodu, km.

Dopuszcza się obliczenia wypływu V_w na podstawie wykresów lub tablic sporządzonych wg powyższych wzorów.

4.2.5. Zapisywanie i ocena wyników badań – wg PN–81/B–10725

5. WYMAGANIA I BADANIA PRZY ODBIORZE KOŃCOWYM

5.1. Wymagania

5.1.1. Dokumentacja dla odbioru technicznego końcowego powinna zawierać dokument wg PN–81/B–10725

5.1.2. Szczelność całego przewodu – wg 4.1.1.

5.2. Badania

5.2.1. Rodzaje badań

a) badanie dokumentacji (5.1.1)
b) badanie szczelności całego przewodu (5.1.2).

5.2.2. Opis badań

5.2.2.1. Badanie dokumentacji polega na sprawdzeniu protokołów badań przeprowadzonych przy odbiorach technicznych częściowych

Badanie to należy wykonać przez:

- przejrzenie protokołów i sprawdzenie, czy zawierają stwierdzenia zrealizowania postanowień dotyczących usunięcia zauważonych usterek,
- sprawdzenie naniesienia w projekcie technicznym zmian i uzupełnień oraz stwierdzenie, czy zostały one wprowadzone, jak również czy wprowadzono inne elementy charakteryzujące wybudowany przewód, np.: zaślepienie przewodu, drenaż roboczy, pozostawione umocnienia ścian wykopu, skrzyżowania z przewodami uzbrojenia podziemnego, ścianki szczelne, połączenia,
- sprawdzenie prawidłowego i zgodnego z dokumentacją wbudowania armatury i studzienek za pomocą oględzin zewnętrznych i pomiarów rozstawu hydrantów, położenia zasuw i studzienek oraz pomiaru długości przewodu: pomiar należy wykonać taśmą stalową z dokładnością do 0,1 m,
- zapoznanie się z treścią protokołów obejmujących przebieg, czas trwania, liczbę płukań, ocenę wyników przeprowadzonego płukania i dezynfekcji przewodu oraz analizami fizykochemicznymi i bakteriologicznymi wody płynącej w przewodzie przed przekazaniem go do eksploatacji.

5.2.3. Zapisywanie i ocena wyników badań – wg PN-81/B-10725

6. PŁUKANIE I DEZYNFEKCJA

Rurociągi z PE przed ich oddaniem do eksploatacji podlegają dokładnemu przepłukaniu czystą wodą, przy szybkości przepływu dostatecznej dla wypłukania wszystkich zanieczyszczeń mechanicznych. Przewody z rur PE po ich dokładnym wypłukaniu czystą wodą nie wymagają w zasadzie dezynfekcji. W szczególnych przypadkach, na wyraźne żądanie inwestora lub użytkownika, dokonuje się dezynfekcji przewodu. Po stwierdzeniu, że woda z przepłukanego przewodu nie odpowiada pod względem bakteriologicznym warunkom wody do picia, konieczna jest dezynfekcja.

Dezynfekcję przewodu przeprowadza się wodą chlorowaną z chloratora (ze zmieszania gazowego chloru z wodą) lub wodą chlorową powstałą z rozpuszczenia związków chloru, tzn. pod-

chlorynu wapnia lub sodu, zawierającą co najmniej 50 mg Cl_2/dm^3, przy czasie kontaktu wynoszącym 24 godziny. Dezynfekcję przeprowadza się dawkując roztwór środka dezynfekującego przy powolnym napełnianiu przewodu. Pozostałość chloru w wodzie po tym okresie czasu powinna wynosić 10 mg Cl_2/dm^3. Po przeprowadzeniu dezynfekcji przewód należy ponownie przepłukać wodą wodociągową jak poprzednio. Po dokonanej dezynfekcji i przepłukaniu powinna być dokonana analiza bakteriologiczna wody w laboratorium Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej. Szczegółowe warunki prowadzenia płukania, a w szczególności dezynfekcji, należy uzgodnić z odnośnym Zakładem Wodociągowym przejmującym wykonany odcinek do eksploatacji.

6.1. Odbiór robót

Odbiór robót przewodów wodociągowych z PE należy przeprowadzać w oparciu o ustalenia:
- PN-81/B-10725. Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania przy odbiorze.
- BN-78/9192-02. Wodociągi wiejskie. Przewody ciśnieniowe z tworzyw sztucznych i azbestowo-cementowych. Wymagania i badania przy odbiorze.
- BN-62/8836-01. Roboty ziemne. Wykopy tunelowe dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.

Rozróżnia się dwa rodzaje odbioru, wynikające z technologii i organizacji prowadzenia budowy, a mianowicie:
- odbiory częściowe
- odbiory końcowe.

Odbiór techniczny częściowy obejmuje odbiór poszczególnych faz robót podlegających zakryciu przed całkowitym zakończeniem budowy odcinków przewodu, a mianowicie:
- podłoża,
- odcinka przewodu przed badaniem jego szczelności,
- obiektów budowlanych na przewodzie (studzienki, bloki oporowe),
- szczelności odcinka przewodu,
- warstwy ochronnej zasypu ułożonego odcinka przewodu po próbie szczelności.

