+GF+

Systemy Grawitacyjne

Właściwości, projektowanie, montaż Weholite, WehoTripla, Studzienki Weho, Zbiorniki Weho



Excellence in Flow+

Spis treści

1. Informacje ogólne 4
2. Właściwości rurociągów PE 7
3. Budowa i struktura rur grawitacyjnych 9
4. Obliczenia hydrauliczne dla przepływów grawitacyjnych 0
5. Parametry projektowe rur grawitacyjnych PE i PP 15
6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP 16
7. Program Uponor Infra do obliczeń rurociągów 24
8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie 26
9. Połączenia rur grawitacyjnych 39
10. Próba szczelności rurociągów grawitacyjnych 44
11. Montaż Zbiorników Weho 46
12. Montaż Studzienek Weho 48
13. Montaż Przepustów Weholite 51
14. Montaż rurociągów podwodnych Weholite Marine 52
15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych 56
16. Transport i składowanie rur PE i PP 62
17. Tablice odporności chemicznej PE i PP 64

1. Informacje ogólne

1.1. Obowiązujące normy, wytyczne i zalecenia

Firma Uponor Infra Sp. z o.o. posiada certyfikat ISO 9001 oraz ISO 14001. Jest to potwierdzenie dbałości firmy o najwyższe standardy zarówno w produkcji jaki i sprzedaży naszych wyrobów. Każdy produkt posiada odpowiedni plan badań a kontrola jakości dostarczanych wyrobów oparta jest o normy obowiązujące we wszystkich krajach UE. Badania prowadzone są na nadzorowanych urządzeniach badawczy we własnym laboratorium co pozwala ufać uzyskiwanym wynikom.

Rury i kształtki PE produkcji Uponor Infra, stosowane w budownictwie posiadają stosowne krajowe oceny techniczne (KOT) wydane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz Instytut Techniki Budowlanej ITB w Warszawie.

Klasyfikacja systemów grawitacyjnych i posiadane odpowiednie dopuszczenia na polskim rynku

Nazwa wyrobu	Ogólne zastosowania	ITB	GIG	IBDIM
Rury i kształtki Weholite	Kanalizacja grawitacyjna, rurociągi podwodne, Renowacje	✓	✓	✓
Rury WehoTri-pla	Kanalizacja grawitacyjna	✓	✓	
Moduły VipLiner	Renowacje	✓		✓
Studzienki Weho	Kanalizacja grawitacyjna	✓	✓	✓
Zbiorniki i oczyszczalnie ścieków Weho	Kanalizacja grawitacyjna	✓		

Normy i projekty norm dla systemów grawitacyjnych

Oznaczenie	Tytuł
PN-EN 13476-1	Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji -- Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) -- Cześć 1: Wymagania ogólne i właściwości użytkowe
PN-EN 13476-2	Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji -- Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) -- Czesc 2: Specyfikacje rur i kształtek o gładkich powierzchniach wewnętrzych i zewnętrznych oraz systemu, typ A
PN-EN 476	Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji deszczowej i sanitarnej
PN-C-89224	Systemy przewodów rurowych z termoplastycznych tworzyw sztucznych -- Zewnętrzne systemy bezciśnieniowe i ciśnieniowe do przesyłania wody, odwadniania i kanalizacji z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) -- Warunki techniczne wykonania i odbioru

1.2. Właściwości materiałowe PE i PP

	Właściwość	Jednostka	PE	PP
1	Gęstość	kg/m^3	≥ 930	≥ 890
2	Wskaźnik płynięcia (PE 190˚C/5kg; PP 230˚C/2,16kg)	[g/10min]	≤ 1,3	≤ 1,5
3	Czas indukcji utleniania OIT (200˚C)	[min]	≥ 20	≥ 8
4	Moduł sprężystości E	[MPa]	≥ 800	1200÷2000
5	Wytrzymałość na rozciąganie do punktu płynięcia	[MPa]	18÷29	24÷31
6	Wydłużenie do punktu zerwania PE / wydłużenie do punktu płynięcia PP	[%]	≥ 500	> 200
7	Średni współczynnik rozszerzalności liniowej	[10-4 K-1]	1,7	1,4

1. Informacje ogólne

1.3. Zastosowania systemów grawitacyjnych produkowanych przez Uponor Infra

Kanalizacja deszczowa



Kanalizacja sanitarna i ogólnospławna



Odwodnienia autostrad, parkingów, lotnisk, centrów logistycznych



Rurociągi obiektowe i międzyobiektowe



Rurociągi technologiczne i przemysłowe,
(wody chłodzącej, gospodarka wodno-ściekowa)



Odwodnienia kopalń



1. Informacje ogólne

Rurociągi derywacyjne w elektrowniach wodnych



Rurociągi podwodne



Renowacje



Zbiorniki na ścieki



Retencja, zbiorniki na wodę ppoż. i użytkową



Zbiorniki inteligentne



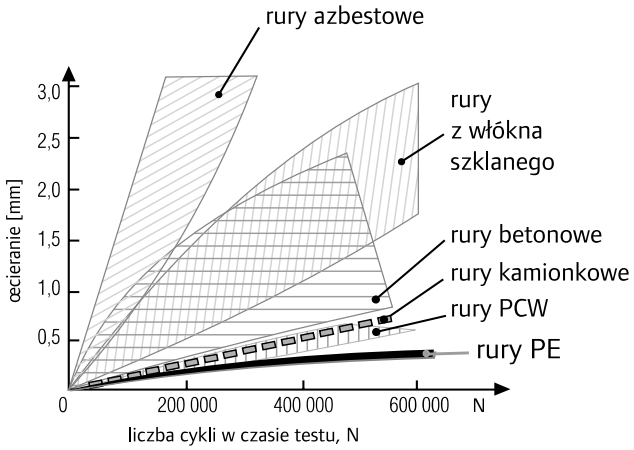
2. Właściwości rurociągów PE

2.1. Zalety materiału PE

Zalety materiału PE zadecydowały o powszechnym zastosowaniu rur i kształtek polietylenowych do budowy infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej.

Do najważniejszych z nich należą:

- **Wysoka odporność na ścieranie**
- **Odporność na korozję (związki chemiczne)**
- **Bardzo dobre właściwości hydrauliczne**
- **Nietoksyczność**
- **100% szczelność połączeń**
- **Elastyczność**
- **Niska waga rur**
- **Odporność kinetyczna**



Źródło: University of Darmstad (DIN 19534)

+ Wysoka odporność na ścieranie

Odporność na ścieranie jest jedną z najważniejszych cech wyróżniającą rury PE z pośród innych materiałów stosowanych do budowy rurociągów. Dzięki swoim właściwościom rury PE stosowane są do przesyłu szlamów, piasku i innych mediów o wysokiej ścieralności.

Do testu metodą Darmstadt wykorzystano rury wykonane z powszechnie stosowanych materiałów, których próbki wypełniono mieszaniną wody i piasku i poddano cyklicznym ruchom wahadłowym. Ilość zużytego (wytartego) materiału na ściankach rur była mierzona regularnie. Wynik testu pokazuje bardzo wysoką odporność na ścieranie rur polietylenowych, np. dla 400 000 cykli zmierzono 0,3 mm ubytek powierzchni rur PE, natomiast w przypadku rur z włókna szklanego (GRP) pomierzony ubytek był 6-8 krotnie większy.

+ Odporność na korozję

Rury PE odporne są na wiele związków chemicznych, pod wpływem, których rury z materiałów tradycyjnych ulegają szybkiej korozji i starzeniu się: większość kwasów (oprócz kwasu azotowego), zasad, soli, rozpuszczalników alifatycznych (pH 0-14).

Odporność rur PE na związki chemiczne jest zależna od temperatury, stężenia związku oraz ciśnienia roboczego. Szczegółowe dane na temat odporności chemicznej PE i innych materiałów termoplastycznych można znaleźć w normie ISO/TR 10358.



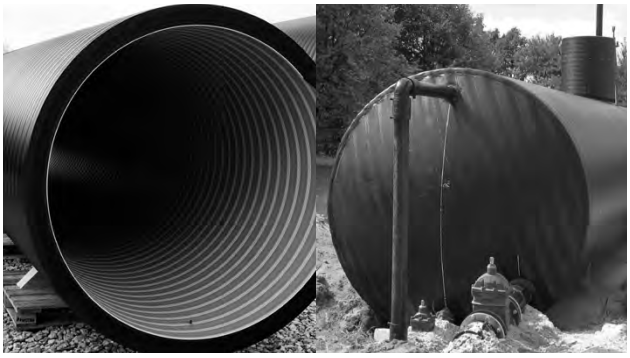
+ Właściwości hydrauliczne

Rury PE zachowują niski i niezmienny współczynnik chropowatości k na poziomie 0,01mm. Brak korozji i zarastania rur PE od wewnątrz jest jedną z najważniejszych zalet użytkowych systemów PE.

2. Właściwości rurociągów PE

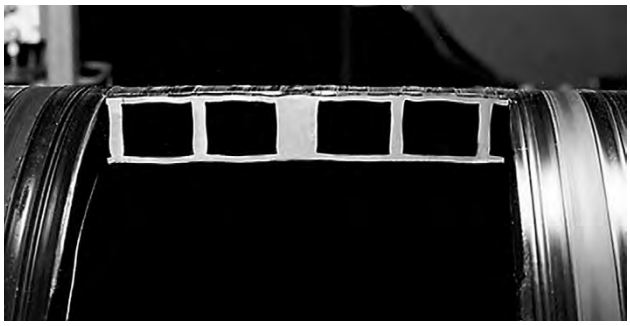
+ Nietoksyczność

W systemie Weho można wykonywać zbiorniki wody przeznaczonej do spożycia. Zbiorniki te wykonane są z materiału klasy PE 100 posiadającego atest PZH (Państwowego Zakładu Higieny).



+ 100% szczelność połączeń

Rury grawitacyjne PE można łączyć metodą spawania ekstruzyjnego lub łączyć na kielichy, dwukielichy, nasuwki i zatrzaski. Każde z poszczególnych typów połączeń jest przystosowane dla danych warunków montażowych, wymiaru rury oraz rodzaju systemu grawitacyjnego.



+ Elastyczność

Wykorzystując naturalny promień gięcia rurociągi PE można układać zgodnie ze zmianą kierunku trasy, co pozwala zrezygnować z zastosowania kształtek segmentowych. Elastyczność to cecha, która wyróżnia rury PE spośród innych tradycyjnych materiałów.



+ Niska waga rur

Niska waga rur pozwala obniżyć koszty i skrócić czas montażu. Dzięki niskiej wadze rury PE nie wymagają stosowania ciężkiego sprzętu do układania oraz rozładunku w miejscu budowy.

Orientacyjne wagi rur grawitacyjnych

Weholite DN1000 - 90 kg/m
Betras DN1000 - 700 kg/m
Żeliwo DN1000 - 300 kg/m



+ Niezawodność

Awaryjność rur PE jest znacznie mniejsza niż rur sztywnych (beton, kamionka, GRP). Rury PE są odporne na zmienne warunki atmosferyczne. Można je montować i transportować zarówno przy niskich temperaturach (ujemnych) jak i bardzo wysokich (tropikalnych). Z tych między innymi powodów rury PE znajdują zastosowanie na całym świecie bez względu na strefy klimatyczne.



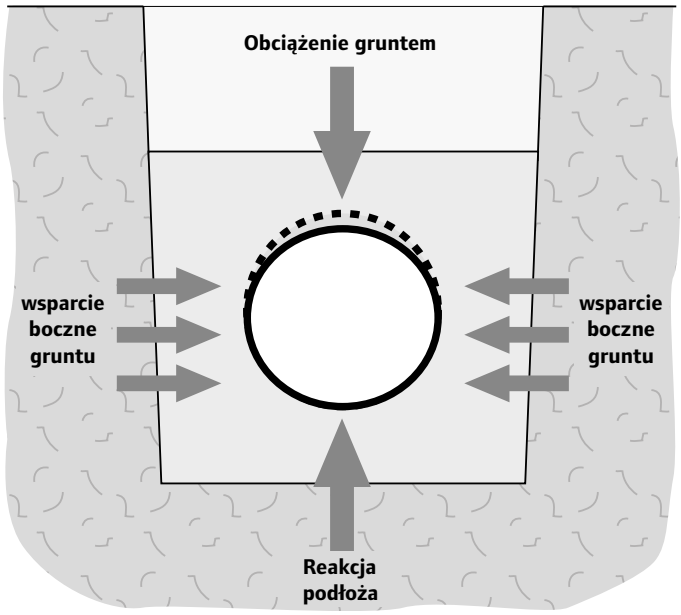
+ Odporność kinetyczna

Wysoki poziom bezpieczeństwa w zastosowaniach na:

- terenach górniczych,
- terenach zalewowych,
- obszarach oddziaływań obciążeń sejsmicznych.

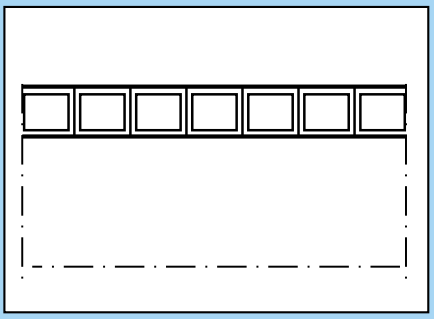
3. Budowa i struktura rur grawitacyjnych

3.1. Schemat obciążenia rur w gruncie

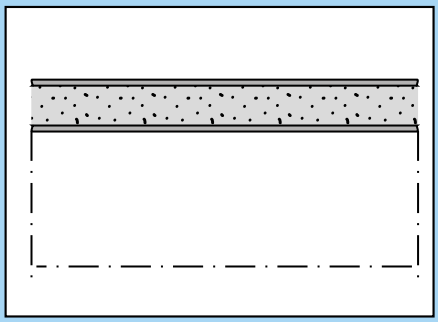


Rurociągi termoplastyczne wraz z otaczającym gruntem stanowią współpracujący układ statyczny. Jako kryteria projektowe analizuje się odkształcenie i stateczność. W przeciwieństwie do rur sztywnych, rury elastyczne nie ulegają uszkodzeniom pod wpływem naporu gruntu, zachowując szczelność przez cały okres eksploatacji.

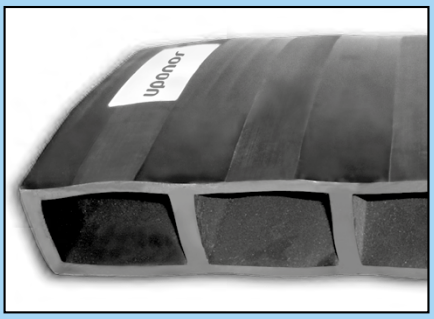
3.2. Budowa rur strukturalnych

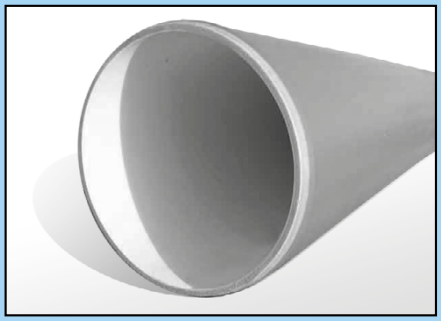


Rury Weholite (PE)
Średnice: od 300 do 3000 mm



Rury WehoTripla (PP)
Średnice od 200 do 400 mm





4. Obliczenia hydrauliczne dla przepływów grawitacyjnych

4.1. Przepływ przewodami o całkowitym wypełnieniu przekroju

Projektowanie przewodów o przepływie grawitacyjnym polega na zapewnieniu odpowiednich relacji pomiędzy parametrami przepływu a wielkością oporu powodującego utratę energii kinetycznej i potencjalnej płynącej cieczy. Opór hydrauliczny ma postać strat wysokości ciśnienia na długości przewodu i strat miejscowych ze względu na występowanie punktowych zaburzeń strumienia. Ogólny wzór Darcy-Weisbacha opisujący tę relacje ma postać:

$$i = \frac{\lambda \cdot v^2}{d_w \cdot 2 \cdot g} \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100\%}\right) \quad (1)$$

i - jednostkowy spadek ciśnienia [-] lub [‰]
g - przyspieszenie ziemskie [m/s^2]
λ - współczynnik oporu hydraulicznego [-]
dw - średnica wewnętrzna przewodu [m]
v - średnia prędkość przepływu [m/s]
κ - procentowy dodatek ze względu na straty miejscowe jako część strat na długości [%]

Średnia prędkość przepływu obliczana jest ze wzoru:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_w^2} \quad (2)$$

Q - natężenie przepływu [m^3/s]

W rurociągach o swobodnym zwierciadle cieczy występuje przepływ burzliwy w zakresie przejściowym pomiędzy przewodami hydraulicznie gładkimi a przewodami o zupełnej chropowatości (tzw. strefa B).

Dla takich warunków przepływu wielkość współczynnika oporu hydraulicznego, reprezentującego opór wynikający ze styku cieczy ze ścianką przewodu, oblicza się ze wzoru Colebrooke-White'a :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.71 \cdot d_w}\right) \quad (3)$$

k - chropowatość bezwzględna ścian przewodu [m]

Re - liczba Reynoldsa, wyliczana ze wzoru :

$$R_e = \frac{v \cdot d_w}{\nu} \quad (4)$$

v - średnia prędkość przepływu [m/s]
ν - kinematyczny współczynnik lepkości cieczy [m^2/s]

Wartość kinematycznego współczynnika lepkości jest uzależniona od rodzaju cieczy i jej temperatury. W poniższej tabeli można znaleźć współczynniki lepkości z zakresu temperatur od 2 do 25 stopni Celsjusza. W programie komputeowym Uponor Infra jest możliwość zadawania temperatury cieczy w zakresie od 0 do 60 stopni Celsjusza.

Tablica 4.1.a. Wartości kinematycznego współczynnika lepkości ν [m^2/s] w zależności od temperatury i stężenia zawiesin w ściekach:

Temperatura [°C]	Woda	Ścieki		
		przy stężeniu zawiesin		
		100 mg/l	300 mg/l	500 mg/l
2	1,67 x 10-6	2,17 x 10-6	3,17 x 10-6	4,17 x 10-6
5	1,52 x 10-6	1,60 x 10-6	1,76 x 10-6	1,92 x 10-6
10	1,31 x 10-6	1,33 x 10-6	1,37 x 10-6	1,41 x 10-6
20	1,01 x 10-6	1,02 x 10-6	1,02 x 10-6	1,04 x 10-6
25	0,90 x 10-6	0,90 x 10-6	0,91 x 10-6	0,92 x 10-6

W dotychczasowej praktyce projektowej przyjmuje się zwykle stałą wartość kinematycznego współczynnika lepkości dla wody i ścieków ν = 1,31 * 10-6 m^2/s przy temperaturze wody (ścieków) 10°C.

Chropowatość względna ścianek przewodu uzależniona jest od rodzaju materiału, z którego wykonany jest przewód i stopnia zużycia wewnętrznej powierzchni ścianki rury.

Dla rur PE standardową wartością k jest 0,01 mm.

Poprzez wartość chropowatości można również modelować rodzaj prowadzonej cieczy. Dla przewodów prowadzących ciecz o znacznej zawartości osadów należy zwiększyć jej wartość, odpowiednio do zawartości osadów, do wartości z zakresu 0,05 do 0,4 mm.

Zestawienie powyższych wzorów w postaci jednej formuły,

przy założeniu standardowej temperatury cieczy 10 stopni Celsjusza, przedstawia się następująco:

$$Q = -6.598 \cdot \log\left(\frac{0.41}{10^6 \cdot d_w \cdot \sqrt{d_w \cdot i}} + \frac{k}{3.71 \cdot d_w}\right) \cdot d_w \cdot \sqrt{d_w \cdot i}$$

(5)

Formuła ta jest podstawą do sporządzenia nomogramów przepływu. Łączy ona trzy wielkości zasadnicze dla wymiarowania hydraulicznego – natężenie przepływu, spadek dna rury (spadek ciśnienia) i średnicę rury.

Na podstawie nomogramów przepływu wyznaczyć można jedną z trzech wymienionych wartości przy określonych dwóch pozostałych. W programie Uponor Infra do wyznaczania wielkości wskazanej jako cel obliczeń wykorzystano metodę iteracyjną uwzględniając dodatkowo temperaturę cieczy.

$$i_{min} = \frac{\tau_{min}}{\gamma \cdot Rh}$$

(6)

Rh - promień hydrauliczny [m]

τmin - minimalne naprężenie styczne na granicy rura-ciecz [N/m^2]

Do powyższego wzoru stosuje się wartość promienia hydraulicznego odpowiednio do rodzaju prowadzonej cieczy. W przypadku kanalizacji przemysłowej i bytowo-gospodarczej przyjmuje się promień hydrauliczny dla stopnia wypełnienia 60%, dla kanalizacji deszczowej dla całkowitego wypełnienia. Wartości minimalnych naprężeń stycznych przyjmuje się odpowiednio: 2.20 N/m^2 i 1.47 N/m^2.

4.2. Minimalne wartości spadku dna przewodu

W przypadku przewodów kanalizacyjnych ograniczeniem wartości spadku hydraulicznego jest konieczność zapewnienia minimalnej prędkości przepływu cieczy umożliwiającej transport osadów. Prędkość tą określa się terminem prędkości samooczyszczania.

Tablica 4.2.a. Minimalne prędkości samooczyszczania

Rodzaj rur	Kanalizacja Vmin [m/s]		
	deszcz.	sanit.	Og. spławna
Weholite	0,6	0,8	1,0
WehoTripla	0,6	0,8	1,0

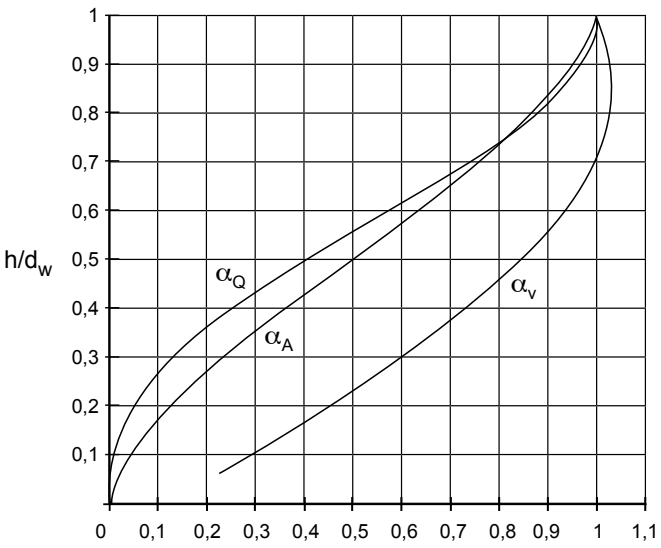
4.3. Przepływ przewodami o częściowym wypełnieniu przekroju

Przewody o przepływie grawitacyjnym wymiaruje się często przy założeniu częściowego wypełnienia przekroju. Do wzorów odpowiednich dla obliczeń przewodów o całkowitym wypełnieniu wprowadza się współczynniki redukcyjne, których wartości uzależnione od stosunku h/dw zostały przedstawione na wykresie obok:

α_Q - stosunek natężenia przepływu dla częściowego wypełnienia do natężenia dla całkowitego wypełnienia [-]

α_v - stosunek prędkości przepływu dla częściowego wypełnienia do prędkości dla całkowitego wypełnienia [-]

α_A - stosunek pola powierzchni przekroju strumienia cieczy dla częściowego wypełnienia do pola powierzchni pełnego przekroju [-]



4. Obliczenia hydrauliczne dla przepływów grawitacyjnych

4.4. Porównanie strat ciśnienia i przepustowości rurociągów wykonanych z różnych materiałów

Celem obliczeń jest porównanie strat przepustowości rurociągów grawitacyjnych wykonanych z różnych materiałów. W obliczeniach uwzględniono również zmianę stanu technicznego powierzchni wewnętrznej rurociągów eksploatowanych w okresie kilku lat.

Dla przejrzystości porównań przyjęto jednakowe średnice wewnętrzne (D=500 mm) dla każdego rodzaju rury. Przyjęto kinematyczny współczynnik lepkości cieczy v = 1,31 * 10-6 m^2/s przy temperaturze wody (ścieków) 10°C. Pozostałe dane przyjęte do obliczeń zawarte są w poniższych tabelach.
Przepustowość rurociągu grawitacyjnego transportującego ścieki oraz prędkość średnia przepływu przy napełnieniu całkowitym: D=500 mm, spadek hydrauliczny I = 0,2%, wypełnienie h = D (0,5m). Do obliczeń współczynnika strat liniowych wykorzystano wzór Colebrooka-White'a.
Wyniki obliczeń pokazują jednoznacznie, iż przewody PE i PP charakteryzują się dużo mniejszymi oporami przepływu i znacznie wyższą przepustowością w porównaniu z przewodami wykonanymi z tradycyjnych materiałów, niezależnie od czasu eksploatacji przewodu. Różnice te, na korzyść rur PE i PP są zdecydowanie większe przy dłuższym okresie eksploatacji przewodu. Wynika to przede wszystkim z niewielkiej chropowatości bezwzględnej rury, która praktycznie nie zmienia się w czasie eksploatacji.

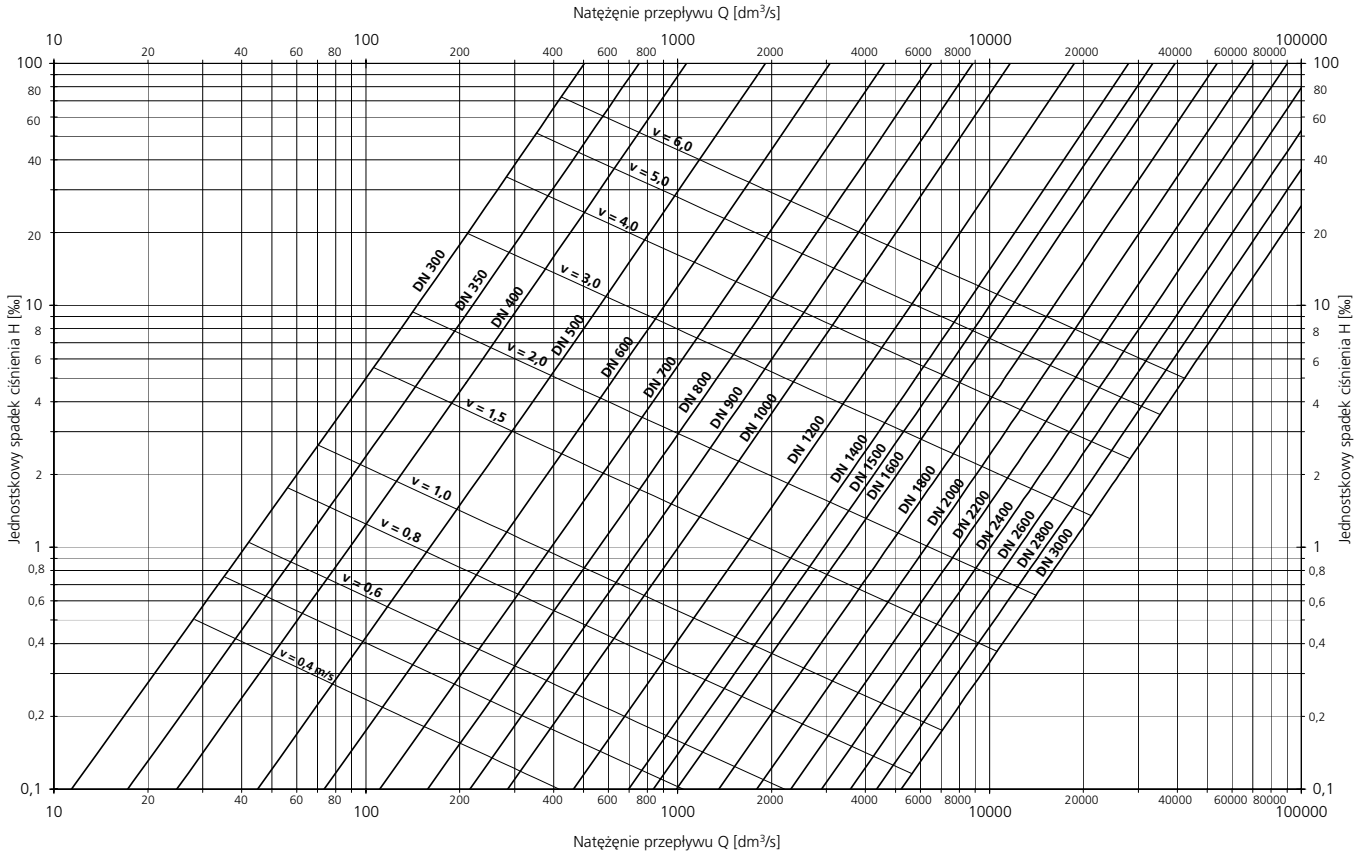
Tablica 4.4.a. Porównanie przepustowości rur PE i PP w stosunku do innych materiałów

Materiał przewodu		Chropowatość bezwzględna k [mm]	Natężenie przepływu Q [l/s]	Obniżenie przepustowości w stosunku do rur PE i PP [%]
PE, PP		0,01	235	0
Stal	Nowy	0,1	220	6,4
	Stary	3,0	153	34,9
PCW	Nowy	0,05	227	3,4
	Stary	0,07	224	4,7
Żelbet	Nowy	0,5	193	17,9
	Stary	3,0	153	28,1

4. Obliczenia hydrauliczne dla przepływów grawitacyjnych

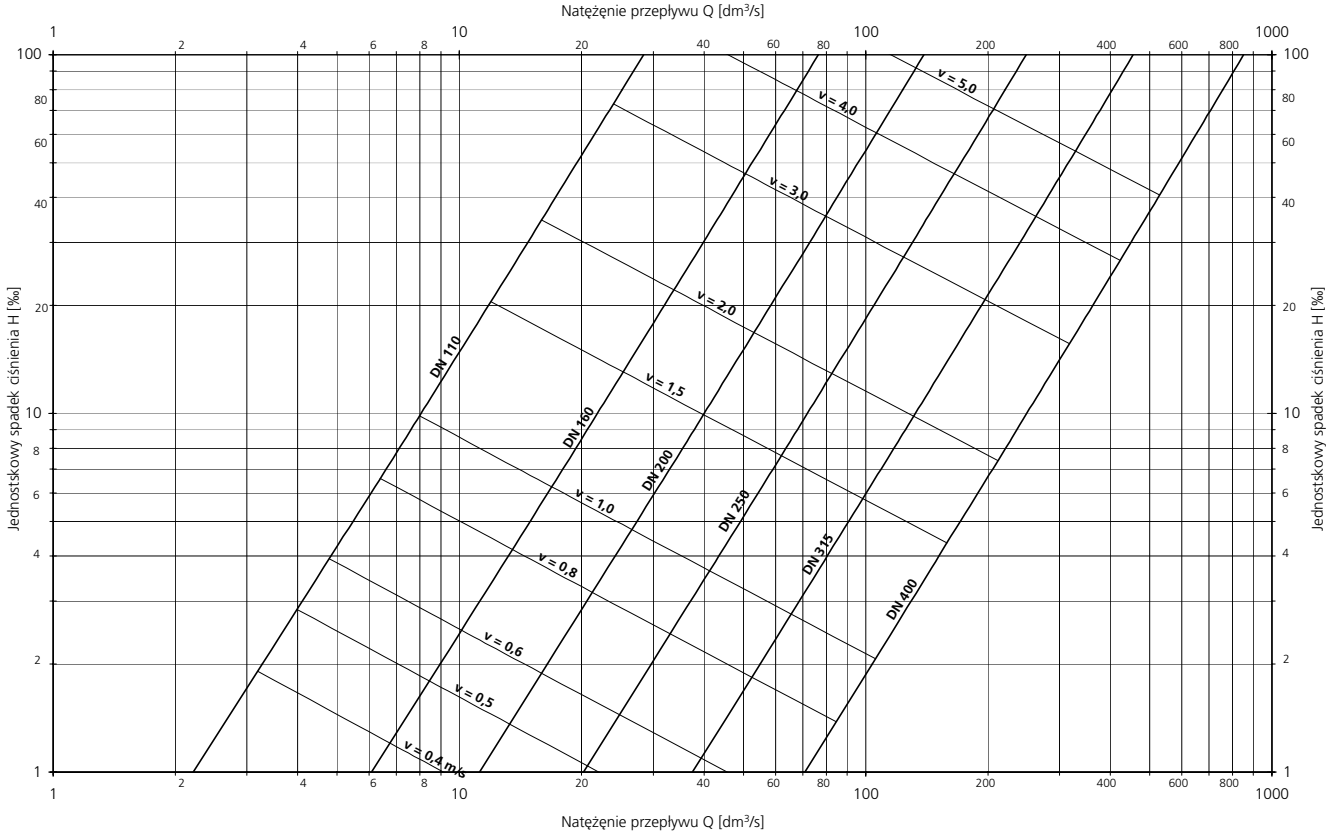
4.5. Nomogramy do obliczeń hydraulicznych

Nomogram do obliczania hydraulicznego całkowicie wypełnionych rur Weholite dla temperatury 10°C i chropowatości k=0.01 mm wg. wzoru Colebrooka-White'a



4. Obliczenia hydrauliczne dla przepływów grawitacyjnych

Nomogram do obliczania hydraulicznego całkowicie wypełnionych rur WehoTripla dla temperatury 10°C i chropowatości k=0.01 mm wg. wzoru Colebrooka-White'a



5. Parametry projektowe rur grawitacyjnych PE i PP

5.1. Sztywność obwodowa

Sztywność przekroju rury charakteryzowana jest parametrem określanym jako tzw. sztywność obwodowa. Zależy ona od jej geometrii (średnicy i grubości ścianki) oraz od własności wytrzymałościowych materiału konstrukcyjnego. W przypadku rur wyprodukowanych z najczęściej stosowanych tworzyw sztucznych PE, PVC oraz PP sztywność obwodową oznaczaną symbolem SN należy wyznaczać zgodnie z normą PN-EN ISO 9969 „Rury z tworzyw termoplastycznych. Oznaczanie sztywności obwodowej."

a) Sztywność obwodową na podstawie normy ISO 9969 wyznacza się doświadczalnie wg szczegółowo opisanych procedur polegających na pomierzeniu siły powodującej 3% ugięcie rury w ciągu 3minut.
Przyłożona siła, której wartość jest zmienna w czasie, w trakcie trwania testu oddziaływuje na rurę stałą prędkością.

$SN = E \times I / D_m^3$ [kN/m²]

gdzie :
E - moduł sprężystości materiału konstrukcyjnego
D_m - średnica środkowa (obojętna) rury
I - jednostkowy moment bezwładności ścianki rury

b) Inna metoda wyznaczania sztywności obwodowej oparta jest na normie DIN16961. Choć metoda ta nie jest obowiązująca w Polsce, niektóre firmy niemieckie jeszcze ją stosują. Metoda ta polega na obciążaniu rury stałym obciążeniem i określeniu jej ugięcia po 1, 6, i 24 godzinach. Ugięcie po 24 godzinnym obciążeniu określoną siłą powinno wynosić 3%. (tzw. Metoda stałego obciążenia) Sztywność rury opisana jest w metodzie wg DIN następującym równaniem:

$SR\ (ATV) = E \times I / r_m^3$ [kN/m²]

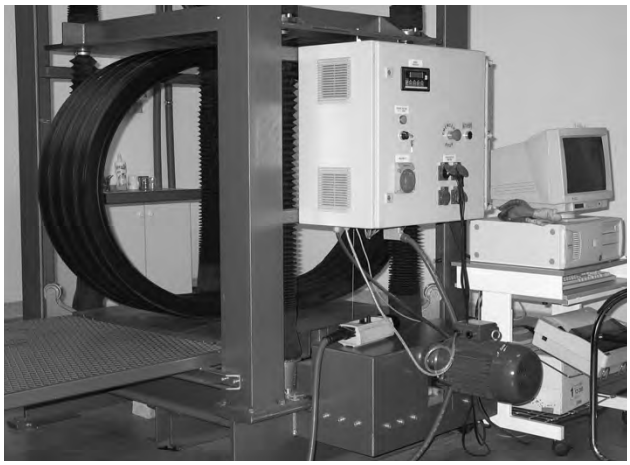
gdzie :
E - moduł sprężystości materiału konstrukcyjnego
I - jednostkowy moment bezwładności ścianki rury
r_m - średni promień rury

Zgodnie z normą PN-C-89224 (zał.A.8) sztywność obwodowa rur termoplastycznych (PE i PP) ułożonych w gruncie rośnie o około 20 % w czasie 50 lat, co je odróżnia od duroplastów (GRP), których sztywność obwodowa spada i trzeba to uwzględniać na etapie projektowania.

Tablica 5.1.a. Porównanie wartości sztywności obwodowej SN wg norm ISO i DIN

SN [kN/m²] wg ISO9969	SN [kN/m²] wg DIN16961
2	7.6
4	15.2
6	22.8
8	30.4
10	38.0
12,5	47.5
16	60.8

gdzie: SN – sztywność obwodowa rury [kN/m²]



Tablica 5.1.b. Sztywność obwodowa rur strukturalnych i sztywności obwodowe rur pełnościennych (ciśnieniowych).

Rurociągi grawitacyjne sztywność obwodowa SN [kN/m²]			Rurociągi ciśnieniowe WehoPipe sztywność obwodowa SN [kN/m²]											
Rodzaj rur	**[-]**	**SN***	**Rodzaj rury**	**SDR [-]**	**33**	**27,6**	**26**	**22**	**21**	**17,6**	**17**	**13,6**	**11**	**9**
Weholite	[kN/m²]	2;4;6;8;10;12,5;16	WehoPipe	[kN/m²]	2,5		5		10		19	38	75	150
WehoTripla	[kN/m²]	8;10;12,5;16												

*- inne sztywności na zamówienie

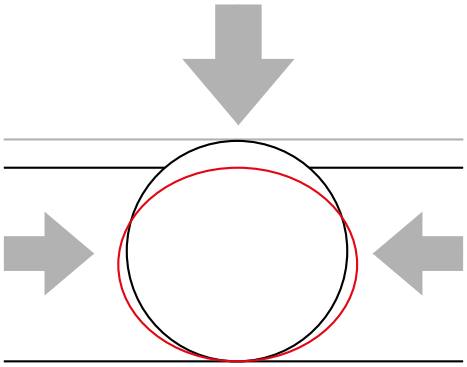
SDR – szereg wymiarowy rur pełnościennych [SDR=Dn/e, Dn- średnica nominalna, e-grubość ścianki]

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

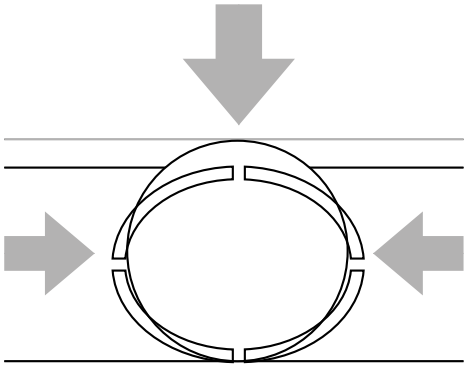
6.1. Współpraca rur z gruntem - rury elastyczne i rury sztywne

Zachowanie się rury w gruncie zależy od jej sztywności obwodowej, od rodzaju gruntu oraz stopnia i sposobu zagęszenia gruntu. Rury elastyczne PE współpracują z gruntem tworząc stabilny układ grunt – rura. Rury PE i PP należą do grupy rur podatnych. Pod obciążeniem rura podatna ugina się i wywiera ciśnienie na otaczający materiał gruntowy. To z kolei wywołuje reakcję w otaczającym gruncie, co w efekcie przeciwstawia się dalszej deformacji rury. Wielkość ugięcia rury może być ograniczona przez odpowiedni dobór materiału gruntu i wykonawstwo. Dlatego też właściwości nośne rur podatnych zależą od sposobu montażu i oraz rodzaju gruntu.

W przypadku rur sztywnych obciążenie rury jest przenoszone głównie przez wewnętrzną wytrzymałość materiału rury, a kiedy obciążenie przekracza graniczną wartość naprężeń rura ulega zniszczeniu. Normy dotyczące rur sztywnych za podstawę nośności uznają wytrzymałość na pęknięcie rury w standardowym teście, co stanowi graniczną dopuszczalną wielkość obciążeń rury.



Rury elastyczne



Rury sztywne



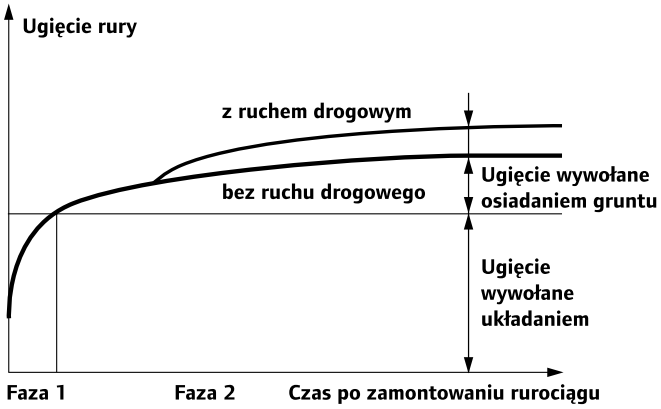
Zdjęcie 6.1.a. Walec 17 ton, przykrycie rury 0,5m. Brak widocznego ugięcia rury. Zamontowana rura Weholite jest o sztywności obwodowej 2kN/m^2.

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

6.2. Dopuszczalne ugięcia rur - pojęcia ogólne

Termoplastyczne tworzywa sztuczne (PE i PP) są materiałami o własnościach lepko-sprężystych. W materiałach takich występują zjawiska reologiczne, czyli zachodzące w długich przedziałach czasowych. Zaliczyć można do nich pełzanie i relaksację. Pełzanie to wzrost odkształceń przy stałym naprężeniu, a relaksacja polega na zmniejszaniu się naprężeń w czasie przy stałej wartości odkształceń. Własności te sprawiają, że po zatrzymaniu przyrostu ugięcia obciążonej rury następuje stopniowa redukcja naprężeń w ściance przewodu, co zapobiega powstawaniu uszkodzeń.
Dzięki temu uzyskuje się stan trwałej stabilizacji rury w gruncie, który po tym okresie również ulega naturalnej stabilizacji. Jego zagęszczanie i konsolidacja są przyśpieszone wskutek działania wielu różnych czynników takich jak drgania, obciążenia dynamiczne, ciężar własny gruntu, zmienny poziom wody gruntowej.

Rys. 6.2.a. Zmiana ugięcia rury podatnej w czasie



W przypadku, gdy grunt nad rurociągiem obciążony jest ruchem drogowym osiągnięcie maksymalnego ugięcia nastąpi znacznie szybciej niż w przypadku działania tylko obciążeń statycznych. Obciążenia dynamiczne (np. komunikacyjne) przeważnie nie wpływają na wielkość końcowych wartości ugięcia.

Tablica 6.2.a. Maksymalne dopuszczalne ugięcia rur PE ze względu na ich długotrwałą eksploatację.

	Etap prac	Ugięcie %
Faza wstępna	przed montażem	3-5 %
Faza 1	montaż rur	3-5%
Faza 2 (okres 2-3 lat po montażu)	samodogęszczanie gruntu	3-5%



6.3. Obliczenia statyczno - wytrzymałościowe

Sztywność obwodową SN należy traktować jedynie jako parametr pomocniczy przy doborze rur przez projektantów.
Podstawą doboru rur z uwzględnieniem warunków ich posadowienia i obciążenia jest wymiarowanie, po przeprowadzeniu którego możemy ocenić rzeczywiste bezpieczeństwo analizowanej budowli. W przypadku zagłębionych w gruncie rurociągów sztywnych, wykonanych najczęściej z takich tradycyjnych materiałów jak żeliwo, beton, żelbet, kamionka, podstawowym kryterium wymiarowania są naprężenia dopuszczalne lub siła niszcząca definiowana przez producenta. Te wielkości graniczne porównujemy z wielkościami rzeczywistymi występującymi w analizowanym przypadku. Na tej podstawie oceniamy bezpieczeństwo rury w założonych warunkach ułożenia i obciążenia. Inaczej wymiarujemy rury podatne z tworzyw termoplastycznych. W tym przypadku podstawowym kryterium wymiarowania jest wartość względnego, pionowego ugięcia rury oraz sprawdzenie stateczności przekroju na wyboczenie. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe rur PE wykonać można Metodą Skandynawską lub według wytycznych ATV A 127.
W Polsce, zgodnie z normą PN-EN1295-1[c] dla rur termoplastycznych układanych w gruncie, do obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, stosowana jest Metoda Skandynawska.

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

Zasady projektowania konstrukcyjnego dla rur sztywnych i elastycznych zostały opracowane przez Spanglera. Ogólny wzór opisujący ugięcie względne zarówno dla rur sztywnych jak i elastycznych ma postać:

Istnieje wiele metod obliczeń wytrzymałościowych (m.in. brytyjska, niemiecka, austriacka, francuska, szwedzka), które opierają się na klasycznym wzorze Spanglera. Różnią się one sposobem rozpatrywania zagadnień wytrzymałości rur tworzywowych (wartościami poszczególnych współ--czynników), sposobem obliczania sztywności obwodowej rury SR (na podstawie EN, ISO lub DIN) oraz stopniem skomplikowania.

6.4. Adaptacja do obowiązujących norm

Metoda skandynawska wymiarowania rur posadowionych w podłożu gruntowym została zaadaptowana do polskich wymagań normowych. Modyfikacja dotyczy warunków ułożenia przewodów w wykopie. Podstawą prawną są normy: branżowa BN-83/8836-02 "Przewody podziemne. Roboty ziemne. Wymagania i badania przy odbiorze". oraz państwowa PN-EN 1610 "Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych". Normy te stosuje się przy częściowych i końcowych odbiorach technicznych robót ziemnych dla posadowienia przewodów wodociągowych, kanalizacyjnych, gazowych i ciepłowniczych na terenach nie objętych szkodami górniczymi. Zakres stosowania algorytmu obliczeń podlega więc obowiązkowi dostosowania do ich wymagań.

6.5. Obliczenia statyczne rur metodą Molina

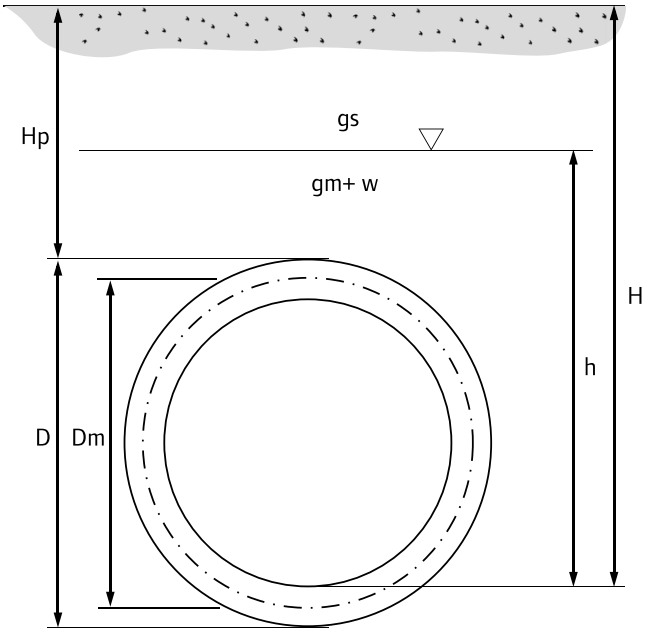
Metoda Molina pozwala projektantom z dostateczną dokładnością i łatwością przyjmować do obliczeń wartości parametrów montażu rurociągu występujące w warunkach polskich. Uzyskane wyniki są zbliżone do wartości rzeczywistych, co potwierdzają pomiary ugięć rur z tworzyw termoplastycznych prowadzone na terenie Polski (Alferink F. Deflection Measurements in Poland; Wavin M&T, 1995) i w Europie (TEPPFA -The European Plastics Pipe Association "Design of Buried Thermoplastics Pipes. Results of a European research project", March 1999). Zaletą tej metody jest to, że jest metodą empiryczną a nie teoretyczną, gdyż powstała w oparciu o wyniki badań rurociągów montowanych i eksploatowanych w różnych warunkach. Jest mniej wrażliwa na odstępstwa wykonawcze od założeń projektowych. Metoda skandynawska (Molina) odnosi się tylko do rurociągów z tworzyw sztucznych, co ma wpływ na jej prostszą postać (w przeciwieństwie np. do metody ATV, którą można stosować zarówno dla rur sztywnych jak i elastycznych, ale przez to jest metodą skomplikowaną, gdyż wymaga podania znacznie większej liczby parametrów).

Molin w wyniku rozważań teoretycznych i doświadczeń praktycznych, dotyczących rur elastycznych, opierając się na wzorze (1) uzyskał wyrażenie na maksymalne ugięcie rury $(\delta/D)m$, obliczanego na podstawie wartości teoretycznego

Niektóre metody np. ATV 127 opierają obliczenia na teoretycznych założeniach gruntowo-wodnych dając w rezultacie teoretyczne wyniki. Metoda skandynawska obliczeń (zwana również metodą Molina), wynika z kilkudziesięcioletnich doświadczeń i analiz współpracy przewodu z ośrodkiem gruntowym w rzeczywistych warunkach montażu.