Poza tym mogą być to fragmenty robót lub zakończone elementy budowy, co do których inwestor zgłosi zastrzeżenia częściowego odbioru.

Odbiór ten powinien być dokonywany komisyjnie, przy udziale inspektora i kierownika budowy oraz przedstawiciela użytkownika. Odbiory te powinny być potwierdzone protokołem Komisji, z podaniem ewentualnych usterek i terminu ich usunięcia.

Odbiór techniczny końcowy obejmuje odbiór przewodu po zakończeniu całości robót – przed przekazaniem przewodu do eksploatacji lub odcinka przewodu w wypadku gdy może być on wcześniej oddany do eksploatacji. Przy odbiorze końcowym należy przedłożyć Komisji dokumenty zgodnie z obowiązującymi w tym względzie zarządzeniami. Po dokonaniu odbioru powinien być sporządzony protokół, podpisany przez wszystkich członków Komisji, w składzie ustalonym każdorazowo w zależności od zainteresowanych instytucji. Komisji przewodniczy przedstawiciel inwestora.

Protokół Komisji powinien zawierać wykaz zauważonych wad i usterek, termin ich usunięcia i nazwiska osób upoważnionych do stwierdzenia wykonania poprawek.

Norma PN-81/B-10725 poza wymaganiami i badaniami w zakresie przewodu zawiera ustalenia i wymagania dotyczące:

- ogólnych warunków przystąpienia do badań, w tym preferowane długości odbieranych odcinków rurociągu,
- zgodności z dokumentacją techniczną i dokumentacjami dla odbioru częściowego i końcowego,
- głębokości posadowienia rurociągu oraz warunków odległości przewodu od budowli sąsiadujących,
- podłoża i warunków jego wykonania,
- budowy przewodu-spadki, zmiany kierunku, przejścia pod przeszkodami – zasypki rurociągu,
- zapisywania i oceny wyników badań.

Tematyczna zawartość treści normy BN-78/9192-02 jest w zasadzie analogiczna do ustaleń normy PN-81/B-10725, z tym że dotyczy wymagań i badań związanych z odbiorem wodociągów wiejskich.

NORMY ZWIĄZANE

PN-92/C-89017	Rury z tworzyw sztucznych. Oznaczenie wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne.
PN-93/NC-89035	Tworzywa sztuczne. Metody oznaczenia gęstości i gęstości względnej tworzyw nieporowatych.
PN-93/C-89069	Tworzywa sztuczne. Oznaczenie masowego (MFR) i objętościowego (MVR) wskaźnika szybkości płynięcia tworzyw termoplastycznych.
PN-89/C-89211	Rury z termoplastycznych tworzyw sztucznych. Oznaczenie zmian długości rur w wyniku ogrzewania.
PN-93/C-89218	Rury i kształtki z tworzyw sztucznych. Sprawdzanie wymiarów.
PN-89/C-89286/04	Polietylen małej gęstości. Pobieranie i przygotowanie próbek do badań.
PN-83/N-03010	Statystyczna kontrola jakości. Losowy wybór jednostki produktu do próbki.
PN-79/N-03021	Statystyczna kontrola jakości. Kontrola odbiorcza według oceny alternatywnej. Plany badania.
BN-74/6366-04	Rury polietylenowe typ 50. Wymagania techniczne.
ISO 6964	Polyolefin pipes and fittings - Determination of carbon black content by calcination and pyrolisis - Test method and basic specification.
ISO/TR 9080	Thermoplastics pipes for the transport of fluids - Standard extrapolation method for the long-term resistance to constant internal pressure.
ISO/TR 10837	Determination of the thermal stability of polyethylene (PE) for use in gas pipes and fittings.
ISO/DIS 11420	Method of test for carbon black dispersion in polyethylene pipes and fittings.
ZN-G-3150	Rury polietylenowe. Wymagania i badania.
PN-81/B-10725	Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania przy odbiorze.
ISO 4427	Rury polietylenowe dla wodociągów – specyfikacja.

LITERATURA

1. Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych. Lars-Eric Janson, Jan Molin, Sztokholm 1991.
2. Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal by Lars-Eric Janson; BOREALIS, Stockholm 1995.
3. APROBATA TECHNICZNA Nr AT/96-01-0003 dla PE 80 i Nr AT/98-01-0427, AT/98-01-0464 dla PE 100. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej „INSTAL", Warszawa 1996.
4. Projektowanie Konstrukcji Przewodów Kanalizacyjnych – Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1996.
5. Kanalizacja. W. Błaszczyk, M. Roman, M. Stomatello, Arkady 1983.
6. Systemy rurociągów z polietylenu. Kompletny program rur ciśnieniowych PE, Georg Fischer, +GF+
7. APROBATA TECHNICZNA AT IGNiG Nr/05-013/96. Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. IGNiG, Kraków 1996.

Nasz przedstawiciel

ZiNPLAST®

ZiNPLAST Sp. z o.o.

32-340 WOLBROM, ul. Garbarska 41
tel./fax: 032 644 13 10, 644 18 84, 644 18 85
www.zinplast.pl

Druk nr 01/10/07