(1) $$\frac{\delta}{D} = \frac{C_1 \cdot q}{C_2 \cdot S_R + C_3 \cdot S_s}$$

q - obciążenie pionowe
C1, C2, C3 - współczynniki
SR - sztywność obwodowa rury
SS - sztywność gruntu (uzależniona od wartości modułu siecznego gruntu Es)



Rys. 6.5.a. Zmiana ugięcia rury podatnej w czasie

ugięcia rury $(\delta/D)q$, po uwzględnieniu wartości wynikających z przewidywanych warunków montażu (If) i jakości podłoża (podsypki) (Bf):

(2) $$\left(\frac{\delta}{D}\right)_m = \left(\frac{\delta}{D}\right)_q + I_q + B_f$$

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

6.6. Ugięcie rury

Wartość teoretycznego ugięcia rury wywołana obciążeniem gruntem i ruchem kołowym:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_q = \frac{q(C \cdot b_1 - 0{,}083 \cdot K_0)}{8 \cdot S_R + 0{,}061 \cdot E_S}$$

q - obciążenie pionowe
C - współczynnik koncentracji obciążenia C=1
b_1 - współczynnik rozkładu obciążenia, dla kąta podparcia rury α =180° b_1 = 0,083
K_0 - współczynnik parcia spoczynkowego gruntu K_0 = 0,5
E_s - wartość siecznego modułu odkształcenia gruntu

Sztywność obwodowa rury S_R (wg ISO)

$$S_R = \frac{E \cdot I_1}{D_R^3}$$

I - moment bezwładności przekroju poprzecznego rury [m^4/m]
E - moduł sprężystości materiału rury [kN/m^2] dla PE przyjęto wartość E = 1 000 000 kN/m^2.
D_R - średnica obojętnej osi zginania [m]

6.7. Obciążenie pionowe

Obciążenie pionowe q działające na rurę pochodzące od naporu gruntu, wody gruntowej i ruchu kołowego, jest równe:

(4) q = qs+qw+qtr

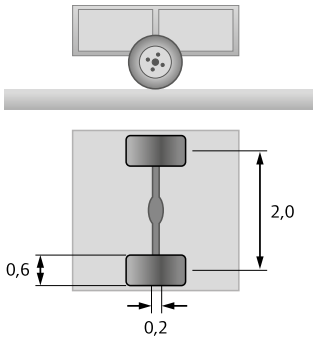
gdzie:
qs - napór gruntu qs = γgs(H-h) + γgm(h-D+s) [kN/m^2]
qw - napór wody gruntowej
qw = γw(h-(D/2)+s) [kN/m^2]
qtr - obciążenie ruchem kołowym [kN/m^2]
γgs - ciężar właściwy gruntu suchego, przyjęto γgs = 19 kN/m^3
γgm - ciężar właściwy gruntu nawodnionego, przyjęto γgm = 11 kN/m^3
γw - ciężar właściwy wody, przyjęto γw = 10 kN/m^3
D - średnica zewnętrzna rury [m]
s - grubość ścianki rury

Tablica 6.7.a. Ciężar właściwe gruntów suchych γgs

Rodzaj gruntu	Ciężar właściwy [kN/m^3]
Piasek	17÷19
Glina piaszczysta	17÷19
Glina ciężka	18÷22
Iły piaszczyste i pylaste	17÷22
Iły	17÷22

Obciążenie ruchem kołowym qtr wg normy szwedzkiej

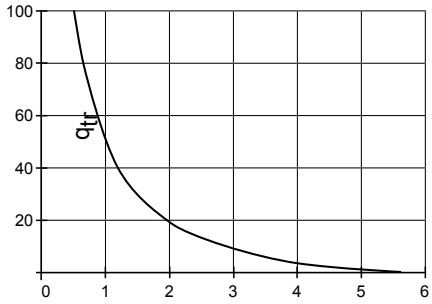
Wpływ ruchu kołowego w obciążeniach działających na rurę jest uwzględniony poprzez stosowanie rozkładu ciśnienia zgodnie z teorią Boussinesq'a. W Szwecji powszechnie przyjęte jest stosowanie obciążeń dla ruchu kołowego typ 2, według modelu zgodnego z Rys. 6.7.a.
Wykres 6.7.a. przedstawia wartość obciążeń pionowych działających na rurę, pochodzących od ruchu kołowego qtr w zależności od grubości przykrycia Hp. W wartości obciążenia zawarty jest współczynnik dynamiczny 1,75, który uwzględnia zjawiska dynamiczne.
Wartość współczynnika dynamicznego zmniejsza się wraz ze wzrostem przykrycia Hp i osiąga wartość 1 dla głębokości 6 m. W programie zakłada się zanik wpływu obciążenia komunikacyjnego na głębokości Hp powyżej 5,5 m.



Nacisk koła 130 kN
Nacisk na oś 260 kN

Rys. 6.7.a. Szwedzki równoważnik nacisku osiowego - typ 2.

Wykres 6.7.a. Wartości obciążeń pionowych qtr [kN/m^2] od ruchu kołowego w zależności od głębokości przykrycia Hp [m]



Zagłębienie do korony rury Hp [m]

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

Obciążenie ruchem kołowym qtr wg normy niemieckiej (ATV A127, DIN 1072, DIN 4033).

W niemieckich zaleceniach ATV A127 wyróżniono trzy rodzaje obciążeń normowych, które stosuje się przy szacowaniu nośności rurociągów narażonych na działanie obciążeń komunikacyjnych. Są to:

- **SLW60** – pojazd normowy o całkowitym ciężarze 600kN i nacisku na jedno koło 100kN
- **SLW30** – pojazd normowy o całkowitym ciężarze 300kN i nacisku na jedno koło 50kN
- **LKW12** – pojazd normowy o całkowitym ciężarze 120kN i nacisku na jedno koło 20kN z przodu i 40kN z tyłu

Wartość obciążenia na wysokości sklepienia rury od działania odpowiedniego typu pojazdu normowego oblicza się ze wzorów :

(5) $$pv = \varphi \cdot aF \cdot F$$

gdzie : φ – współczynnik dynamiczny wg DIN 4033

(6) $$p_F = \frac{F_A}{r_a^2 \cdot \pi} \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_A}{H_p}\right)^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right) + \frac{3 \cdot F_E}{2 \cdot \pi \cdot H_p^2} \left(\left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_E}{H_p}\right)^2}\right)^{\frac{5}{2}}\right)$$

(7) $$a_F = 1 - \frac{0.9}{0.9 + \frac{4 \cdot H_p^2 + H_p^6}{1.1 \cdot D_m^{2/3}}} \qquad d_m = \frac{d_w + d_z}{2}$$

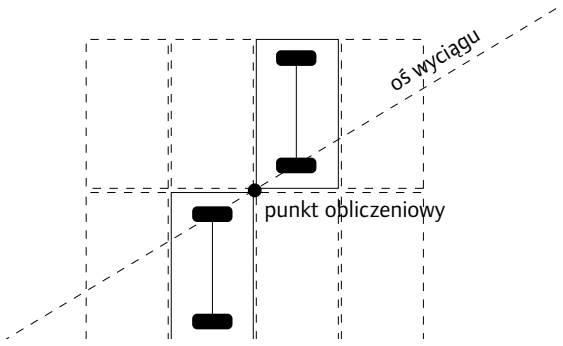
Tablica 6.7.b. Zestawienie współczynników do obliczeń obciążenia ruchem kołowym q_{tr}

Typ obciążenia	F_A [kN]	F_E [kN]	r_A [m]	r_E [m]
SLW60	100	500	0.25	1.82
SLW30	50	250	0.18	1.82
LKW12	40	80	0.18	2.26

Typ obciążenia	φ
SLW60	1,2
SLW30	1,4
LKW12	1,5

Zastosowanie płyty odciążającej lub stałej nawierzchni drogowej

W przypadku konieczności wykonania rurociągu o małym zagłębieniu narażonego na wpływ znacznych obciążeń komunikacyjnych, skutecznym sposobem obniżenia ich wartości jest zastosowanie płyty odciążającej. Żelbetowa lub betonowa płyta pełniąca rolę nawierzchni (lub stała nawierzchnia drogowa) sprawia, że rozkład naprężeń w gruncie staje się bardziej równomierny, wskutek czego maleją obciążenia działające na rurę. Skuteczność redukcji naprężeń w gruncie zależna jest od wymiarów płyty, która powoduje, że skupione obciążenia od kół pojazdu rozkładane są równomiernie na dużej powierzchni. Zasadność stosowania tego rozwiązania sprowadza się przeważnie do przypadków przykrycia do 1-2 m. Wynika to z gwałtownie zanikających, wraz ze wzrostem głębokości, naprężeń w gruncie spowodowanych obciążeniem komunikacyjnym.



Rys. 6.7.b. Schemat naprężeń pionowych pod narożem płyty.

W programie przyjmuje się, że pod płytą odciążającą naprężenie normalne pionowe ma rozkład równomierny i odpowiada obciążeniu osi pojazdu przyłożonemu do powierzchni terenu za pośrednictwem typowej płyty drogowej (IOMB, MON) o wymiarach 3,0 x 1,0 m.

Zgodnie z normą PN-81/B-03020, formuła wg której należy wyznaczać naprężenia pod narożem prostokątnego obszaru o wymiarach axb, obciążonego obciążeniem ciągłym równomiernym o wartości q, przyjmuje postać:

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot q \cdot z^3}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^a \int_0^b \frac{1}{R^5(x, y)} dxdy$$

Inne rodzaje obciążeń zostały podane w "Opisie modułu statycznych rurociągów podziemnych" w programie obliczeniowym Uponor Infra.

6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

6.8. Wartości współczynników I_f i B_f

Wartości współczynników If i Bf określono na podstawie licznych pomiarów ugięć rur kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych, prowadzonych w Szwecji i innych krajach.

Na ich wielkość mają wpływ następujące czynniki:

- kształt wykopu,
- ruch pojazdów roboczych w trakcie prac montażowych,
- typ sprzętu i zastosowana metoda zagęszczania gruntu,
- nierówności podłoża,
- częstość i jakość nadzoru,
- umiejętności i doświadczenie wykonawców.

W obliczeniach zastosowano zalecane wartości współczynników przy założeniach, że:

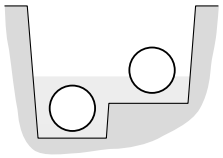
- do wykonania obsypki rury został użyty piasek, żwir lub grunty z grupy 1-4.
- nie dopuszcza się możliwości układania rurociągu bezpośrednio na gruncie zawierającym kamienie.

Tablica. 6.8.a. Zalecane wartości współczynników warunków montażu I_f

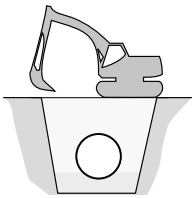
Zalecane wartości współczynników warunków montażu If	
Rura w wykopie łączonym (Rys. 6.8.a.)	- brak nadzoru 1-2 % (przyjęto 2 %) - z nadzorem 0 %
Uciążliwy ruch pojazdów roboczych w czasie budowy przy Hp<1,5 m (Rys. 6.8.b.)	1-2 % (przyjmuje się wartość od 1 do 2 % w zależności od Hp)
Zagęszczenie pierwszej 30 cm warsztwy ponad koroną rury cężkim sprzętem>0,6 kN (Rys. 6.8.c.)	0-1 % (przyjęto 0 % - zgodnie z instrukcją układania nie należy zagęszczać pierwszej 30 cm warsztwy ponad koroną rury ciężkim sprzętem>0,6 kN)

Tablica. 6.8.b. Zalecane wartości współczynnika jakości podłożą B_f

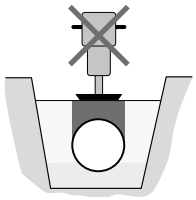
Zalecane wartości współczynnika jakości podłoża Bf		
podłoże bez kamieni	wykonawstwo bardzo dokładne	wykonawstwo normalne
brak nadzoru	2 %	4 %
z nadzorem	1 %	2 %



Rys. 6.8.a. Wykop łączony



Rys. 6.8.b. Uciążliwy ruch pojazdów roboczych w czasie budowy przy Hp<1,5 m

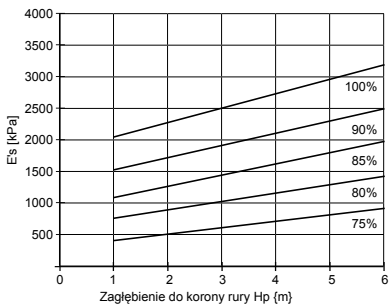


Rys. 6.8.c. Nie należy zagęszczać ciężkim sprzętem (>0,6 kN) pierwszej warstwy zasypki o gr. 30 cm ponad koroną rury

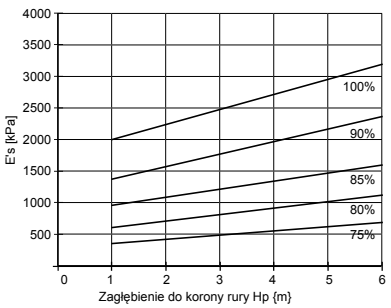
6.9. Moduł sieczny E`s gruntu otaczającego rurę.

Wartość modułu siecznego E`s dla gruntu zależy nie tylko od stopnia zagęszczenia, ale również od typu gruntu i głębokości przykrycia Hp. Wartości minimalne modułu siecznego E`s dla: poziomu wody gruntowej poniżej rury, gruntu obsypki o ciężarze właściwym 19 kN/m^3 i zagęszczeniu wg zmodyfikowanego Proctora dla takich gruntów jak iły, piaski, żwir przedstawiono na wykr. 6.9.a.
Dla przykrycia Hp powyżej 6 m przyjęto stałe wartości E`s, odpowiadające Hp=6 m.

Rys. 6.8.c. Nie należy zagęszczać ciężkim sprzętem (>0,6 kN) pierwszej warstwy zasypki o gr. 30 cm ponad koroną rury



Wykr. 6.9.a. Wartości modułu siecznego E`s w zależności od zmodyfikowanego wskaźnika zagęszczenia Proctora i Hp dla poziomu wody gruntowej poniżej rury.



6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

6.10. Zmodyfikowany wskaźnik Proctora a standardowy wskaźniki Proctora

W programie jednym z parametrów wyboru określającymi warunki posadowienia jest wartość zmodyfikowanego wskaźnika zagęszczenia Proctora (MPD). W porównaniu do wartości standardowego wskaźnika zagęszczenia Proctora (SPD) jest ona nieznacznie mniejsza, ale nie istnieje bezpośrednia i jednoznacznie określona ilościowa relacja między tymi wskaźnikami.
Relacja ta jest ściśle związana z rodzajem gruntu. Powszechnie przyjęto, że dla gruntów sypkich, stosowanych w posadawianiu rurociągów, zmodyfikowany wskaźnik zagęszczenia Proctora stanowi miarodajny parametr określający właściwości mechaniczne gruntu.
W celu osiągnięcia założonej wartości zmodyfikowanego wskaźnika Proctora dla obsypki rury, ze szczególnym uwzględnieniem strefy podbicia należy dobrać właściwy rodzaj gruntu, grubości zagęszczanych warstw i urządzenia służące do zagęszczenia.
Sposoby zagęszczenia gruntu przedstawiono w tablicy 6.10.b. (Szczegóły patrz tablica 8.7.b.)

Tablica. 6.10.a. Zestawienie wartości standardowej liczby Proktora i odpowiadających im zmodyfikowanych liczb Proktora.

Liczba Proktora standardowego	Liczba Proktora zmodyfikowanego
88	85
93	90

ŹRÓDŁO: Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych. Wavin 1991

Rodzaj sprzętu	Masa [kg]	Max grubości warstwy: Żwir, piasek	Max grubości warstwy: Uły, gliny, mułek	Liczba cykli: 85 % zmodyfikowanej wartości proktora	Liczba cykli: 90 % zmodyfikowanej wartości proktora
Ręcznie ubijanie	Min. 15	0,15	0,10	1	3
Ubijak wibracyjny	50-100	0,30	0,20-0,25	1	3
Wibrator pyłowy	50-100 100-200 400-600	0,15 0,20 0,40	- - 0,20	1	4

6.11. Wyboczenie

Ciśnienie zewnętrzne (od gruntu i wody gruntowej), któremu poddana jest rura wywołuje w ściance rury obwodowe siły ściskające. W przypadku nieprawidłowo dobranych parametrów rury i prac ziemnych wykonanych niezgodnie z zaleceniami Rozdz. 8 siły te mogą spowodować uszkodzenia na skutek wyboczenia ścianki rury. Ryzyko wystąpienia wyboczenia uzależnione jest od wielkości ciśnienia zewnętrznego (wartości Hp i h), możliwości wystąpienia podciśnienia wewnątrz rury, sztywności obwodowej rury i rodzaju gruntu. Dlatego dla rur układanych w gruncie o zalecanym stopniu zagęszczenia (zgodnie z wytycznymi podanymi w Rozdz. 8.7), ryzyko wyboczenia nie występuje. Do obliczeń obciążenia dopuszczalnego (krytycznego) stosuje się wzór:

(8) $$q_{dop} = \frac{5{,}63}{F} \cdot \left(1\text{-}3 \cdot \frac{\delta}{D_m}\right) \cdot \sqrt{S_{RI} \cdot E'_t}$$

gdzie:

F - współczynnik bezpieczeństwa, przyjęto F = 2

$\mathbf{E'_t}$ - styczny moduł odkształcenia gruntu, przyjęto $E'_t = 2E's$

$\boldsymbol{\delta/D_m}$ - całkowite ugięcie wzgledne rury

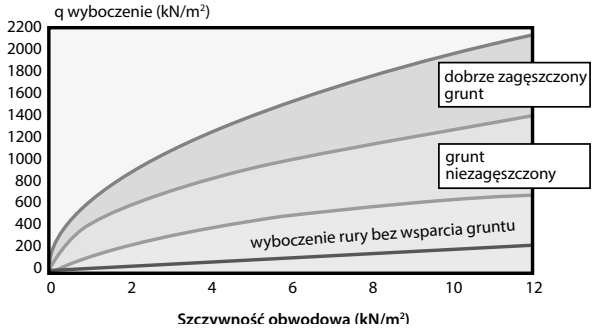
We wzorze tym przyjmuje się wartość sztywności obwodowej rury $S_{RI} = 0{,}25\ S_R$

Dla rur o małej sztywności obwodowej, układanych płytko (Hp < 1,5 m) i poddanych obciążeniom ruchem kołowym dodatkowo stosuje się wzór:

(9) $$q_{dop} = \frac{64 \cdot S_R}{\left(1+3{,}5 \cdot \frac{\delta}{D_m}\right)^3}$$

Należy tu zastosować nominalną wartość sztywności obwodowej, S_R rury.
Kryteriami wymiarowania są: ugięcie względne krótkotrwałe i ciśnienie krytyczne, przy którym następuje wyboczenie.

Wykres 6.11.a. Odporność na wyboczenie w funkcji sztywności obwodowej rury



6. Obliczenia statyczne rurociągów PE i PP

6.12. Zalecane ugięcia projektowe

Zalecane przez Uponor ugięcia projektowe rur z PE i PP wynoszą 6 %. Dokument normalizacyjny PKN-CEN/TS 15223 [b] jak również Polska Norma PN-C-89224 [a] pozwalają na znacznie większe długookresowe ugięcia. Zalecana wartość ugięcia przyjmowana jest w standardowych obliczeniach statycznych jako kryterium oceny dla prawidłowej długookresowej pracy rur i kształtek Weholite (PE i PP) i WehoTripla (PP), przeznaczonych do układania w gruncie. Dla właściwie dobranych materiałów podsypki, obsypki i zasypki oraz prawidłowo wykonanych robót ziemnych wartość obliczeniowa ugięcia posiada znaczne rezerwy. Zasady doboru oraz właściwego prowadzenia robót wokół rur termoplastycznych m.in. z PE i PP podano w PN-C-89224 [a].

W przypadku połączeń z użyciem uszczelek elastomerowych (kielichy, dwukielichy, nasuwki (mufy)) ugięcie bosego końca większe niż 10% może powodować utratę szczelności połączenia. Nie przypadkiem w/w wartość graniczna jest obligatoryjnym warunkiem przy którym prowadzi się badania skuteczności połączeń uszczelkowych (wg PN-EN ISO 13259).

W przypadku prawidłowo wykonanych połączeń spawanych ryzyko utraty szczelności nie występuje.
W dobrze zaprojektowanych rozwiązaniach inżynierskich grunt otaczający rurę, o znaczenie większej sztywności od rury, przejmuje od niej obciążenia. W takich wypadkach elastyczność rur z PE i PP staję się olbrzymią zaletą. Obciążenia pionowe wywołujące ugięcia rury, powodują jej kontakt z otaczającym ją zagęszczonym gruntem i dodatkowo dalsze jego dogęszczanie. Jednocześnie w wyniku działania tego mechanizmu obciążania przenoszone są na grunt, ustala się nowy stan równowagi a w ściankach rury dochodzi do relaksacji (wygaszania/spadku) naprężeń wywołanych jej ugięciem. Całemu mechanizmowi sprzyjają lepko-sprężyste właściwości poliolefin (PE i PP). Przy kolejnym impulsie obciążenia pionowego ten mechanizm powtarza się a rura za każdym razem reaguje na ten impuls swą sztywnością.

Dowodem praktycznym, pozytywnie weryfikującym Metodę Skandynawską, są liczne, bezawaryjnie funkcjonujące kolektory zrealizowane w blisko 50-letniej obecności tej technologii na rynkach europejskich.

7. Program Uponor Infra do obliczeń rurociągów

7.1. Program obliczeniowy Uponor Infra

Oferowany przez Uponor Infra program obliczeniowy, przeznaczony jest do prowadzenia obliczeń statyczno-wytrzymałościowych i hydraulicznych.

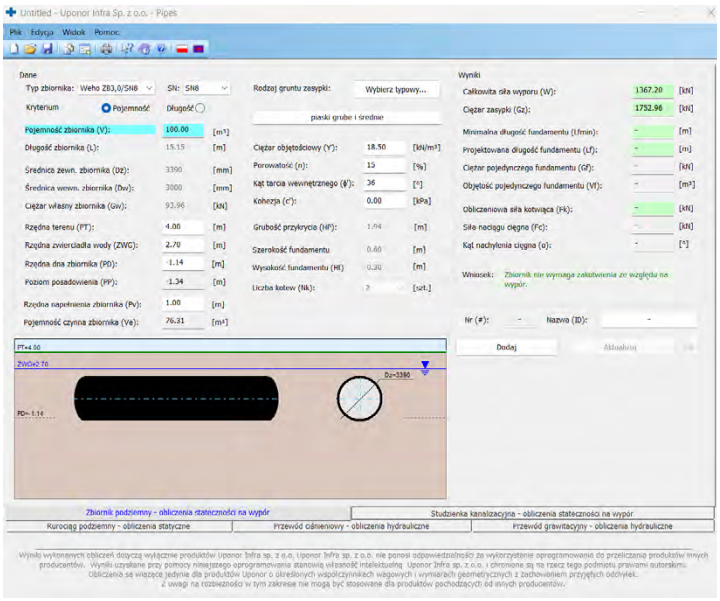
Składa się on z następujących modułów:

- Zbiornik podziemny-obliczenia stateczności na wypór
- Studzienka kanalizacyjna kinetowa - obliczenia stateczności na wypór
- Rurociąg podziemny - obliczenia statyczne
- Przewód ciśnieniowy - obliczenia hydrauliczne
- Przewód grawitacyjny - obliczenia hydrauliczne

Program opracowany został w wersji trójjęzykowej: polskiej, rosyjskiej i angielskiej.
Dokładne informacje dotyczące przyjętych założeń i zastosowanych algorytmów dla poszczególnych modułów znajdują się w menu Pomoc/ opis techniczny.
Wszelkie prawa do programu są zastrzeżone. Firma Uponor Infra nie ponosi odpowiedzialności za skutki wynikające z działania programu. W razie jakichkolwiek pytań lub uwag dotyczących programu prosimy kontaktować się z firmą Uponor Infra.
Najnowsza wersja programu znajduje się na stronie **www.uponor.com** skąd można ją pobrać i zainstalować.

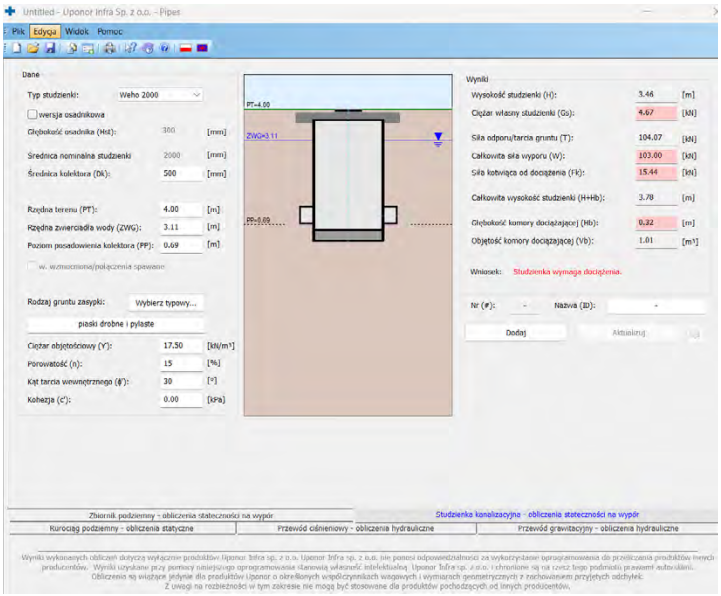
Zbiornik podziemny - obliczenia stateczności na wypór

Moduł ten służy do sprawdzenia stateczności na wypór zbiorników Weho produkowanych przez firmę Uponor Infra. Dla zadanych warunków gruntowo-wodnych obliczana zostaje całkowita siła wyporu i ciężar zasypki. Jeżeli zbiornik wymaga zakotwienia ze względu na wypór, program wyznacza parametry fundamentu, liczbę kotew i siłę naciągu cięgna.



Studzienka kanalizacyjna kinetowa - obliczenia stateczności na wypór

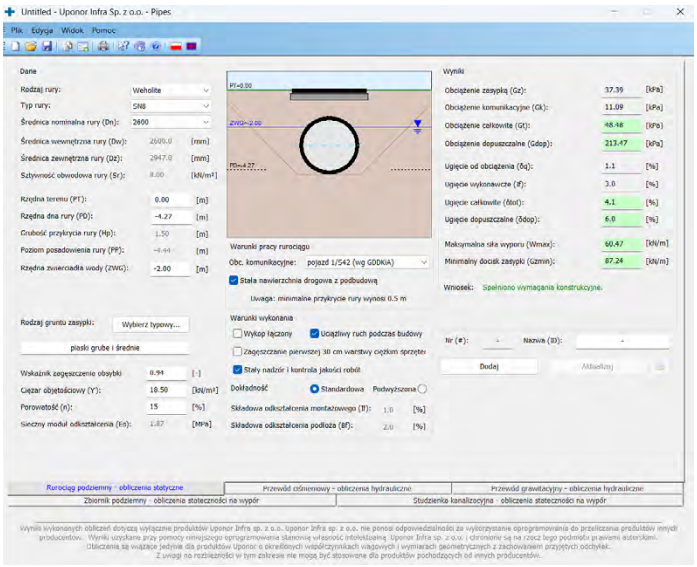
Moduł ten służy do sprawdzenia stateczności na wypór studzienek kinetowych Weho produkowanych przez firmę Uponor Infra.
Dla zadanych warunków gruntowo-wodnych program sprawdza warunek stateczności studzienki na wypór, porównując wartości obliczeniowej siły wyporu działającej na studzienkę z sumą wartości sił utrzymujących (ciężar własny i tarcie gruntu o zewnętrzną powierzchnię boczną studzienki). W przypadku, gdy warunek stateczności studzienki na wypór nie jest spełniony, program dobiera parametry komory dociążającej, przeznaczonej do wypełnienia betonem.



7. Program Uponor Infra do obliczeń rurociągów

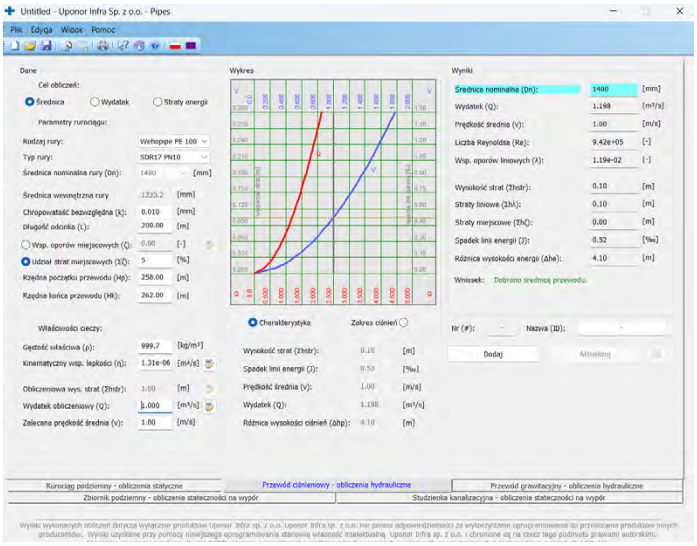
Rurociąg podziemny - obliczenia statyczne

Moduł ten służy do wymiarowania wytrzymałościowego rur z polietylenu (PEHD) i polipropylenu (PP) oferowanych przez firmę Uponor Infra.
Pozwala on na dobór odpowiedniego typu rury (średnicy i sztywności) do projektowanych warunków jej ułożenia z uwzględnieniem zadanych obciążeń komunikacyjnych. Algorytm przygotowany został w oparciu o metodę skandynawską.



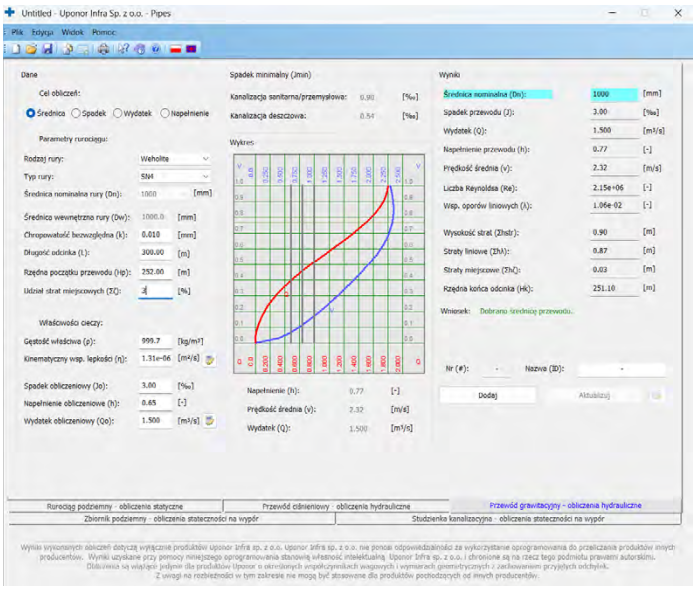
Przewód ciśnieniowy - obliczenia hydrauliczne

Moduł ten służy do wymiarowania hydraulicznego rur z polietylenu (PEHD) WehoPipe oferowanych przez firmę Uponor Infra w zakresie przewodów o przepływie ciśnieniowym.
Pozwala on na obliczenie jednego z parametrów: średnicy, wydatku lub strat energii dla zadanego typu rury i właściwości cieczy.



Przewód grawitacyjny - obliczenia hydrauliczne

Moduł ten służy do wymiarowania hydraulicznego rur z polietylenu (PEHD) i polipropylenu (PP) oferowanych przez firmę Uponor Infra w zakresie przewodów o przepływie grawitacyjnym.
Pozwala on na dobór odpowiednich wartości średnicy wewnętrznej, spadku dna przewodu, napełnienia lub określenie natężenia przepływu dla zadanego typu rury i właściwości cieczy.



8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.1. Klasyfikacja gruntów

Tablica 8.1.a. Klasyfikacja gruntów stosowanych do montażu rurociągów wg normy PN-C-89224

Grupa gruntów						Możliwość użycia do zasypki
Rodzaj gruntu	**#**	**Typowa nazwa**	**Symbol***	**Cechy charakterystyczne**	**Przykłady**	
sypkie	1	Żwir o nieciągłym uziarnieniu	(GE) [GU]	Stroma krzywa uziarnienia, dominacja jednej frakcji	Kamień łamany, żwir rzeczny i morski, żwir morenowy	TAK
		Żwir o ciągłym uziarnieniu, pospółka	[GW]	Ciągła krzywa uziarnienia, kilka frakcji	skoria, pył wulkaniczny	
		Pospółka o nieciągłym uziarnieniu	(Gl) [GP]	Schodkowa krzywa uziarnienia, brak niektórych frakcji		
	2	Piasek o nieciągłym uziarnieniu	(SE) [SU]	Stroma krzywa uziarnienia, dominacja jednej frakcji	Piaski wydmowe, naniesione, dolinowe i nieckowe	TAK
		Piasek o ciągłym uziarnieniu, pospółka	[SW]	Ciągła krzywa uziarnienia, kilka frakcji	Piaski morenowe, tarasowe i brzegowe	
		Pospółka	(Sl) [SP]	Schodkowa krzywa uziarnienia, brak niektórych frakcji		
sypkie	3	Żwir ilasty, pospółka ilasta o nieciągłym uziarnieniu	[GM] (GU)	Nieciągłe uziarnienie, zawartość frakcji ilastej	Zwietrzały żwir, rumosz skalny, żwir gliniasty	NIE ZALECANE
		żwir gliniasty, pospółka gliniasta o nieciągłym uziarnieniu	[GC] (GT)	Nieciągłe uziarnienie, zawartość drobnej gliny		
		Piasek ilasty, mieszanka piaskowo-ilasta o nieciągłym uziarnieniu	[SM] (SU)	Nieciągłe uziarnienie, zawartość drobnego iłu	Piasek gliniasty, less piaskowy	
		Piasek gliniasty, mieszanka piaskowo-gliniasta o nieciągłym uziarnieniu	[SC] (ST)	Nieciągłe uziarnienie, zawartość drobnej gliny	Piasek gliniasty, glina aluwiana, margiel	
spoiste	4	Ił nieorganiczny, bardzo drobne piaski, mączka kamienna, piasek gliniasty i ilasty	[ML] (UL)	Słaba stabilność, szybka reakcja mechaniczna, plastyczność zerowa do małej	Less, glina piaszczysta	NIE
		Glina nieorganiczna, bardzo plastyczna glina	[CL] (TA) CTL) (TM)	Stabilność średnia do bardzo dobrej, niezbyt wolna reakcja mechaniczna, plastyczność niska do średniej.	Margiel aluwiany, glina	
organiczne	5	Grunt sypki wielofrakcyjny z domieszką humusu	[OK]	Domieszki roślinne i nieroślinne, odór gnilny, mały ciężar objętościowy, duża porowatość	Humus, piasek kredowy, tuf	NIE
		Ił organiczny i organiczna mieszanka glinowo-iłowa	[OL] (OU)	Średnia stabilność, reakcja mechaniczna wolna do bardzo szybkiej, plastyczność niska do średniej	Kreda morska, humus	
		Glina organiczna, glina z domieszkami organicznymi	[OH] (OT)	Wysoka stabilność, brak reakcji mechanicznej, plastyczność średnia do wysokiej	Muł, glina formierska	
organiczne	6	Torf, inne grunty wysokoorganiczne	[Pt] (HN) (HZ)	Torf rozkładowy, włóknisty w kolorach od brązowego do czarnego	Torf	NIE
		Muły	[H]	Szlam osadzony na dnie cieku, często zmieszany z piaskiem/gliną/kredą, bardzo miękki	Muły	

* Oznaczenia zostały zaczerpnięte z dwóch źródeł. Oznaczenia w nawiasach kwadratowych [..] pochodzą z brytyjskiej normy BS 5930. Oznaczenia w nawiasach okrągłych (..) pochodzą z niemieckiej normy DIN 18196 .

W przypadku, gdy podłoże stanowi mieszankę kilku rodzajów gruntów jeden z występujących gruntów może stanowić podstawę do klasyfikacji.

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

Tablica 8.1.b. Geotechniczna klasyfikacja gruntów mineralnych.

Nazwa gruntu	Symbol	Podtyp	Frakcja [mm]
Ił	I		<0,002
Glina	G	Glina pylasta Glina Glina piaszczysta	0,002 - 0,006 0,006 - 0,02 0,02 - 0,06
Piasek	P	Piasek drobny Piasek średni Piasek gruby	0,06 - 0,2 0,2 - 0,6 0,5 - 2,0
Żwir	ż	żwir drobny żwir średni żwir gruby	2,0 - 6,0 6,0 - 20,0 20,0 - 60,0



8.2. Konstrukcja wykopów

Wykopy otwarte o ścianach bez obudowy

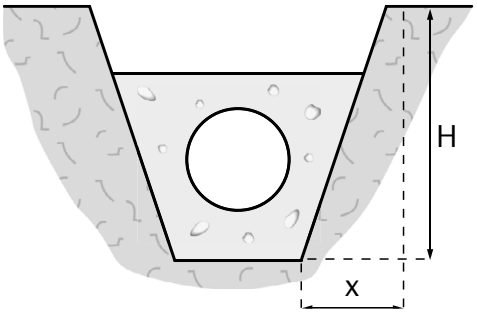
a) Wykopy otwarte, nieobudowane o nachylonych skarpach. Wykopy do 4.0m i nie występowaniu wody gruntowej i usuwisk, oraz nie obciążaniu naziomu w zasięgu klina odłamu dopuszcza się następujące bezpieczne nachylenie skarp:

Tablica 8.2.a. Nachylenie skarp wykopu otwartego bez obudowy

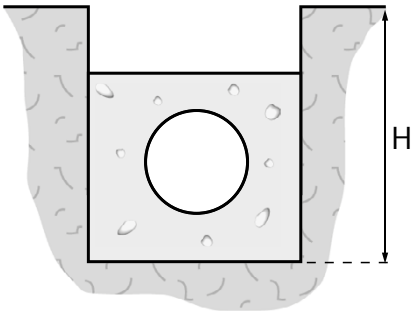
Dopuszczalne nachylenie skarp wykopu otwartego bez obudowy	
Rodzaj gruntu	**Maks. nachylenie skarp H:x**
w gruntach bardzo spoistych	2:1
w gruntach kamienistych	1:1
w pozostałych gruntach spoistych	1:1.25
w gruntach niespoistych	1:1.5

W pozostałych przypadkach nachylenie skarp wykopu powinno być określone w projekcie budowlanym.

b) Wykopy otwarte o ścianach pionowych bez obudowy. Wykopy takie wykonywać można tylko w gruntach suchych, gdy teren nie jest obciążony nasypem lub sprzętem budowlanym przy krawędziach wykopu w pasie o szerokości równej co najmniej głębokości wykopu H. Materiał wydobyty z wykopu powinien być składowany w odległości nie mniejszej niż 0,5 m od krawędzi wykopu, a wymiary hałdy gruntowej nie powinny stwarzać zagrożenia dla stabilności ścian wykopu.



Rys. 8.2.a. Przekrój wykopu otwartego bez obudowy



Rys. 8.2.b. Przekrój wykopu pionowego bez obudowy

Tablica 8.2.b. Głębokości wykopu pionowego bez obudowy

Dopuszczalne głębokości wykopu pionowego bez obudowy	
Rodzaj grunt	**Maks. głębokość wykopu H**
w gruntach skalistych litych niespękanych	4.0 m
w gruntach spoistych	1.5 m
w pozostałych gruntach	1.0 m

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

Wykopy otwarte o ścianach pionowych podpartych

Zabezpieczenie ścian wykopu wykonać należy ściśle według projektu budowlanego. Szczególną ostrożność zachować należy w przypadku realizacji wykopu w pobliżu drogi publicznej lub budynku.

Odległość od drogi

Komunikacja po drodze publicznej może odbywać się w odległości nie mniejszej od określonej według poniższej zależności:

$$b \geq H / tg\Phi_u + 0.5$$

gdzie:

b - odległość krawędzi jezdni od krawędzi wykopu w [m],

H - głębokość wykopu,

Φ_u - kąt tarcia wewnętrznego gruntu.

Odległość od budynku (fundamentu)

Odległość krawędzi dna wykopu od pionowej ściany fundamentu budowli posadowionej powyżej dna nie może być mniejsza od określonej według poniższej zależności:

$$a \geq (H - h + 0.3) / tg\Phi_u + 0.5$$

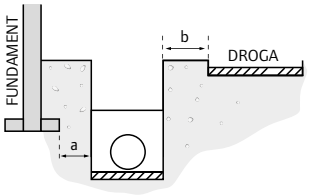
gdzie:

a - odległość krawędzi dna wykopu od pionowej ściany fundamentu budowli posadowionej powyżej dna wykopu,

H, Φ_u - jak wyżej

h - głębokość fundamentu budowli sąsiadującej liczona od rzędnej terenu do rzędnej posadowienia fundamentu budowli. Gdy nie ma możliwości zachowania tych odległości konieczna jest szczegółowa analiza stanu bezpieczeństwa zarówno obudowy wykopu jak i pobliskiej jezdni lub budowli. Obudowę wykopu w takich przypadkach należy pozostawić, a grunt w wykopie starannie zagęścić do wskaźnika wymaganego w projekcie robót.

Rys. 8.2.c. Przekrój wykopu o ścianach podpartych



Minimalna odległość dwóch sąsiadujących ze sobą wykopów pionowych podpartych

W przypadku równoczesnej realizacji obok siebie dwóch wykopów, minimalna odległość pomiędzy przyległymi krawędziami nie może być mniejsza od określonej według poniższej zależności:

$$d \geq (H - 1) / tg\Phi_u$$

gdzie:

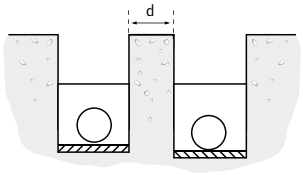
H - głębokość wykopu głębszego liczona od rzędnej terenu do rzędnej dna wykopu,

Φ_u - kąt tarcia wewnętrznego gruntu.

Zaleca się, aby wykop głębszy był realizowany wcześniej. Pozostałe warunki bezpiecznej realizacji wykopów omówiono w BN-83/8836-02.

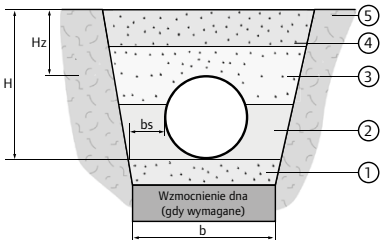
Ostatnią warstwę gruntu na dnie wykopu o grubości 0.2 m usunąć należy bezpośrednio przed ułożeniem rurociągu, zwracając uwagę na rzędną posadowienia rurociągu - niedopuszczalne jest „przegłębianie"

Rys. 8.2.d. Przekrój dwóch sąsiadujących wykopów podpartych



8.3. Terminologia

Rys. 8.3.a. Przekrój wykopu dla posadowienia rurociągów



1. Podłoże (podsypka)
2. Obsypka zasadnicza
3. Obsypka górna
4. Zasypka
5. Grunt rodzimy

H - Głębokość wykopu

b - szerokość wykopu

Hz - Wysokość przykrycia

Tablica 8.3.a. Minimalna odległość rury od skarpy wykopu w zależności od średnicy rury

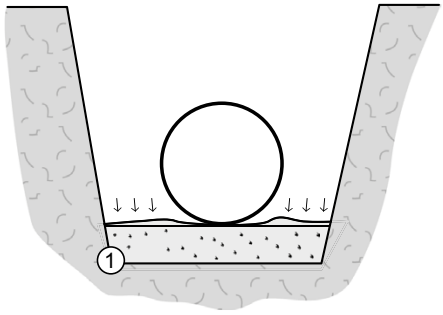
Minimalne wartości bs	
de [mm]	**bs [mm]**
de < 300	200
300 ≤ de < 900	300
900 ≤ de < 1600	400
1600 ≤ de < 2400	600
2400 ≤ de = 3000	900

Szerokość wykopu na wysokości pachwin rury nie powinna być większa niż niezbędna szerokość rury z uwzględnieniem sposobu połączenia (spawanie, połączenie kielichowe itd.) powiększona o dodatkową przestrzeń wynikającą z konieczności zagęszczenia obsypki. Szersze wykopy mogą być niezbędne w przypadkach np. dużego zagłębienia rur lub słabej stabilności ścian wykopu niezabezpieczonego.

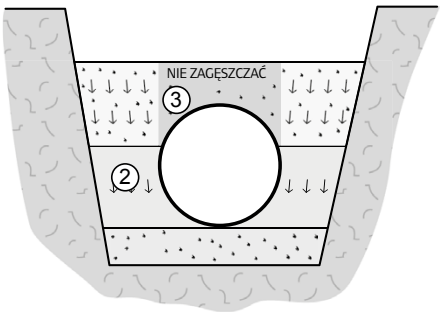
8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.4. Sposoby posadowienia rurociągu w gruncie

Kluczowym aspektem w projektowaniu przed wykonywaniem wykopu i montażem rury jest określenie warunków gruntowych, w jakich rurociąg będzie zamontowany.



Rys. 8.4.a. Wykonanie podsypki pod rurociągiem



Rys. 8.4.b. Wykonanie obsypki zasadniczej i górnej dla posadowienia rurociągu

Tablica 8.4.a. Wymagania odnośnie maksymalnych rozmiarów cząstek gruntu stosowanego do montażu rur.

System	Średnica nominalna rury DN	Maksymalny rozmiar cząstek [mm]
WehoTripla	DN ≤ 100	15
	100 < DN ≤ 300	20
	300 < DN ≤ 400	30
Weholite (rury, studzienki, zbiorniki, kształtki)	300 < DN ≤ 600	30
	600 < DN ≤ 1600	40
	1600 < DN ≤ 3000	50

(1) Podłoże: zagęszczenie ok. 90÷95% SPD

Warstwa ok. 100-150 mm, żwiry, piasek, pospółki, ił glina, (grupy 1-4 z tabeli gruntów), ubijane ręcznie.
Rury należy układać na dnie wykopu w ten sposób, aby leżały równo podparte na podsypce na całej swej długości.
Parametry wytrzymałościowe podłoża nie mogą być niższe od przyjętych w dokumentacji projektowej (obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych rurociągu), ponadto powinny umożliwiać zachowanie spadku hydraulicznego.

Obsypka zasadnicza (2) i górna (3): zagęszczenie 90÷95% w skali SPD

Obsypkę należy układać symetrycznie po obu stronach rury warstwami o grubości nie większej niż 0.2 m, zwracając szczególną uwagę na jej staranne zagęszczenie w strefie podparcia rury. W trakcie zagęszczania obsypki w tej strefie konieczne jest zachowanie należytej staranności, aby nie nastąpiło podniesienie rury. Do zagęszczenia obsypki zaleca się stosowanie lekkich wibratorów płaszczyznowych (o masie do 100 kg).
Używanie wibratora bezpośrednio nad rurą jest niedopuszczalne, wibrator używać można, gdy nad rurą ułożono warstwę gruntu o grubości, co najmniej 0.3 m.
Obsypkę do wysokości, co najmniej 0.3 m ponad górną krawędź rury zaleca się wykonać z materiału o parametrach takich jak dla podsypki (grupa 1-4) i uziarnieniu zgodnie z tablicą 8.4.a.

Grunt rodzimy może być użyty do wykonania obsypki w strefie posadowienia rury o ile spełnia on wszystkie poniższe kryteria:

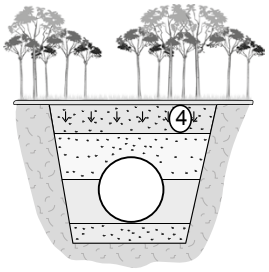
a) nie zawiera cząstek większych niż dopuszczalne dla danej średnicy rury zgodnie z tablicą 8.4.a.;
b) nie zawiera grud większych niż podwojony rozmiar cząstek dopuszczalnych dla danej aplikacji zgodnie z tablicą 8.4.a.;
c) nie jest materiałem zmrożonym;
d) nie zawiera cząstek obcych (np. asfaltu, butelek, puszek, kawałków drewna);
e) gdy wymagane jest zagęszczanie – jest materiałem podatnym.

W przypadku, gdy niedostępne są szczegółowe informacje na temat gruntu rodzimego zakłada się, że wskaźnik zagęszczenia zawiera się w granicach 91% do 97% określony wg Standardowej Metody Proctora (SPD).

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

(4) Zasypka

Tereny zielone: w przypadku układania rurociągu pod terenami zielonymi użyć można gruntu rodzimego (z wykopu), pod warunkiem, że jest on z grupy 1-4. W tym przypadku powinien być zagęszczony ok. 88% SPD.



Rys. 8.4.c. Przekrój wykopu dla posadowienia rurociągów w terenach zielonych

Pod ulicami: do zasypki zaleca się użycie gruntu jak dla obsypki. Do zagęszczania zasypki użyć można wibratorów o masie do 200 kg. Stopień zagęszczenia SPD zgodnie z wymogami drogownictwa. Do górnej warstwy zasypki (o grubości dostosowanej do głębokości strefy przemarzania) dla rurociągów układanych pod ulicami nie mogą być stosowane grunty wysadzinowe.



Rys. 8.4.d. Przekrój wykopu dla posadowienia rurociągów pod ulicami

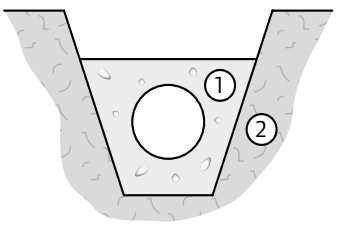
8.5. Odwodnienie wykopów

Obniżenie poziomu zwierciadła wód gruntowych w wykopie powinno być dokonywane we wszystkich tych przypadkach, gdy woda gruntowa uniemożliwia lub utrudnia wykonanie wykopu lub posadowienie rurociągu. Obniżenie poziomu wód gruntowych powinno być przeprowadzone w taki sposób, aby nie została naruszona struktura gruntu w podłożu realizowanego rurociągu ani w podłożu sąsiednich budowli. Poziom zwierciadła wody gruntowej powinien być obniżony o co najmniej 0.5 m poniżej dna wykopu. Obniżenie poziomu zwierciadła wody gruntowej musi obejmować okresy całodobowe ze względu na szkodliwe działanie wahań zwierciadła wody gruntowej na strukturę gruntu na dnie wykopu. Wykop powinien być ponadto zabezpieczony przed dopływem wód deszczowych, elementy zabezpieczające ściany wykopu muszą wystawać co najmniej 0.15 m ponad szczelnie przylegający teren, a powierzchnia terenu powinna być wyprofilowana ze spadkiem umożliwiającym łatwy odpływ wód poza wykop.

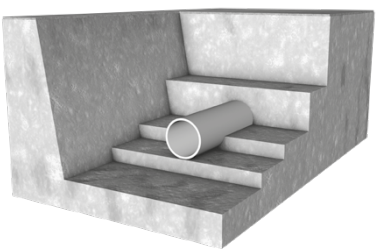
Podłożem dla układanego rurociągu może być dowolny (trwale odwodniony na czas budowy) grunt sypki nie zawierający ziaren większych od 20 mm (w przypadku kruszywa łamanego nie większych od 16 mm) lub grunt spoisty odpowiadający wymaganiom określonym dla gruntów o symbolach ms, ss, zs wg PN-B-02481. Parametry wytrzymałościowe podłoża nie mogą być niższe od przyjętych w dokumentacji projektowej (obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych rurociągu). W przypadku zalegania na dnie wykopu gruntu spoistego przed posadowieniem rurociągu ułożyć należy warstwę podsypki z gruntu sypkiego o grubości nie mniejszej od 0.15 m i nie mniejszej od 0.25 średnicy układanej rury. Podsypkę należy zagęścić do 95% SPD. Pompowanie wody gruntowej można przerwać dopiero po całkowitym zasypaniu rurociągu. Szczegółowy sposób odwodnienia wykopu powinien być określony w projekcie budowlanym.

8.6. Dobór sztywności rury do rodzaju gruntu

W budowie rurociągów grawitacyjnych kluczową rolę odgrywa rodzaj gruntu i stopień jego zagęszczenia.



Rys. 8.6.a. Podział wykopu na strefy gruntu rodzimego (2) i gruntu otaczającego rurociąg (1)



Rys. 8.6.b. Podział wykopu na warstwy zagęszczania gruntu

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

Dobór sztywności rur należy weryfikować obliczeniami statyczno-wytrzymałościowymi (np. wg metody skandynawskiej). Ogólnie zakłada się, że wykop podczas montażu jest odwodniony. W przypadku występowania wody gruntowej, obliczenia powinny uwzględniać jej występowanie jako dodatkowe obciążenie działające na rurociąg.
Generalnie dobór sztywności rury zależy od rodzaju gruntu rodzimego, rodzaju gruntu zasypki i jego zagęszczenia, głębokości przykrycia rury, poziomu wody gruntowej, wielkości i geometrii obciążeń oraz miarodajnych wielkości granicznych dla danej rury.
Dobór sztywności rurociągu do warunków montażowych należy uzgodnić z projektantem. Poniższe tabele przedstawiają wartości orientacyjne sztywności obwodowych w stosunku do zadanych warunków gruntowych.

Tablica 8.6.a. Sugerowane sztywności minimalne dla rur montowanych pod terenem nie podlegającym obciążeniom komunikacyjnym

		Sztywność obwodowa rur, SN [kN/m²]					
		1 m < Głębokość przykrycia < 3 m					
①		Grupa gruntu rodzimego ②					
Grupa materiału obsypki	Klasa zagęszczenia	1	2	3	4	5*	6*
1	W	4	4	4	4	4	8
	M	4	4	4	4	8	8
2	W		4	4	4	8	8
	M		4	4	8	8	8
3	W			4	8	8	8
	M			8	8	8	**
4	W				8	8	8
	M				**	**	**
		3 m < Głębokość przykrycia < 6 m					
1	W	4	4	4	4	8	8
	M	4	4	4	8	8	8
2	W		4	4	8	8	8
	M		8	8	8	8	**
3	W			8	8	8	**
	M			**	**	**	**
4	W				**	**	**
	M				**	**	**

*) W gruntach słabonośnych należy stosować wzmocnienie posadowienia rurociągu w postaci np. mat geotekstylnych (patrz punkt 8.12.)
**) Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe są niezbędne do określenia geometrii wykopu i sztywności rury

Tablica 8.6.a. Zalecane sztywności minimalne dla rur pod terenami podlegającymi obciążeniom komunikacyjnym

		Sztywność obwodowa rur, SN [kN/m²]					
		1 m < Głębokość przykrycia < 3 m					
①		Grupa gruntu rodzimego ②					
Grupa materiału obsypki	Klasa zagęszczenia	1	2	3	4	5*	6*
1	W	4	4	8	8	8	**
2	W		8	8	8	**	**
3	W			8	**	**	**
4	W				**	**	**
		3 m < Głębokość przykrycia < 6 m					
1	W	4	4	4	8	8	8
2	W		4	4	8	8	8
3	W			8	8	8	**
4	W				**	**	**

W gruntach słabonośnych należy stosować wzmocnienie posadowienia rurociągu w postaci np. mat geotekstylnych (patrz punkt 8.12.)
**) Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe są niezbędne do określenia geometrii wykopu i sztywności rury
*) przykrycie rurociągu można zabezpieczyć płytami żelbetowymi
Dodatkowo w przypadku posadowienia rurociągu pod drogami nieutwardzonymi (szczególnie na płytkich głębokościach)

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.7. Zalecane metody zagęszczania gruntu

Właściwości wytrzymałościowe strefy obsypki rury zasadniczo zależą od rodzaju materiału gruntowego zastosowanego do jej wykonania oraz uzyskanego stopnia zagęszczenia. Różne stopnie zagęszczenia mogą być uzyskiwane poprzez stosowanie różnych urządzeń i odpowiedniej liczby warstw. Stopnie zagęszczenia gruntu określane wg Standardowej Metody Proctora (SPD od ang. Standard Proctor Density) uzyskiwane w trzech klasach zagęszczania, tj. „W", „M" oraz „N", w zależności od grupy zastosowanego gruntu, zestawiono w tablicy 8.7.a.

W tablicy 8.7.b. zestawiono zalecane maksymalne grubości warstw i liczbę przejść niezbędną do uzyskania określonej klasy zagęszczania dla różnych rodzajów urządzeń i rodzajów materiału (grup gruntu) stosowanych do wykonania obsypki.

W tabeli zawarto również zalecane minimalne grubości warstw nad wierzchem rury, przy których możliwe jest zastosowanie danego urządzenia do zagęszczania gruntu bezpośrednio nad rurą.

Szczegóły zebrane w tablicy 8.7.b. należy traktować informacyjnie a szczegóły sposobu zagęszczania należy konsultować z projektantem i wykonawcą.



Tablica 8.7.a. Stopnie zagęszczenia gruntu wg Standardowej Metody Proctora dla poszczególnych klas zagęszczania. Stopnie zagęszczenia gruntu w Standardowej Skali Proctora określono zgodnie z DIN 18127.

	Grupa gruntu stosowanego na obsypkę			
Klasa zagęszczania	4 SPD [%]	3 SPD [%]	2 SPD [%]	1 SPD [%]
N Brak	75 ÷ 80	79 ÷ 85	84 ÷ 89	90 ÷ 94
M Średnia	81 ÷ 89	86 ÷ 92	90 ÷ 95	95 ÷ 97
W Wysoka	90 ÷ 95	93 ÷ 96	96 ÷ 100	98 ÷ 100

Tablica 8.7.b. Zalecane grubości warstw i liczby przejść przy zagęszczaniu gruntu

	Liczba przejść dla klasy zagęszczania		Maksymalne grubości warstw po zagęszczaniu [m], dla poszczególnych grup gruntu				Minimalna grubość warstwy nad wierzchem rury przed zagęszczaniem [m]
Sprzęt	**Zagęszczenie „W" (wysoka)**	**Zagęszczenie „M" (średnia)**	**1**	**2**	**3**	**4**	
Zagęszczanie nogami lub ubijakiem ręcznym min. 15 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Ubijak wibracyjny min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Wibrator płaszczyznowy							
min. 50 kg	4	1	0,10	—	—	—	0,15
min. 100 kg	4	1	0,15	0,10	—	—	0,15
min. 200 kg	4	1	0,20	0,15	0,10	—	0,20
min. 400 kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
min. 600 kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Walec wibracyjny							
min. 15 kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	—	0,60
min. 30 kN/m	6	2	0,60	0,50	0,30	—	1,20
min. 45 kN/m	6	2	1,00	0,75	0,40	—	1,80
min. 60 kN/m	6	2	1,50	1,10	0,60	—	2,40
Walec wibracyjny podwójny							
min. 5 kN/m	6	2	0,15	0,10	—	—	0,20
min. 10 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,15	—	0,45
min. 20 kN/m	6	2	0,35	0,30	0,20	—	0,60
min. 30 kN/m	6	2	0,50	0,40	0,30	—	0,85
Ciężki walec potrójny (bez wibracji) min. 50 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	—	1,00

Kontrola jakości zagęszczania

Zgodność z założeniami projektowymi należy potwierdzić, co najmniej jedną z poniższych metod:

- ścisły nadzór nad procedurami zagęszczania;
- weryfikacja początkowego ugięcia zainstalowanej rury;
- badanie na placu budowy stopnia zagęszczenia gruntu.

Po wykonania napraw lub dodatkowych włączeń należy zwracać uwagę, aby przemieszczany materiał obsypki i wypełnienia wykopu był zagęszczany w przybliżeniu do tego samego stopnia, jaki posiada grunt bezpośrednio przyległy do strefy prowadzonych robót.

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.8. Wykonywanie prac montażowych w okresie obniżonych temperatur

W czasie wykonywania robót ziemnych w okresie niskich temperatur może nastąpić zamarznięcie gruntu na dnie wykopu. Układanie rurociągu na warstwie zamarzniętego gruntu jest niedopuszczalne, grunt ten należy bezpośrednio przed ułożeniem rurociągu usunąć i zastąpić warstwą niezmarzniętego, sypkiego gruntu o uziarnieniu do 20 mm (w przypadku kruszywa łamanego do 16 mm). Warstwę tę należy zagęścić do wskaźnika zagęszczenia 95% SPD.
Niedopuszczalne jest zasypywanie wykopu gruntem zawierającym zamarznięte bryły. Podczas łączenia rur metodą spawania ekstruzyjnego w zimie lub w okresie deszczu, miejsce połączenia należy osłonić plandeką lub namiotem.



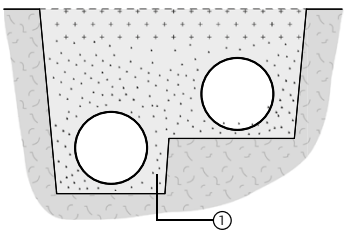
8.9. Usuwanie obudowy wykopu

W przypadku zbyt małej odległości krawędzi wykopu (określonej w BN-83/8836-02) od drogi publicznej lub budynku może zaistnieć konieczność pozostawienia obudowy wykopu, w pozostałych przypadkach obudowę należy usunąć. Obudowę wykopu z elementów drewnianych, wyprasek stalowych lub szalunku typu boks usuwać należy w miarę zasypywania wykopu. Obudowa wykopu typu boks stwarza bardzo korzystne warunki dla realizacji wykopów ponieważ nie stwarza zagrożenia dla sąsiednich obiektów (nie występują drgania gruntu jak dla ścianek zabijanych) i zapewnia zachowanie wskaźnika zagęszczenia gruntu. Obudowy te zapewniają ponadto bezpieczną realizację robót. Wyrywanie zabijanych elementów obudowy wykopu może spowodować rozluźnienie obsypki i zasypki rurociągu. Skutkiem takiego rozluźnienia jest obniżenie nośności rury oraz uszkodzenie nawierzchni drogi w wyniku dodatkowych osiadań gruntu obsypki i zasypki. Dla ograniczenia niekorzystnych skutków wyrywania elementów obudowy wykopu, zwłaszcza dla rurociągów układanych pod ulicami, zaleca się podwyższenie wymagań w zakresie minimalnego wskaźnika zagęszczenia podsypki, obsypki i zasypki do 97% SPD. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym niekorzystne zjawiska spowodowane wyrywaniem elementów obudowy wykopu powinno być stosowanie sprzętu nie powodującego drgań lub wibromłotów o możliwie małej amplitudzie drgań.

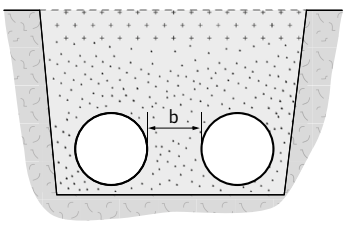


8.10. Układy rur równoległych

Rury w układach równoległych w zwykłych wykopach powinny być montowane w wystarczających odległościach od siebie tak, aby zapewnić możliwość dostępu sprzętu do zagęszczenia gruntu obsypki między rurami. Należy zachować przestrzeń między rurami o szerokości większej o 150 mm od szerokości sprzętu używanego do zagęszczania w celu umożliwienia jego swobodnego operowania. Materiał obsypki w strefie pomiędzy rurami powinien zostać zagęszczony do stopnia identycznego jak w strefie między rurą a ścianą wykopu. W przypadkach układania rur równoległych w wykopach stopniowych (patrz Rys. 8.10.a. i 8.10.b) materiał obsypki powinien być sypki i powinna być zadana klasa zagęszczenia W.



1- Grunt mocno zagęszczony (klasa W)
b-wielkość uwzględniająca możliwości zagęszczania gruntu



Rys. 8.10.a. Przewody równoległe w wykopie stopniowym.

Rys. 8.10.b. Przewody równoległe w wykopie równym

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.11. Wymiana gruntu

W przypadku występowania skał, kamieni lub twardych gruntów należy dokonać wymiany gruntu w strefie dna wykopu. Na dnie wykopu mogą wystąpić grunty kurzawkowe i podobne, grunty organiczne lub grunty wykazujące tendencje do zmian objętości pod wpływem wilgoci. W takich przypadkach inżynier musi zadecydować o skali wymiany gruntu pod rurą i sposobie posadowienia rury na gruncie zasypowym. Każda sytuacja tego typu musi być rozważana indywidualnie na podstawie własnych doświadczeń wykonawczych w celu określenia zakresu wymiany gruntu i rodzaju materiału do zastosowania na podsypkę. W przypadku, gdy stosuje się wymianę gruntu, włączając tu niezamierzone nadmierne pogłębienia wykopu, należy użyć tego samego materiału podsypki, jaki planuje się zastosować w strefie obsypki i powinien on być zagęszczony do osiągnięcia klasy „W".

8.12. Posadowienie rurociągu na gruntach słabonośnych

W przypadku zalegania w poziomie posadowienia gruntu o zbyt małej nośności postępowanie powinno być następujące:

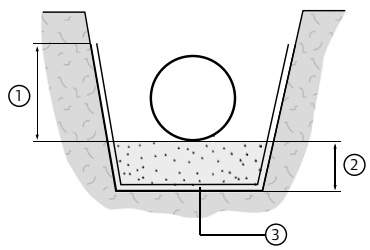
- gdy na dnie wykopu zalega cienka warstwa słabego gruntu, grunt ten należy usunąć i zastąpić gruntem sypkim o uziarnieniu do 20 mm (w przypadku kruszywa łamanego do 16 mm), warstwę wymienionego gruntu należy zagęścić do min 95% SPD,
- gdy na dnie wykopu zalega gruba warstwa słabego gruntu, usunąć należy warstwę o grubości nie mniejszej od 0,35 m (im słabszy grunt tym warstwa usuniętego gruntu powinna być grubsza) i nie mniejszej od 0,25 średnicy zewnętrznej układanej rury. Na dnie wykopu ułożyć należy warstwę żwiru lub kruszywa łamanego o grubości nie mniejszej od 0.2 m i uziarnieniu 2 ÷ 32 mm, warstwę tą należy zagęścić do min. 90% SPD. Na tej warstwie należy ułożyć podsypkę o grubości 0,15 m z gruntu sypkiego o uziarnieniu do 20 mm (w przypadku kruszywa łamanego do 16 mm) i zagęścić do min 95% SPD.

W przypadku zalegania na dnie wykopu bardzo słabych gruntów spoistych dla uniknięcia mieszania się gruntu rodzimego z warstwami wzmacniającymi oraz dodatkowego wzmocnienia podłoża zaleca się ułożenie w strefie wymienianego gruntu geowłókniny, którą należy ułożyć w gruncie rodzimym. Geowłókninę można także użyćw następujących przypadkach:

- do zabezpieczenia materiału obsypki przed wymieszaniem z gruntem rodzimym oraz do zabezpieczenia zasypki przed rozluźnieniem spowodowanym
- wyrywaniem ścianki szczelnej
- do kotwienia rurociągu eliminującego możliwość wypływania
- dla zwiększenia nośności podsypki i zmniejszenia nierównomiernych osiadań rurociągu.

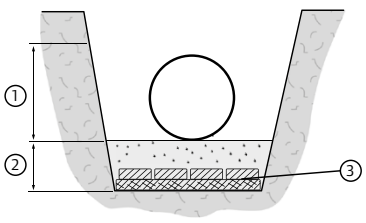
W przypadku konieczności ułożenia rurociągu na bardzo słabych gruntach np. torfy, namuły zalegających grubą warstwą zachodzi konieczność specjalnego układania. Możliwe jest następujące postępowanie: wzmocnienie słabego gruntu lub posadowienie rurociągu na drewnianym ruszcie. Ostateczny wybór sposobu postępowania zależy od warunków lokalnych i wymaga wykonania odrębnego projektu konstrukcji podpierającej (lub wzmocnienia gruntu) oraz obliczeń statyczno-wytrzymałościowych rurociągu dla przyjętego sposobu posadowienia. Wśród innych warunków specjalnych na etapie układania rur napotkać można płynącą lub stojącą wodę gruntową pojawiającą się na dnie do wykopu lub też efekt kurzawkowy na dnie wykopu. W takich przypadkach obniżenie poziomu wody gruntowej dokonuje się poprzez zastosowanie studni pompowych lub drenów instalowanych na etapie układania rur funkcjonujących do czasu, aż rura nie zostanie przekryta gruntem w stopniu wystarczającym do przeciwdziałania wyporowi lub osunięciu się ścian wykopu. Uziarnienie gruntu w strefach podsypki, obsypki i zasypki powinno być dobrane tak, aby w warunkach nasycenia wodą nie zachodziła migracja drobnych frakcji gruntu ze strefy wykopu do sąsiadującego ośrodka gruntowego jak i zjawisko odwrotne. Wszelka migracja ziaren gruntu między strefami może doprowadzić do osłabienia podparcia w strefie dolnej i bocznej rury. Zapobieżeniu transportu drobnych frakcji gruntu może służyć zastosowanie odpowiednich mat filtracyjnych. Jeżeli maty filtracyjne są łączone należy zapewnić zakład szerokości nie mniejszej niż 0,3 m. Maty niełączone powinny być układane z zakładem szerokości nie mniejszym niż 0,5 m.

Legenda
1 Strefa obsypki
2 Podsypka
3 Mata filtracyjna



Rys. 8.12.a. Zabezpieczenie przed migracją drobnych frakcji gruntu

Legenda
1 Strefa obsypki
2 Podsypka
3 Ruszt drewniany



Rys. 8.12.b. Dno wykopu wzmocnione konstrukcją drewnianą

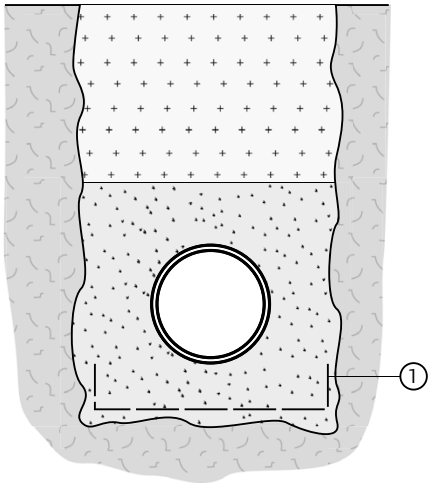
8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

Geowłókniny

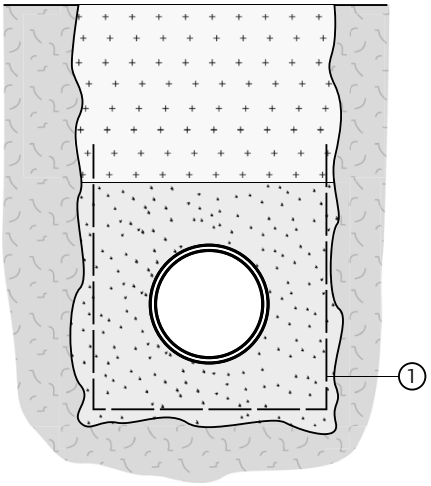
Jeżeli grunt jest słaby lub miękki tak, że nie jest możliwa bezpieczna praca ludzi w wykopie, należy zastosować wzmocnienie dna przed wykonaniem podsypki. Wzmocnienie dna wykopu może mieć postać np. konstrukcji drewnianej lub maty geotekstylnej (tzw geowłókniny) Rys. 8.12.

Typowe zastosowania mat geotekstylnych (geowłóknin).

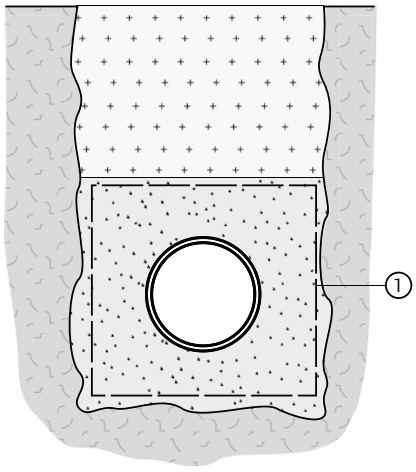
Rys. 8.12.c. Geowłóknina redukująca nierównomierności osiadania strefy posadowienia rury



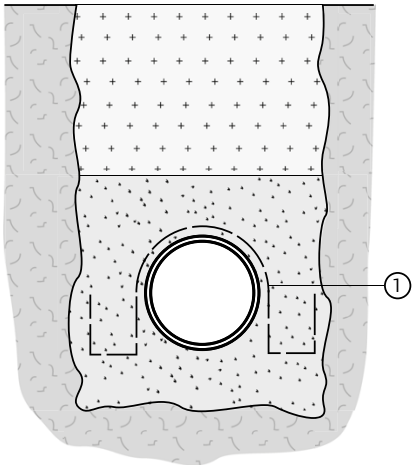
Rys. 8.12.d. Geowłóknina stanowiąca częściową podalinę, obudowę i wzmocnienie



Rys. 8.12.e. Geowłóknina stanowiąca pełną podwalinę, obudowę i wzmocnienie



Rys. 8.12.f. Geowłóknina stanowiąca zakotwienie zapobiegające wyporowi rury



1 - geowłóknina

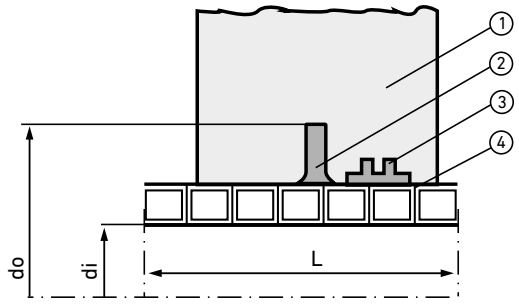
8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.13. Przejścia przez ściany dla rur grawitacyjnych Weholite

Przejście Weholite przez ścianę betonową

Proponowane przejście kotwiące jest szczelne do 3m słupa wody, pod warunkiem stosowania kołnierzy gumowych systemu Frank. Dodatkowo ściana betonowa musi być wykonana z betonu wodoszczelnego.

1. Przegroda - beton wodoszczelny
2. Kołnierz kotwiący PE
3. Kołnierz gumowy Frank
4. Rura Weholite



Rys. 8.14.a. Schemat przejścia Weholite przez ścianę

Tablica 8.14.a. Dane wymiarowe przejścia Weholite przez ścianę

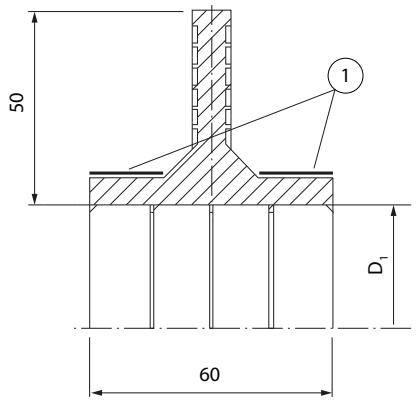
dn=di	L	do	D_1	Kołnierz gumowy Frank	Profil Frank
mm	mm	mm	mm	Zakres dn	
300	800	550	310	315 - 354	A
350	800	610	353	400 - 449	B
400	800	660	400	450 - 499	B
450	800	720	448	500 - 559	B
500	800	780	505	560 - 629	B
600	800	890	571	630 - 709	B
700	800	1000	648	710 - 799	B
750	800	1060	733	800 - 899	B
800	800	1220	828	900 - 999	B
900	800	1320	*		B
1000	800	1440	923	1000 - 1150	B
1050	800	1500	*		B
1100	1000	1550	1113	1200 - 1350	B
1200	1000	1670	*		B
1300	1000	1780	1303	1400 - 1550	B
1400	1000	1900	*		B
1500	1000	2010	1490	1600 - 1750	B
1600	1000	2220	*		B
1800	1000	2450	*		B
2000	1000	2680			
2200	1000	3010			
2400	1000	3220			
2500	1000	3330			
2600	1000	3440			
3000	1000	3890			

* na zapytanie

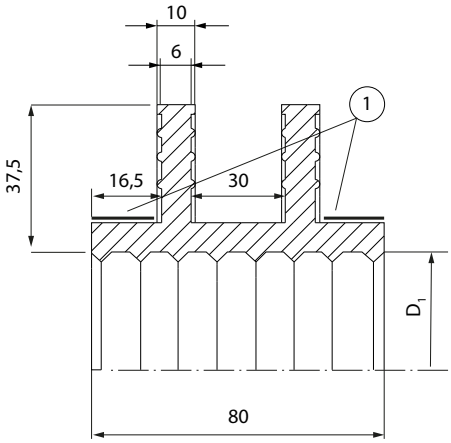
8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

Gumowe kołnierze uszczelniające typu Frank

Kołnierz może być montowany w dowolnym miejscu na rurze Weholite. Długość kształtki L może być inna niż podana w tabeli, w zależności od specyfikacji projektowej. Doszczelnienie można wykonać przy użyciu kołnierzy gumowych Frank (profil A lub B) – w zależności od średnicy przewodu.



Rys. 8.14.b. Kołnierz gumowy Frank. Profil A dn=90÷315 mm
① obejmy stalowe

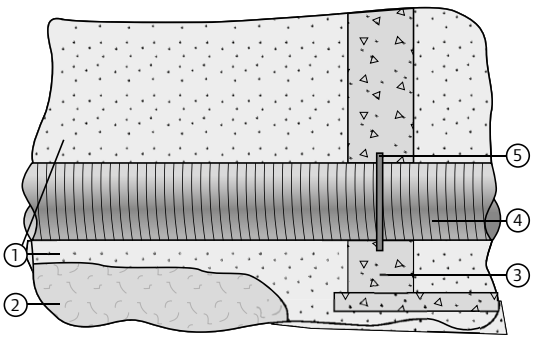


Rys. 8.14.c. Kołnierz gumowy Frank. Profil B dn=355÷1200 mm
① obejmy stalowe

8.14. Łączenie z konstrukcjami sztywnymi

Kiedy rurociąg przechodzi przez konstrukcje takie jak budynki, studnie kanalizacyjne czy bloki oporowe, należy uwzględnić w konstrukcji połączenia tolerancję dla różnic osiadania. Materiały takie jak np. polietylen są wystarczająco elastyczne by tolerować występujące przemieszczenia i mogą być łączone w sposób przedstawiony na rysunku. Aby zminimalizować naprężenia od sił tnących i momentów gnących, rurom wystającym ze sztywnych konstrukcji należy zapewnić skuteczne podparcie na podsypce.

Oznaczenia:
1. Podsypka i obsypka - dobrze zagęszczony materiał (klasa W)
2. Grunt rodzimy
3. Ściana betonowa
4. Rura
5. Kształtka - przejście przez ścianę



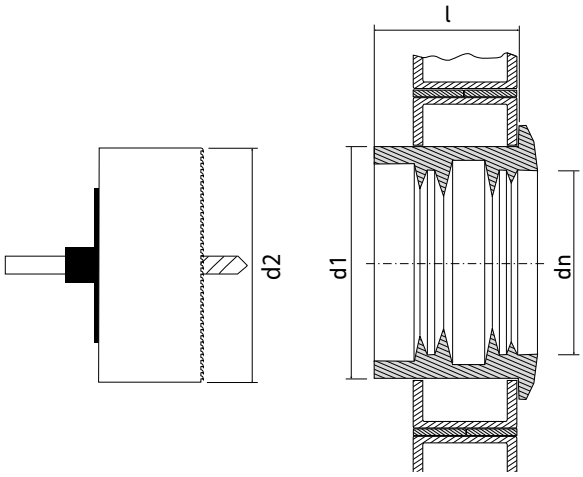
Rys. 8.15.a. Schemat połączenia rurociągu grawitacyjnego ze ścianą betonową

8. Układanie rurociągów grawitacyjnych w gruncie

8.15. Wykonywanie przyłączy do istniejącego kolektora/studzienki Weho

Tablica 8.15.a. Wymiary przyłącza In-Situ

Średnica rur WehoTripla	Średnica otworu		
dn [mm]	d1 [mm]	d2 [mm]	l [mm]
110	142	138	80
160	190	186	80
200	233	226	80
250	287	276	80
315	351	341	80

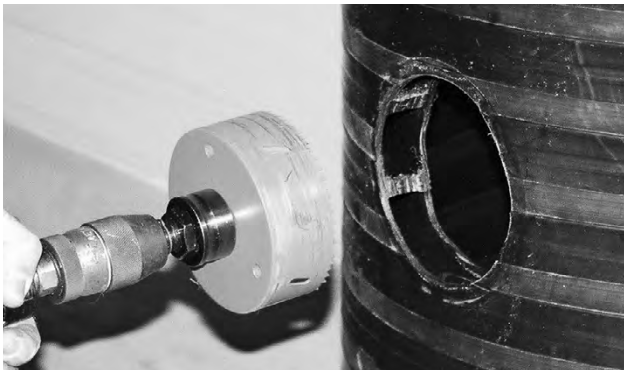


Rys. 8.15.a. Schemat przyłącza In-Situ

W celu wykonania przyłącza do kolektora Weholite lub Studzienki Weho należy zastosować złączkę In-Situ.
W tym celu należy:



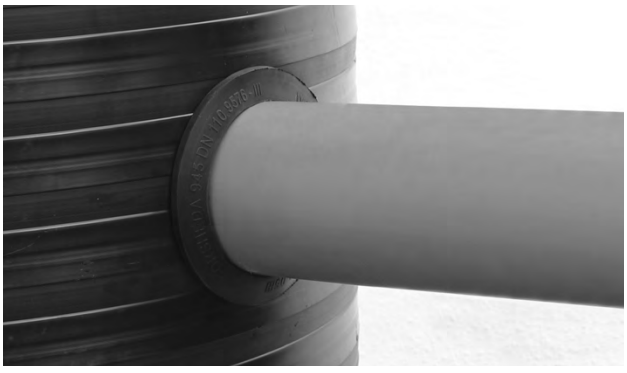
1. Określić średnicę przyłącza.



2. Wyciąć odpowiedni otwór w ściance rury Weholite.



3. Przed włożeniem uszczelki, krawędzie otworu należy oczyścić i wygładzić. Następnie można umieścić w otworze złączkę In-Situ.



4. Po osadzeniu złączki In-Situ można podłączyć przyłącze.

Sprzęt potrzebny do wykonania podłączenia In-Situ:
- Wyrzynarka obrotowa o średnicy zgodnej z wymiarami uszczelek In-Situ (dostępna w Uponor Infra) - źródło prądu ok. 2 kW

9. Połączenia rur grawitacyjnych

9.1. Rodzaje połączeń rur grawitacyjnych produkcji Uponor Infra

Tablica 9.1.a. Zestawienie rodzajów połączeń i odpowiadających im zakresów średnic rurociągów grawitacyjnych Uponor Infra

Rodzaj rur	Typ połączenia	Zakres średnic	Zastosowanie
WehoTripla (dn 200-400)	kielich dwukielich	200 ↔ 400	Wszystkie połączenia
Weholite (dn300-3000)	kielich dwukielich	300 ↔ 1000	Szybkie i trwałe połączenie, w razie konieczności można rury rozłączyć
	Zatrzask (Snap-Joint)	600 ↔ 1200	W trudnych warunkach mokrego wykopu, końcówki zatrzaskowe montowane fabrycznie
	spawanie ekstruzyjne	300 ↔ 3000	Połączenia w wykopie lub na zewnątrz, w trakcie montażu wymaga osuszenia.



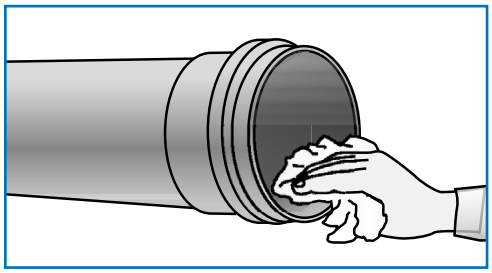




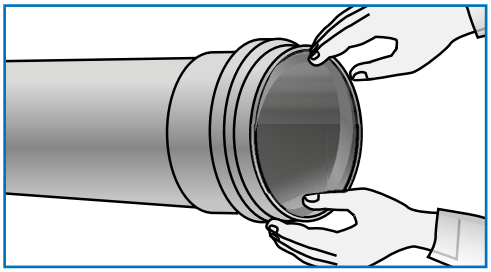


9. Połączenia rur grawitacyjnych

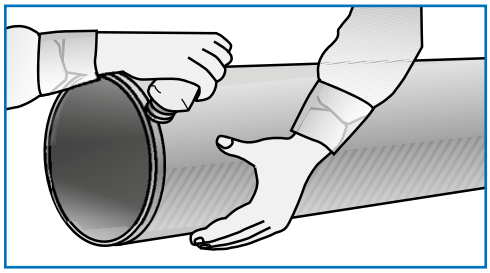
9.2. Połączenia kielichowe WehoTripla



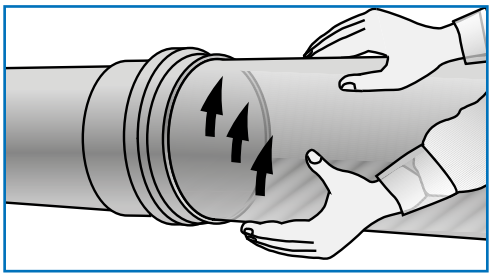
1) Oczyścić kielich z jakichkolwiek zanieczyszczeń



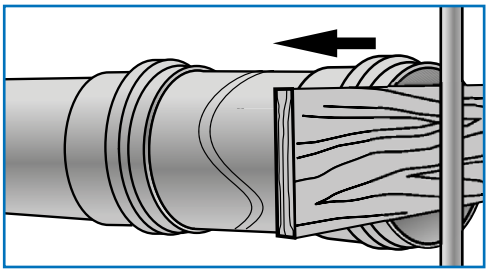
2) Sprawdzić zamocowanie uszczelki



3) Posmarować końcówkę rury lubrykantem



4) Umieścić koniec rury w kielichu dokładnie współosiowo, uważając aby nie zawinąć uszczelki podczas wkładania



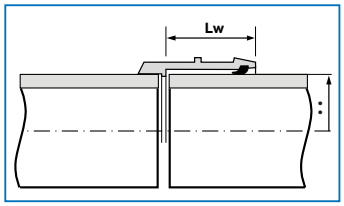
5) Rurę można docisnąć za pomocą ręcznych narzędzi

Rury WehoTripla mogą być łączone za pomocą kielicha pojedynczego oraz dwukielicha.

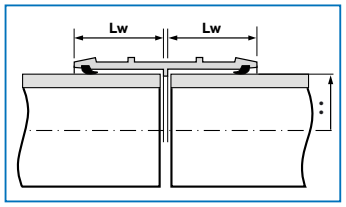
Tablica 9.2.a. Wymiary połączeń kielichowych i dwukielichowych dla rur WehoTripla

tablica wymiarowa połączenia kielichowego rur WehoTripla	
dn=de [mm]	Lw [mm]
200	114
250	131
315	148
400	160

tablica wymiarowa połączenia dwukielichowego rur WehoTripla	
dn=de [mm]	Lw [mm]
200	81
250	127
315	141
400	155



Schemat połączenia kielichowego

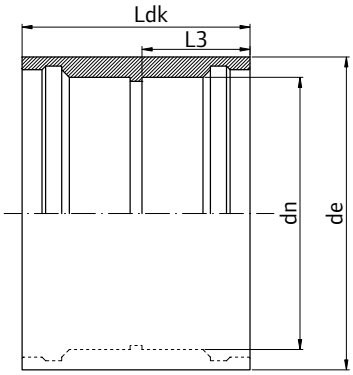


Schemat połączenia dwukielichowego

9. Połączenia rur grawitacyjnych

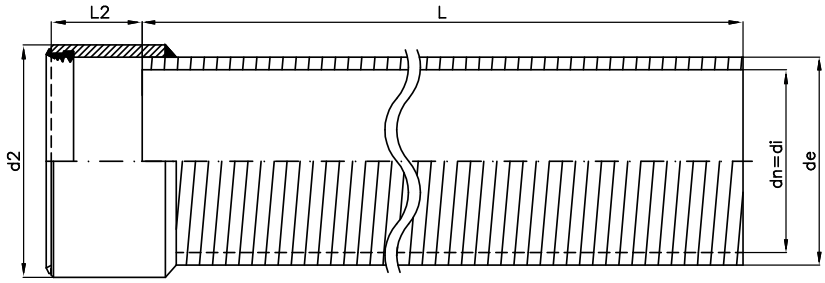
9.4. Połączenia kielichowe Weholite

Sposób montażu kielicha i dwukielicha Weholite jest analogiczny jak w przypadku połączenia kielichowego dla WehoTripla. Uszczelka montowana jest wewnątrz kielicha.



Tablica 9.4.a. Wymiary połączeń kielicha i dwukielicha dla rur Weholite.

dn=di	d2	Ldk	L3	L2
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
300	393	293	135	139
350	459	315	146	150
400	512	337	157	161
450	572	359	168	172
500	626	381	179	183
600	725	474	226	228
700	850	500	239	241
800	994	543	260	262
900	1094	483	230	234
1000	1225	780	379	290



Schemat połączenia dwukielicha i kielicha Weholite

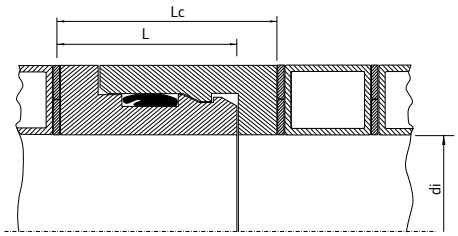
9.5. Połączenia na Zatrzask (Snap-Joint) Weholite

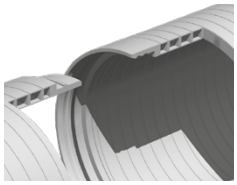
Snap-Joint jest połączeniem stosowanym w wykopach, gdzie odwodnienie stanowi istotny problem. W celu połączenia rury należy ustawić współosiowo i przy pomocy koparki wcisnąć jeden koniec w drugi. Siła F potrzebna do wykonania tego połączenia jest różna dla różnych średnic. Końcówka zatrzaskowa montowana jest na końcu rury fabrycznie. Snap-Joint jest połączeniem nierozłącznym.

Tablica 9.5.a. Wymiary połączeń na zatrzask dla rur Weholite

dn=di	L	Lc	F
[mm]	[mm]	[mm]	[tony]
600	183	215	3÷3,5
700	197	227	3÷3,5
800	198	230	3÷3,5
900	199	230	3,5÷4
1000	198	230	3,5÷4
1200	198	230	3,5÷4

Schemat połączenia

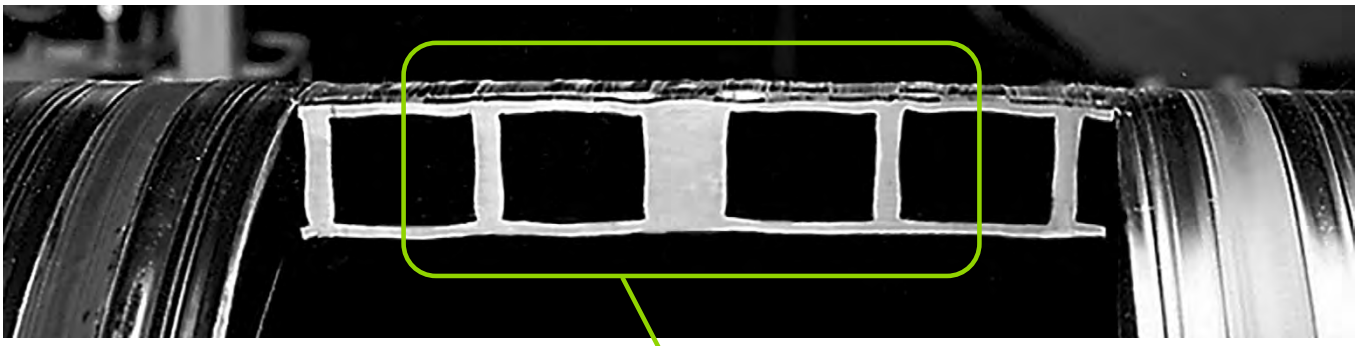




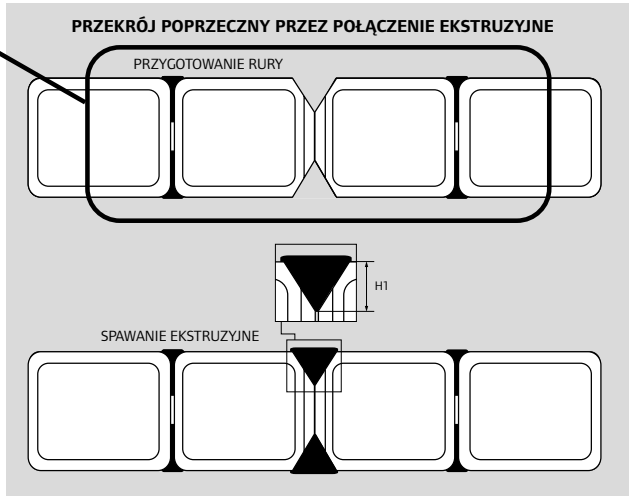
9. Połączenia rur grawitacyjnych

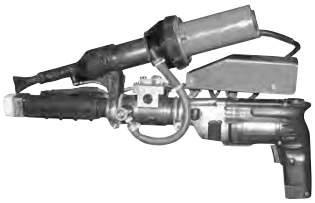
9.7. Spawanie ekstruzyjne rur Weholite

Podczas spawania przy użyciu ekstrudera końce łączonych rur są rozgrzewane za pomocą gorącego powietrza, następnie roztopiony materiał PE wtłaczany jest w przerwę pomiędzy końcówkami rur.









Przykładowy sprzęt do spawania - ekstruder: Munsh MA36, MAK48

Ogólne zasady spawania ekstruzyjnego

- połączenie musi być wykonywane w warunkach suchych. Nawet minimalne ilo ści wody mogą powodować nieszczelność spawu.
- miejsce połączenia musi być osłonięte od wiatru (szczególnie w zimie i w okresie deszczowym)
- przed wykonaniem połączenia końcówki rur należy oczyścić i odpowiednio przygotować: po usunięciu zanieczyszczeń końcówki rur należy sfazować tak jak pokazano na „profilu poprzecznym".
- Powierzchnię rur obok wykonanej fazy należy delikatnie oszlifować tak aby materiał ekstruzyjny był nakładany na świeżą powierzchnię końcówek rur.
- Ze względu na zjawisko utleniania się polietylenu fazowanie i szlifowanie miejsca połączenia należy wykonać bezpośrednio przed połączeniem.
- W przypadku wystąpienia zanieczyszczeń wtórnych miejsce zabrudzone należy oczyścić i powierzchniowo zeszlifować.
- Temperatura masy (podawanego drutu PE) powinna wynosić od 210 do 230°C.
- Temperatura powietrza na wylocie dyszy ekstrudera powinna się mieścić w zakresie od 250 do 340°C w zależności od temperatury otoczenia.

Wymagania sprzętowe:

- ekstruder
- piła elektryczna
- frezarka i szlifierka kątowa
- źródło energii elektrycznej 5kW, 230V

9. Połączenia rur grawitacyjnych

W zależności od warunków montażowych (wymiarów wykopu) rury Weholite można spawać:

1. Spawanie ekstruzyjne metodą od wewnątrz i z zewnątrz (spoina dwustronna)

Przygotowanie rury

- po usunięciu zanieczyszczeń końce rur należy sfazować od powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej pod kątem 45° na głębokość H1
- powierzchnie wewnętrzną i zewnętrzną rury w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny zmatowić przez szlifowanie

Układanie rur w wykopie

- przygotowane rury układamy w wykopie zetknięte powierzchniami czołowymi (ewentualnie z minimalną szczeliną), tak aby uskok „Z" profilu obu rur przylegał do siebie i znajdował się w najwyższym punkcie obwodu rury.
- w przypadku wystąpienia zanieczyszczeń wtórnych miejsce i otoczenie spoiny oczyścić przez szlifowanie

Spawanie ekstruzyjne

- po wykonaniu wszystkich czynności przygotowawczych kładziemy spoinę od wewnątrz i zewnątrz rury przy użyciu extrudera ręcznego, (kolejność dowolna, w zależności od warunków na budowie)

W ten sam sposób odbywa się łączenie króćców studzienek z kolektorem.

UWAGA: Aby wykonać prawidłowy spaw na zewnątrz rury niezbędne jest zapewnienie wolnej przestrzeni min. 1m dookoła obwodu rury (dołek montażowy). Należy zapewnić pełne odwodnienie dołka montażowego.

Tablica 9.7.a. Tabela wskaźników do planowania orientacyjnego czasu montażu rur i zapotrzebowania na drut spawalniczy.

Rozmiar nominalny DN=Di [mm]	Głębokość spoiny		Pracochłonność i zapotrzebowanie materiałow			
			spoina dwustronna		spoina jednostronna	
	spoina wew./zew. (dwustronna) H1 [mm]	spoina wew. (jednostronna) H2 [mm]	drut spaw. / połączenie [kg]	czas wykonania [h]	drut spaw. / połączenie [kg]	czas wykonania [h]
800	6.0	13.5	2.5	3.0	2.0	3.0
900	6.5	15.0	2.5	3.0	2.0	3.0
1000	7.0	16.0	3.0	3.0	2.5	3.0
1050	7.0	16.5	3.0	3.0	2.5	3.0
1200	9.0	21.0	4.0	3.5	3.5	3.5
1400	10.0	23.0	4.0	5.0	3.5	5.0
1500	11.0	25.5	5.0	5.0	4.5	5.0
1600	11.5	26.5	6.0	6.0	5.5	6.0
1800	13.5	32.0	8.0	7.0	7.5	7.0
2000	14.0	32.5	9.0	9.0	8.5	9.0

Parametry innych średnic do ustalenia z producentem

2. Spawanie ekstruzyjne metodą od wewnątrz (spoina jednostronna) Metodę łączenia spoiną jednostronną stosuje się w przypadku braku dostępu do rurociągu z zewnątrz.

Przygotowanie rury

- po usunięciu zanieczyszczeń końce rur należy sfazować od powierzchni wewnętrznej pod kątem 30° na głębokość H2
- powierzchnie wewnętrzną rury w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny zmatowić przez szlifowanie

Układanie rur w wykopie

- przygotowane rury układamy w wykopie zetknięte powierzchniami czołowymi (ewentualnie z minimalną szczeliną), tak aby uskok „Z" profilu obu rur przylegał do siebie i znajdował się w najwyższym punkcie obwodu rury.
- w przypadku wystąpienia zanieczyszczeń wtórnych miejsce i otoczenie spoiny oczyścić przez szlifowanie

Spawanie ekstruzyjne

- po wykonaniu wszystkich czynności przygotowawczych kładziemy wielowarstwową spoinę od wewnątrz rury przy użyciu extrudera ręcznego

W ten sam sposób odbywa się łączenie króćców studzienek z kolektorem.

UWAGA:

- W przypadku wystąpienia trudnych warunków gruntowo-wodnych końce łączonych rur na czas montżu można opaskę uszczelniającą.



9.8. Grupa serwisowa

Firma Uponor Infra dysponuje grupą serwisową zajmującą się wykonywaniem połączeń oraz nadzorem nad poprawnym wykonaniem montażu rur. W grupie serwisowej pracują wysoko wykwalifikowani pracownicy Uponor Infra wyposażeni w odpowiedni sprzęt do łączenia rur: ekstrudery oraz zgrzewarki.
Grupa serwisowa jest również upoważniona do przeprowadzania szkoleń z zakresu montażu i łączenia rurociągów PE metodą spawania ekstruzyjnego w zakresie technologii Uponor Infra bezpośrednio na placu budowy oraz do wystawiania certyfikatów potwierdzających przebycie szkolenia.

10. Próba szczelności rurociągów grawitacyjnych

10.1. Próba szczelności rurociągów o przepływie grawitacyjnym (bezciśnieniowym).

Zasady ogólne

Próbom hydraulicznym poddaje się na placu budowy:

- rurociągi z tworzyw termoplastycznych o przepływie grawitacyjnym, odcinkami o ograniczonej długości (np. pomiędzy studniami rewizyjnymi);
- rurociągi z rur Weholite, odcinkami o długości maksymalnej 1000 m;
- Studzienki Weho.

Rurociągi grawitacyjne poddaje się badaniom szczelności zgodnie z PN-EN1610. Alternatywnie próbę szczelności można wykonać zgodnie z normą SFS 3113:E. Poddawany próbie rurociąg wypełnia się czystą wodą uzyskując określone ciśnienie hydrostatyczne. Szczelność jest sprawdzana poprzez pomiar ilości wody, którą należy dopompować do rurociągu, aby utrzymać wymagane ciśnienie, lub zapewnić wymagany poziom zwierciadła wody.

Wymagane minimalne ciśnienie próbne:

P01 = 10 kPa = 0,1 bar = 1,0 m słupa wody

W przypadku występowania wody gruntowej, ciśnienie próbne zależy od różnicy poziomów pomiędzy osią rurociągu, a zwierciadłem wody gruntowej:

P02 = P01 + 1,1 x a (m sł. wody) (2)

gdzie:

P01 = 1,0 m sł. wody

a = ciśnienie wywierane przez wodę gruntową (m sł. wody)

Tablica 10.1.a. Zestawienie wartości ciśnienia próbnego względem poziomów rurociągu i wody gruntowej

Różnica poziomów pomiędzy osią rurociągu a zwierciadłem wody gruntowej	Ciśnienie próbne P01	
a [m]	kPa	mm H_2O
a≤0	10.0	1000
0<a≤0.5	15.5	1550
0.5<a≤1.0	21.0	2100
1.0<a≤1.5	26.5	2650
1.5<a≤2.0	32.0	3200
2.0<a≤2.5	37.5	3750
2.5<a≤3.0	43.0	4300
3.0<a≤3.5	48.5	4850
3.5<a≤4.0	54.0	5400
4.0<a≤4.5	59.5	5950
4.5<a≤5.0	65.0	6500

UWAGA:

100 kPa=1 bar =1 atm =10 m sł. wody.

Temperatura wody wypełniającej rurociąg podczas próby:

$T_{średnia}$ = 20°C +ΔT; ΔT<10°C

(dla rur o przepływie grawitacyjnym)

Temperatura wody dopompowywanej do próbowanego rurociągu:

$T_a = T_{średnia}$ ± 3°C

Przebieg próby hydraulicznej wg SFS 3113:E

Faza I:	Ciśnienie próbne lub poziom wody podnoszony jest do wielkości: Pe1 = 1,0 + 1,1 a (m sł. wody) Przed przystąpieniem do fazy II ciśnienie Pe1 utrzymywane jest przez co najmniej 10 minut.
Faza II:	Ciśnienie próbne Pe1 = 1,0 + 1,1 a (m sł wody) utrzymywane jest przez pół godziny przez dodawanie wody do rurociągu (jeżeli jest to konieczne). Ilość dodawanej wody jest mierzona 3 razy, zawsze w czasie 6 minut, w litrach (Q1, Q2, Q3).
Faza III:	Zakończenie próby. Obliczamy średnią z pomiarów Q1, Q2 i Q3: Qa = 1/3 x (Q1 + Q2 + Q3) (3) Następnie przekształcamy wartość Qa w Qap, wyrażoną w litrach / m x godz: k1 = 60 / 6 = 10 (1/godz) k2 = 1/L (L = długość odcinka poddawanego próbie) Qap = Qa x k1 x k2 (4) Wynik próby uważa się za pozytywny, jeżeli Qap znajduje się na zacienionym obszarze rys. 1.

Przy opisie poszczególnych faz próby stosowane są następujące oznaczenia:

L = długość odcinka poddawanego próbie;

a = poziom wody gruntowej mierzony do osi przewodu w środku (1/2L) odcinka poddawanego próbie;

Di = wewnętrzna średnica rurociągu;

Pe1 = ciśnienie próbne.

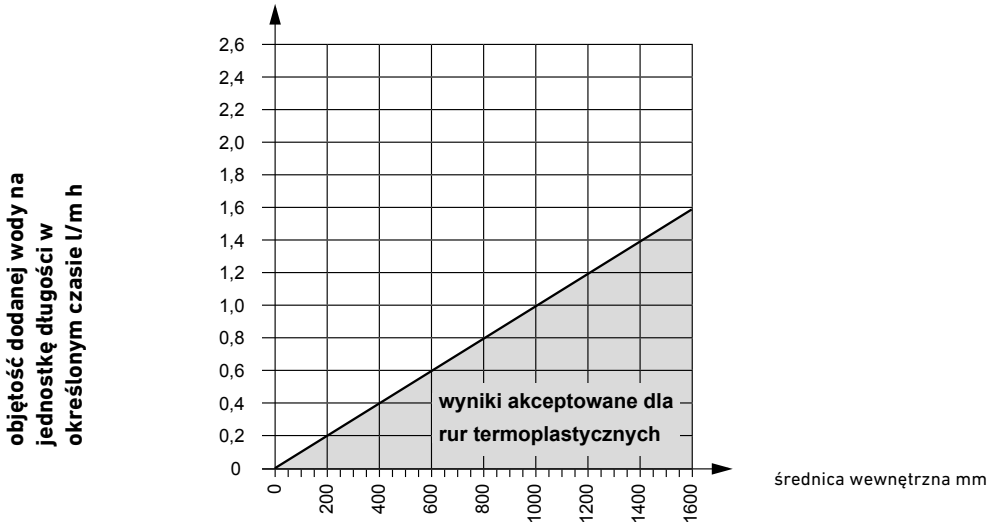
Ciśnienie próbne można obliczyć ze wzoru:

Pe1 = P10 + 1,1 a (m sł. wody) (2)

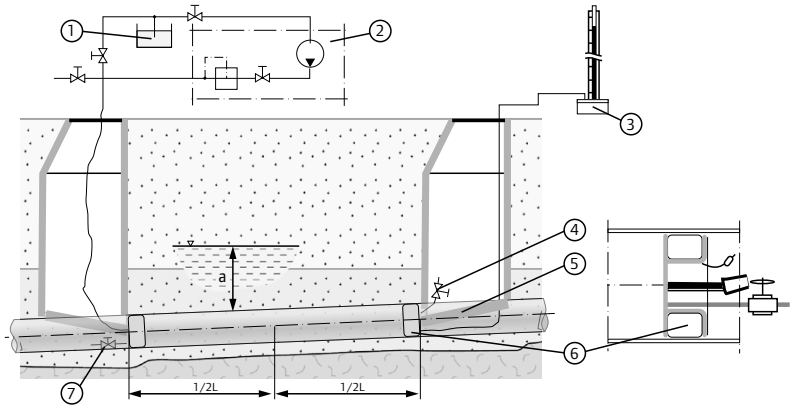
Gdzie: P10 = 1,0 m sł. wody (= 1,0 x 10-2 kPa)

10. Próba szczelności rurociągów grawitacyjnych

Wykr. 10.1.a. Wykres określający wyniki próby hydraulicznej w zależności od ilości uzupełnianej wody (dla rurociągów o przepływie grawitacyjnym).

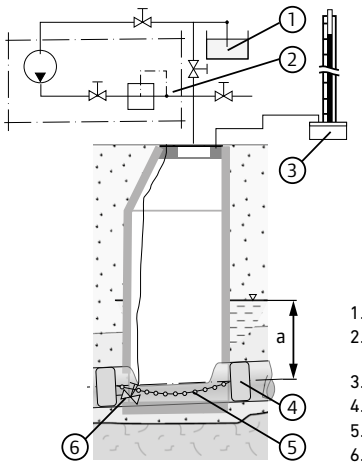


10.2. Schemat przeprowadzania próby szczelności na rurociągach grawitacyjnych pomiędzy studzienkami



1. Dodatkowy zbiornik wody
2. Aparatura wyrównująca ciśnienie (w razie potrzeby)
3. Wskaźnik ciśnienia
4. Zawór
5. Podparcie korka
6. Korek
7. Zawór

10.3. Schemat przeprowadzania próby szczelności na studzienkach kanalizacyjnych



1. Dodatkowy zbiornik wody
2. Aparatura wyrównująca ciśnienie (w razie potrzeby)
3. Wskaźnik ciśnienia
4. Korek
5. Łańcuch
6. Zawór

Opis stosowanych oznaczeń:
l = wysokość studzienki rewizyjnej;
a = poziom wody gruntowej mierzony do osi rurociągu;
Di = wewnętrzna średnica studzienki.

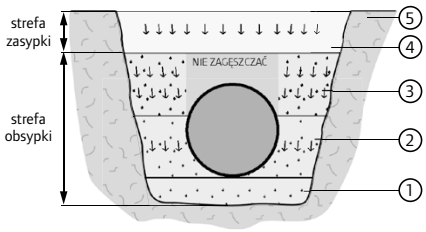
Stosujemy ciśnienie próbne zgodnie z tab. 1. lub wzorem (2). Próbę hydrauliczną przeprowadzamy identycznie, jak próbę na rurociągach (fazy I - III). Wynik próby hydraulicznej studni rewizyjnej uważamy za pozytywny, jeżeli ilość uzupełnianej wody Qap znajduje się na zacienionym obszarze wykr. 10.1.a. Opisana metoda jest oparta na normie fińskiej SFS 3113:E. Dziś powszechnie stosowana jest metoda opisana w normie PN-EN 1610.

11. Montaż Zbiorników Weho

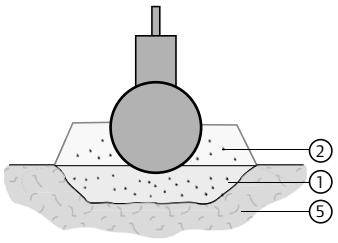


11.1. Sposoby posadowienia zbiorników Weho

Rys. 11.1.a. Schemat posadowienia zbiornika Weho w gruncie



Rys. 11.1.b. Schemat posadowienia zbiornika częściowo zagłębionego



OPIS:
1. Podłoże (podsypka)
2. Obsypka zasadnicza
3. Obsypka górna
4. Zasypka
5. Grunt rodzimy

Zbiorniki Weho można montować pod ziemią lub na powierzchni. Do wykonania podsypki, obsypki i zasypki można stosować grunty z grupy 1-3. Nie zaleca się obsypki gruntowej gruntami z grupy 4-6 (grunty spoiste i organiczne). W przypadku występowania gruntów rodzimych grupy 4-6, grunty w strefie obsypki zbiornika należy wymienić na grupę 1-3.

Posadowienie w gruntach słabonośnych (grupa 4-6)

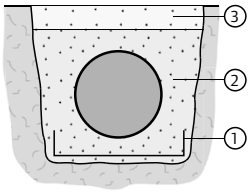
Po wymianie gruntu, nowy grunt należy zabezpieczyć przed migracją ziaren gruntu pomiędzy gruntem rodzimym i gruntem nowym. Wzmocnienie gruntu można wykonać na przykład za pomocą mat geotekstylnych (tzw. geowłóknin). W przypadku występowania stojących lub płynących wód gruntowych, na czas montażu, należy obniżyć ich poziom za pomocą studni pompowych lub drenów (patrz rozdział „Posadowienie rurociągu na gruntach słabonośnych")

Tablica 11.1.a. Zestawienie przykładowych gruntów do montażu zbiorników

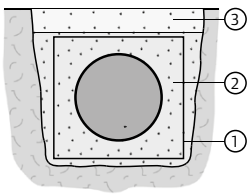
Rodzaj gruntu	Gr. gruntu	Przykładowy grunt (szczegóły: patrz tabela gruntów)
sypkie	1	Żwir o nieciągłym uziarnieniu, żwir rzeczny i morski.
sypkie	2	Piasek o nieciągłym uziarnieniu, piaski wydmowe, naniesione, dolinowe.
sypkie	3	Piasek gliniasty, mieszanka piaskowo-gliniasta o nieciągłym uziarnieniu, piasek nawodniony.
spoiste	4	Ił nieorganiczny, piasek drobny, mączka kamienna, bardzo plastyczna glina.
organiczne	5	Grunt sypki wielofrakcyjny z domieszką humusu.
organiczne	6	Torf, inne grunty wysokoorganiczne.

Przykładowe rozwiązania wzmocnienia gruntu w przypadku posadowienia w gruntach słabonośnych:

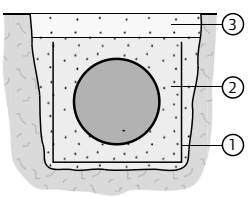
Rys. 11.1.c. Zabezpieczenie redukujące nierównomierności osiadania strefy posadowienia zbiornika



Rys. 11.1.d. Zabezpieczenie stanowiące pełną podwalinę, obudowę i wzmocnienie gruntu



Rys. 11.1.e. Zabezpieczenie przed migracją drobnych frakcji gruntu obudowę i wzmocnienie gruntu



OPIS: 1. Geowłóknina, 2. Strefa obsypki, 3. Strefa zasypki

11. Montaż Zbiorników Weho

11.2. Zagęszczenie gruntu

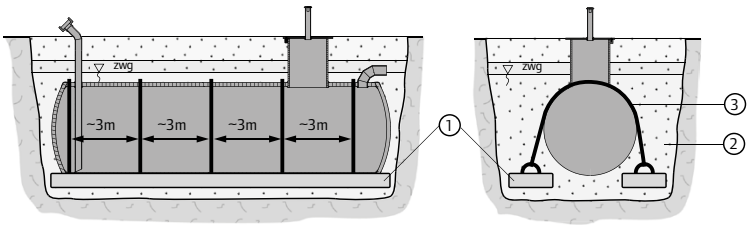
Grunt do posadowienia należy zagęszczać warstwami 15-20cm do klasy W (Wysoka) w zależności od rodzaju gruntu obsypki (patrz tabela). Zagęszczenie gruntu powinno się wahać w przedziale od 93 do 100 % SPD (Standardowa Metoda Proctora).

Klasa zagęszczania	3 SPD [%]	2 SPD [%]	1 SPD [%]
W (Wysoka)	93 ÷ 96	96 ÷ 100	98 ÷ 100

11.3. Woda gruntowa

Na czas montażu wodę gruntową należy odpompować, tak aby montaż zbiornika odbywał się w gruntach suchych. Nie dopuszcza się napełniania zbiorników przed uformowaniem zasypki co najmniej do poziomu korony zbiornika. Dodatkowo grunt wokół zbiornika można stabilizować domieszką cementu do gruntu zasypki. Zalecamy weryfikację stateczności na wypór przy pomocy programu obliczeniowego. Przykładowe sposoby dociążenia zbiornika podano poniżej (szczegółowy projekt dociążenia zbiornika należy skonsultować z projektantem).

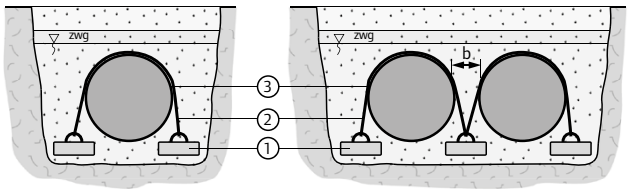
Rys. 11.4.a. Przekrój podłużny zakotwionego zbiornika Weho



OPIS:
1. Płyta żelbetonowa odciążająca
2. Pasy poliestrowe lub stalowe
3. Przekładka z gumy

Rys. 11.4.b. Przykładowe dociążenie zbiornika za pomocą kotwienia płytami żelbetowymi

Rys. 11.4.c. Przykładowe dociążenie dwóch zbiorników montowanych obok siebie

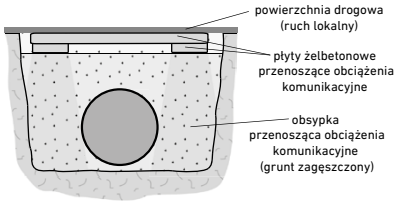


b - wielkość uwzględniająca szerokość kotwy oraz możliwości zagęszczania gruntu

11.4. Zabezpieczenie zbiornika od ruchu drogowego

Zazwyczaj zbiorniki posadawiane w strefie występowania obciążeń komunikacyjnych nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia. Możliwość zastosowania w danych warunkach należy zweryfikować przy pomocy programu obliczeniowego Uponor Infra. W przypadkach szczególnych można zastosować płytę odciążającą. Wielkość płyty odciążającej oraz potrzebę stosowania takiego rozwiązania należy uzgodnić z projektantem. Na rysunku podano typowy przykład odciążenia konstrukcji zbiornika płytą żelbetową.

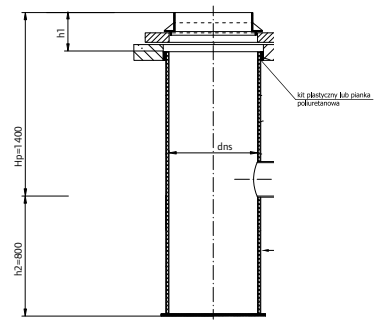
Rys. 11.5.a. Schemat zabezpieczenia zbiornika płytą odciążającą



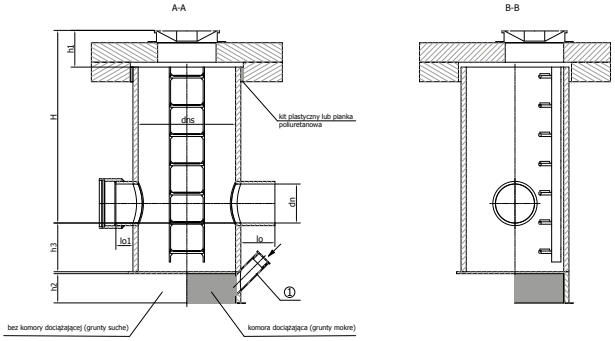
12. Montaż Studzienek Weho

12.1. Typy studzienek

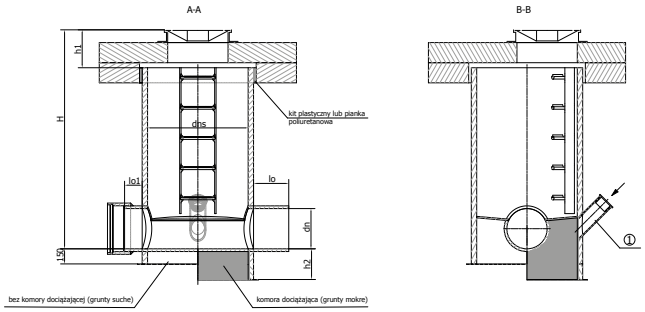
1. Wpusty uliczne



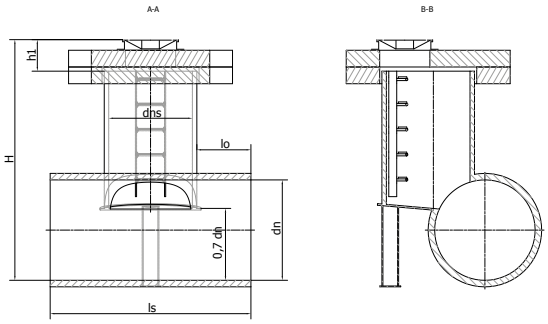
2. Studzienki osadnikowe



3. Studzienki kinetowe



4. Studzienki ekscentryczne

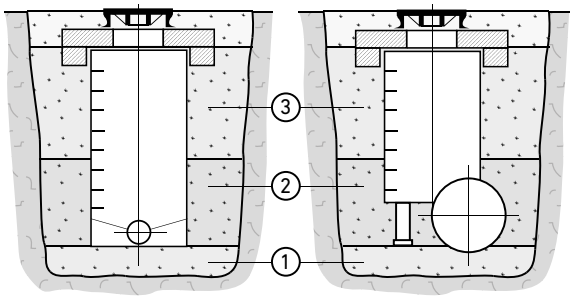


Do wykonania podsypki, obsypki i zasypki można stosować grunty z grupy 1-3. Nie zaleca się obsypki gruntowej gruntami z grupy 4-6 (grunty spoiste i organiczne). W przypadku występowania gruntów rodzimych grupy 4-6, grunty w strefie obsypki zbiornika należy wymienić na grupę 1-3.

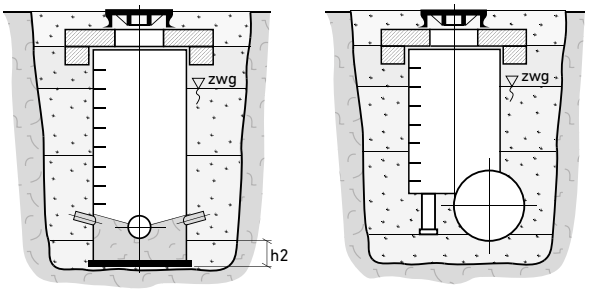


W zależności od poziomu wody gruntowej studzienka może być wyposażona w komorę dociążającą. Standardowa wysokość komory dociążającej h2=30cm.
Studzienka typu ekscentrycznego i trójnikowego zazwyczaj nie wymagają kotwienia w postaci specjalnych dociążających. Siły wyporu równoważone są kotwieniem studzienki przez kolektor (patrz p. 12.5.)

Rys. 12.1.a. Schemat posadowienia w gruncie suchym



Rys. 12.1.b. Schemat posadowienia w gruncie nawodnionym – do obliczeń siły wyporu studzienek Uponor Infra można wykorzystać program Uponor Infra.



Studzienka z komorą dociążającą wypełniona żadkim betonem

Studzienka trójnikowa lub ekscentryczna nie wymagająca komory dociążającej

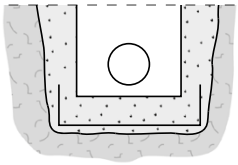
12. Montaż Studzienek Weho

12.2. Posadowienie w gruntach słabonośnych

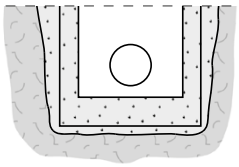
Posadowienie w gruntach słabonośnych (grupa 4-6)
Po wymianie gruntu, nowy grunt należy zabezpieczyć przed migracją ziaren gruntu pomiędzy gruntem rodzimym i gruntem nowym. Wzmocnienie gruntu można wykonać na przykład za pomocą mat geotekstylnych (tzw. geowłóknin). W przypadku występowania stojących lub płynących wód gruntowych, na czas montażu, należy obniżyć ich poziom za pomocą studni pompowych lub drenów (patrz p. 8.12)
Warunki posadowienia określa projektant. W przypadku trudnych warunków gruntowo-wodnych do stabilnego posadowienia st dzienki można zastosowć tzw płytę fundamentową. Wielkość płyty i jej grubość zależy od lokalnych warunków gruntowych.

Przykładowe rozwiązania dla posadowienia w gruntach słabonośnych:

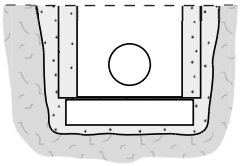
Rys.12.2.a. Zabezpieczenie redukujące nierównomierności osiadania strefy posadowienia studzienki



Rys.12.2.b. Zabezpieczenie stanowiące pełną podwalinę, obudowę i wzmocnienie gruntu



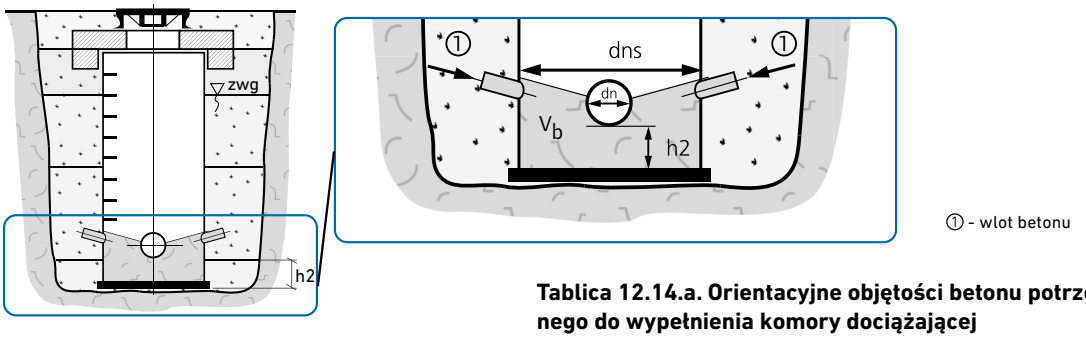
Rys.12.2.c. Posadowienie studzienki na płycie fundamentowej



12.3. Rodzaje gruntów i stopnie zagęszczenia

Rodzaj gruntu	Gr. gruntu	Przykładowy grunt (szczegóły: patrz tabela gruntów)	Klasa zagęszczania W (Wysoka) SPD%
sypkie	1	Żwir o nieciągłym uziarnieniu, żwir rzeczny i morski.	98 ÷ 100
sypkie	2	Piasek o nieciągłym uziarnieniu, piaski wydmowe, naniesione, dolinowe.	96 ÷ 100
sypkie	3	Piasek gliniasty, mieszanka piaskowo-gliniasta o nieciągłym uziarnieniu, piasek nawodniony.	93 ÷ 96
spoiste	4	Ił nieorganiczny, mączka kamienna, bardzo plastyczna glina, bardzo drobne piaski.	- - -
organiczne	5	Grunt sypki wielofrakcyjny z domieszką humusu.	- - -
organiczne	6	Torf, inne grunty wysokoorganiczne.	- - -

12.4. Kotwienie studzienek Weho w gruntach nawodnionych



W gruntach nawodnionych studzienki należy dodatkowo dociążyć. W tym celu studzienki Weho są wyposażone w komory dociążeniowe, w które, poprzez dwa zamontowane króćce równolegle wlewa się beton po posadowieniu studzienki w wykopie. Komora dociążeniowa ma standardową głębokość 0,3m poniżej dna kinety. Komorę należy wypełniać w sposób kontrolowany do pełnego wypełnienia komory, do poziomu górnej krawędzi króćców wlotowych. Podawanie ciekłego betonu należy przeprowadzić grawitacyjnie z poziomu króćców wlewowych. Wypełnione króćce należy zaślepić korkiem PE.

Tablica 12.14.a. Orientacyjne objętości betonu potrzebnego do wypełnienia komory dociążającej

	dn [mm]			
	200	400	600	800
dns [mm]	Vb [m^3]			
600	0,1	0,1		
800	0,2	0,2		
1000	0,3	0,4	0,4	
1200	0,5	0,6	0,7	
1400	0,7	0,9	0,9	1,0

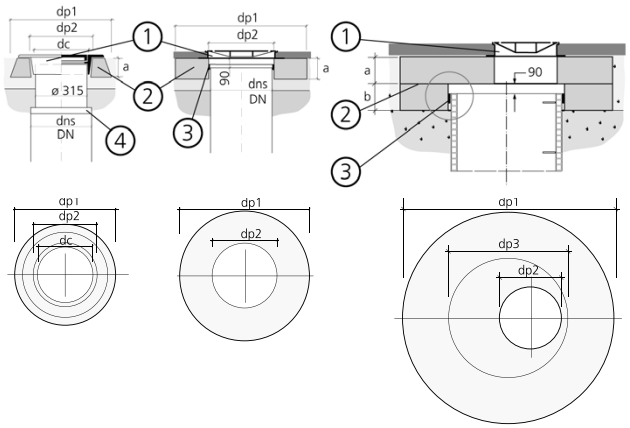
12. Montaż Studzienek Weho

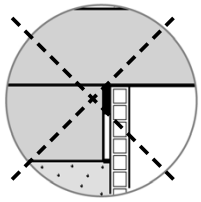
12.5. Montaż płyty odciążającej

Żelbetowa płyta odciążająca przenosi obciążenia nawierzchniowe na otaczający studzienkę grunt. Nie dopuszcza się opierania płyty żelbetowej bezpośrednio na górnej krawędzi konstrukcji studzienki. Studzienka podczas eksploatacji nie może przenosić obciążeń komunikacyjnych.

dns/DN	dp1	dp2	dp3	a	b
mm	mm	mm	mm	mm	mm
400 teleskop	755	350	-	150	-
400	1000	600	-	200	-
600	1300	600	700	200	200
800	1530	600	930	200	200
1000	1960	600	1160	200	200
1200	2180	600	1380	200	200
1400	2400	600	1600	200	200

Rys. 12.5.a. Sposoby zwieńczenia studzienek kanalizacyjnych Weho





UWAGA: płyta żelbetowa nie może opierać się o górną krawędź komina studzienki!

OPIS:

1. Właz żeliwny
2. Płyta żelbetowa
3. Doszczelnienie
4. Adaptor teleskopowy

12.6. Sprawdzenie warunku stateczności studzienki na wypór

Sprawdzenie warunku stateczności studzienki na wypór polega na porównaniu wartości obliczeniowej siły wyporu działającej na studzienkę z sumą wartości sił utrzymujących (ciężar własny i tarcie gruntu o zewnętrzną powierzchnię boczną studzienki).

Schemat obliczeniowy przedstawia rys. 12.6. Sprawdzenie stateczności na wypór dotyczy przypadków projektowych, gdzie stosunek średnicy nominalnej kolektora do średnicy komory studzienki nie przekracza wartości 0.7. W pozostałych przypadkach, szczególnie, gdy średnica kolektora jest większa od średnicy komory studzienki, obliczenie wielkości dociążenia można pominąć. W przypadku gdy warunek stateczności studzienki na wypór nie jest spełniony, studzienkę należy wyposażyć w części dennej w komorę dociążającą, wypełnioną betonem.

Obliczenie sił działających na studzienkę:

wartość siły wyporu:

$$W = \frac{\pi \cdot D_z^2}{4} \cdot h \cdot \gamma_w$$

Wartość siły tarcia gruntu o powierzchnię boczną studzienki w jednorodnej obsypce:

$$T = tg\varphi \cdot \pi \cdot D_z \cdot \left[\frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot H \cdot tg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2 \cdot c^2}{\gamma} \right]$$

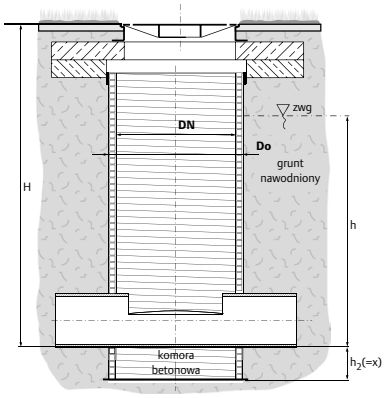
Zgodnie z wymaganiami metody stanów granicznych, dla pierwszego stanu granicznego (nośności), wartości sił dążących do naruszenia równowagi należy pomnożyć przez odpowiedni współczynnik zwiększający, zaś siły utrzymujące – przez współczynnik zmniejszający. Przyjmując najbardziej oszczędne - dopuszczone przez normę, wartości współczynników korekcyjnych (1,1 i 0,9), niezbędna siła kotwiąca wynosi:

$$F_k = 1{,}1 \cdot W - 0{,}9 \cdot (G_w + T)$$

gdzie: Gw – ciężar własny studzienki

Jeżeli obliczona wartość siły kotwiącej jest większa od zera, należy zwiększyć siłę utrzymującą przy pomocy wypełnionej betonem komory dociążającej o głębokości równej:

$$h_2 = \frac{4 \cdot F_k}{\pi \cdot D_w^2 \cdot \gamma'_b}$$



Oznaczenia na rysunku:

- H - głębokość posadowienia kanału [m]
- h - poziom z.w.g. powyżej dna kanału [m]
- h_2 - wysokość komory dociążającej [m]
- D_z - średnica zewnętrzna komory [m]
- D_w - średnica wewnętrzna komory [m]
- γ_w - ciężar objętościowy wody [kN/m^3]
- γ'_b - efektywny ciężar objętościowy betonu ($\gamma'_b = \gamma_b - \gamma_w$) [kN/m^3]
- γ - ciężar objętościowy gruntu [kN/m^3]
- Φ - kąt tarcia wewnętrznego gruntu [rad]

13. Montaż Przepustów Weholite

13.1. Montaż rur PE w rurze osłonowej

Rury PE ze względu na swoją wytrzymałość nie wymagają zabezpieczenia rurami osłonowymi.
Rury osłonowe stosuje się, w przypadku pojawienia się wymagań formalnych np. związanych z przepustami torowymi (PKP), gdzie wymogi eksploatacyjne (np. potrzeba naprawy) zalecają swobodny dostęp do układanego przewodu bez potrzeby naruszania warunków gruntowych.
Rury PE można montować w rurach osłonowych z tzw. pierścieniami dystansowymi lub układać je swobodnie w przewodach osłonowych.

Przykładowe przepusty wykonywane w technologi Weholite. Przepusty Weholite można montować bez rury osłonowej.

Montaż przepustów Weholite DN1600 pod drogą



Przepust Weholite pod torami kolejowymi



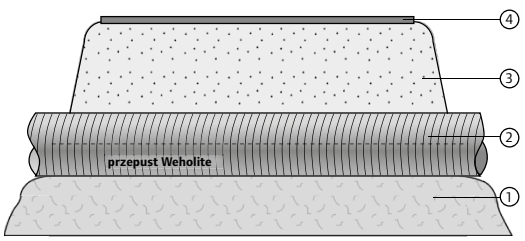
Przepusty Weholite pod drogą



Montaż przepustu Weholite DN3000 pod torami kolejowymi

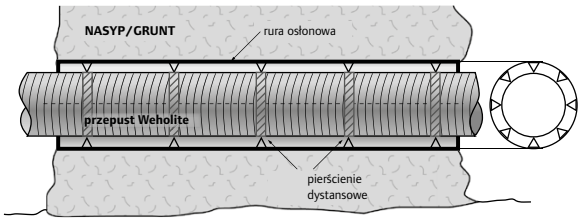


Rys. 13.1.a. Typowy Przepust Weholite pod drogą



OPIS:
1. Podłoże
2. Rura Weholite
3. Obsypka / zasypka
4. Pas drogowy

Rys. 13.1.b. Przewód PE w rurze osłonowej z pierścieniami dystansowymi.



14. Montaż rurociągów podwodnych Weholite Marine

14.1. Zasady ogólne

Montaż rurociągów pod akwenami wodnymi pozwala prowadzić rurociągi w sposób bezkolizyjny, najkrótszą trasą bez potrzeby konstruowania drogich konstrukcji naziemnych (tzw. estakad, mostów etc). Tego typu rurociągi montuje się w przypadku:

1. **Prowadzenia rurociągów przez rzeki- „Przejścia pod rzekami" (układy syfonowe),**
2. **Zrzutów oczyszczonych ścieków do morza - „Wyloty morskie".**

Rurociągi PE doskonale spełniają swoją funkcje zarówno podczas montażu ich pod wodą jak również podczas ich późniejszej eksploatacji. Projektant w fazie opracowywania koncepcji montażu rurociągu podwodnego powinien zwrócić uwagę na następujące zagadnienia techniczne:

- obliczenia hydrauliczne, przepływy, dane dotyczące zbiorników itp.
- mapy topograficzne brzegów i dna,
- przekroje trasy rurociągu,
- dane dotyczące wiatrów i falowania akwenu,
- dane dotyczące prądów wodnych,
- **dane dotyczące środowiska, takie, jak:**
- temperatura wody na zewnątrz i wewnątrz rurociągu,
- własności transportowanej wody,
- własności transportowanych ścieków,
- warunki gruntowe,
- charakterystyka wody morskiej.

Powyższe dane stanowią minimum niezbędnych wiadomości i dotyczą dwóch podstawowych systemów, z którymi mamy do czynienia:

- transportu wody pitnej,
- transportu ścieków,

przy pomocy otwartych lub zamkniętych systemów transportowych.

Uponor Infra stale doskonali system zbierania danych, stanowiący standard w dziedzinie gromadzenia informacji niezbędnych do projektowania i budowy rurociągów podwodnych.

14.2. Rurociągi grawitacyjne „Syfony pod rzekami"

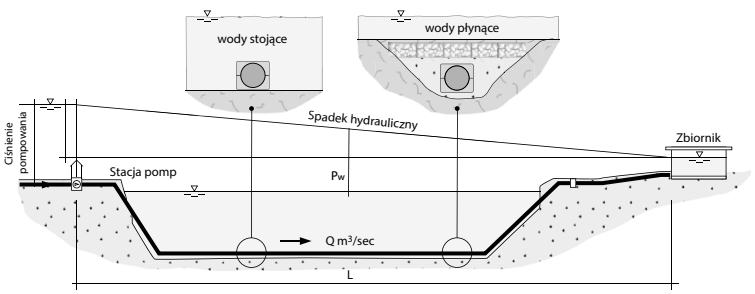
W przypadku rurociągów grawitacyjnych przepływ rurociągiem odbywa się na zasadzie różnicy poziomów zwierciadeł w zbiorniku, z którego prowadzimy ścieki oraz w zbiorniku docelowym. W przypadku, gdy nie ma możliwości pokonania oporów przepływu na zasadzie geometrycznej różnicy poziomów zwierciadeł cieczy należy zastosować układ pompowy. Przy niskich ciśnieniach pracy (do 1 bara) można w takich projektach rozważać systemy Weholite. Jeśli różnica ciśnień okaże się większa należy zastosować rurociągi WehoPipe. Pompy znajdujące się w stacji pomp wytwarzają ciśnienie pokonujące geometryczną różnicę wzniesień między pompami a zbiornikiem retencyjnym, oraz straty wynikające z oporów rurociągu.

Jeżeli poziom wody w zbiorniku końcowym nie jest ściśle określony, można, przy zadanym przepływie Q, wybrać różne rozwiązania hydrauliczne przy zmiennych parametrach dotyczących:

- poziomu na początku i na końcu układu
- średnicy rurociągu
- ciśnień panujących w rurociągu.

Wybierając optymalne rozwiązanie, musimy wziąć pod uwagę ilość zużytej energii, szczególnie, jeżeli ΔH musi być pokonane dzięki pracy pomp. Typowy schemat rurociągu grawitacyjnego ułożonego pod powierzchnią rzeki jest przedstawiony na rys. 14.2.a.

Rys. 14.2.a. Profil podłużny rurociągu zatopionego w dnie rzeki (układ syfonowy)





14. Montaż rurociągów podwodnych Weholite Marine

14.3. Wyloty morskie

Podwodne wyloty kanałów stanowią unikalne wyzwanie dla projektantów. Projektowanie takich obiektów wymaga kompleksowego podejścia i specjalnej wiedzy, nie tylko w zakresie obliczeń konstrukcyjnych i hydraulicznych, ale także dotyczących wpływu otaczającego środowiska.

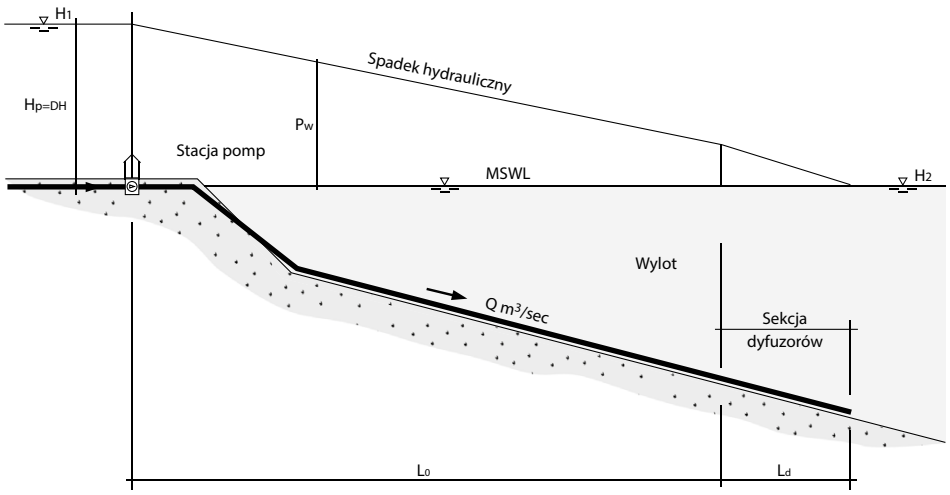
Rury z tworzyw termoplastycznych znalazły szerokie zastosowanie przy projektowaniu wylotów dzięki doskonałym własnościom, takim, jak:

- brak korozji;
- doskonałe parametry hydrauliczne
- łatwość montażu
- pływalność

Wyloty morskie służą do zrzucania oczyszczanych ścieków z oczyszczalni do morza. Wyloty morskie budowane są na całym świecie w większości miast i aglomeracji nadmorskich. Takie rozwiązanie pozwala utrzymać czyste plaże i zapobiega wtórnym skażeniom wód przybrzeżnych.
Przeważnie długość wylotu morskiego wynosi od 2 do 3 km.



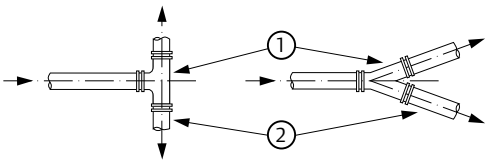
Rys. 14.3.a. Profil podłużny rurociągu zrzutowego



14. Montaż rurociągów podwodnych Weholite Marine

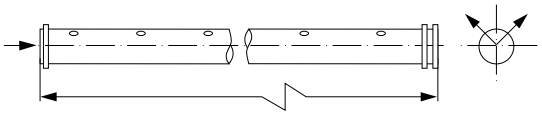
14.4. Systemy dyfuzorów

Sekcja dyfuzorów może być skonstruowana w różny sposób. Dyfuzory muszą równomiernie rozprowadzać ścieki w akwenach, biorąc uwagę prądy wodne, głębokość, mikrobiologię wód itp. Typowe rozwiązania przedstawiono poniżej.

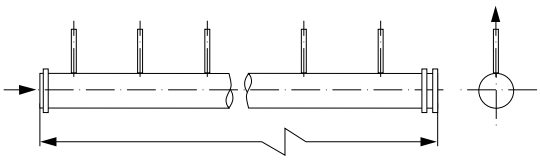


1. Trojnik 2. Ramię sekcji dyfuzorów

Rys. 14.4.a. Przykładowe rozwiązania sekcji dyfuzorowej



Długość sekcji dyfuzorów



Długość sekcji dyfuzorów

14.5. Metoda zatapiania rurociągu – montaż w dnie

Typowy przekrój rurociągu z tworzyw termoplastycznych podczas układania metod zatapiania.
Najważniejszymi parametrami technicznymi występującymi podczas stosowania tej metody są:

β_o = procentowe obciążenie przewodu;
P_i = ciśnienie powietrza wewnątrz przewodu;
F = siła niezbędna do transportu rurociągu;
D = średnica rurociągu;
PN = klasa rurociągu (ze względu na ciśnienie);
d = głębokość zatapiania;
T = temperatura.

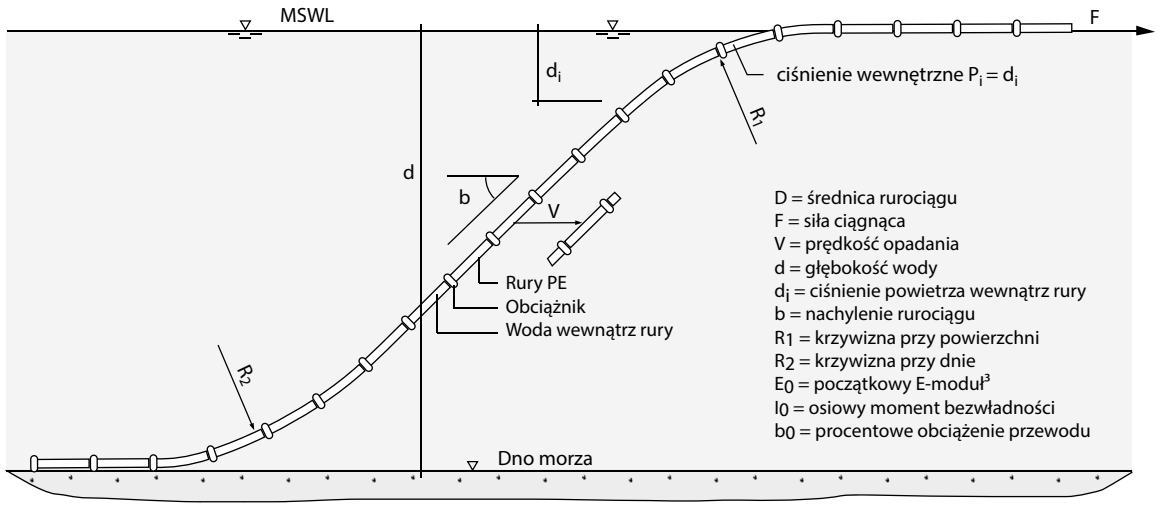
Parametry techniczne do obliczenia:

β = pochylenie rurociągu podczas zatapiania;
R_1 = krzywizna rurociągu przy powierzchni wody podczas zatapiania;
R_2 = krzywizna rurociągu przy dnie podczas zatapiania.

dla płytkich akwenów

Dla płytkich akwenów, tzn. gdy d < ok. 15 × Do, siła ciągnąca F może zbliżać się do zera.
Jeżeli d > 15 × Do (duża głębokość akwenu), siła ciągnąca musi spełniać warunki wyrażone nierównością:
$F \times d_2 > E_o \times l_a$

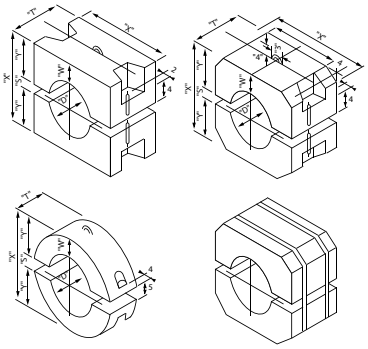
Rys. 14.5.a. Schemat zatapiania rurociągu



14. Montaż rurociągów podwodnych Weholite Marine

14.6. Typowe obciążniki są wykonane ze zbrojonego betonu.

Rys. 14.6.a. Kształt przykładowych obciążników betonowych

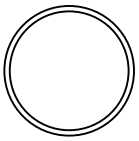




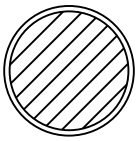
14.7. Wypór hydrostatyczny rur Weholite w wodzie.

Tablica 14.7.a. Wyporność rur Weholite w wodzie o róznym stopniu napełnienia wodą

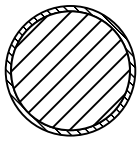
dn=di	de	Maksymalna wyporność		
mm	mm	kp/m	kp/m	kp/m
300	339	90	20	0
350	401	126	30	0
400	451	160	34	1
450	508	203	44	1
500	562	247	51	1
600	677	354	71	1
700	790	492	107	2
800	903	638	136	2
900	1016	811	175	3
1000	1128	997	211	3
1050	1179	1092	226	4
1200	1354	1435	304	4
1400	1588	1966	427	5
1500	1694	2224	457	7
1600	1830	2553	542	8
1800	2056	3199	654	10
2000	2282	3953	812	12



rura pusta, ścianki puste



rura pełna, ścianki puste



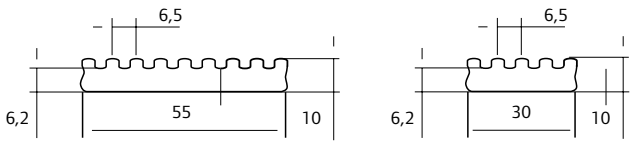
rura i ścianki wypełnione wodą

Ciężar właściwy betonu wynosi 2400 kg/m³. Rurociągi Weholite powinny być obciążone maksymalnie do 30% wartości wyporu hydrostatycznego występującego podczas zatapiania. Po umieszczeniu rurociągu na dnie, można zamontować dodatkowe obciążniki. Obciążniki wykonane są ze zbrojonego betonu.

Taśma elastyczna

Pomiędzy rurociągiem a betonowymi obciążnikami umieszcza się taśmy elastyczne. Zapobiegają one przesuwaniu się obciążników, a także wyrównują ewentualne niedokładności w wykonaniu obciążników.

Rys. 14.7.a. Profil poprzeczny taśmy elastycznej gumowej



15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

15.1. Informacje ogólne

Naprawę rurociągów grawitacyjnych rurami Uponor Infra można prowadzić w zakresie średnic od 90 do 3000mm. Tego typu renowacji poddawane są najczęściej rurociągi ŻELBETOWE, STALOWE lub ŻELIWNE. Celem renowacji jest przywrócenie parametrów technicznych (wzmocnienie konstrukcji, przepustowość), które uległy pogorszeniu z powodu korozji, uszkodzenia struktury przewodu lub rozszczelnienie połączeń.

Zniszczone rurociągi podziemne mogą powodować poważne problemy z nawierzchniami dróg a nawet zagrażać konstrukcjom budynków, infiltrując wody gruntowe wraz z otaczającym gruntem. W miejscu wypłukanego gruntu powstaje pustka będąca przyczyną częstych awarii nawierzchni drogowych włącznie z zapadnięciami. Naprawa rurociągów metodą relining jest jedną z najbardziej skutecznych metod przywrócenia pełnej funkcjonalności przewodów podziemnych, ponieważ wprowadzana rura nietylko uszczelnia stary kanał lecz także wzmacnia go konstrukcyjnie i zatrzymuje jego dalszą degradację.

Relining polega na wprowadzeniu do remontowanego przewodu połączonych ze sobą rur PE, które w ten sposób tworzą nowy, całkowicie szczelny przewód.

W ciągu ostatnich 10 lat problem usprawnienia rurociągów nabierał coraz większego znaczenia. Służące różnym potrzebom systemy rurociągów muszą przez cały okres użytkowania spełniać określone wymagania natury eksploatacyjnej (fizycznej, chemicznej, biologicznej i biochemicznej). Zależy to od wieku czynników, takich, jak: właściwe projektowanie, wykonawstwo, rodzaj użytych materiałów i okres eksploatacji. Utrzymanie rurociągów w ruchu wymaga też dobrze zorganizowanego zarządzania. Poza kontrolą stanu urządzeń i ich bieżącą konserwacją, może zajść potrzeba wykonania robót usprawniających. Usprawnienia przeprowadza się, kiedy zachodzi potrzeba polepszenia parametrów pracy przewodów. Może to oznaczać konieczność naprawy, odnowy lub wymiany starych rurociągów.Modernizacja sieci kanalizacyjnej, poprzez wprowadzanie nowego rurociągu z tworzyw sztucznych do wnętrza starego kanału, stała się podstawową techniką stosowaną przy tego typu pracach.

15.2. Wykorzystanie rur Uponor Infra do napraw rurociągów grawitacyjnych

Uponor Infra jest producentem materiałów wykorzystywanych przy różnych metodach naprawy niesprawnych sieci. Są to:

Zastosowanie	Nazwa systemu PE	
Rurociągi grawitacyjne, kanalizacja (kolektory sanitarne, deszczowe) Długość odcinków powyżej 70m- do kilkuset m Średnica wewnętrzna powyżej 350 mm	Weholite od 300 mm do 3000 mm	
Rurociągi grawitacyjne, kanalizacja (kolektory sanitarne, deszczowe) Długie odcinki powyżej 70 m- do kilkuset (nawet 1 km)	WehoPipe SDR26, SDR21 od 90 do 1800 mm	
Naprawa metodą „od studzienki do studzienki” Długości odcinków do ok. 70 m	VipLiner moduły od 90 do 630 mm Standardowa dł. modułów wynosi 50 na zamówienie.	
Naprawa studzienek kanalizacyjnych	Studzienki Weho	

Dane dotyczące średnic można znaleźć w Katalogu Produktów.

15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

15.3. Prace przygotowawcze

- Analiza przebiegu trasy rurociągu na podstawie projektu oraz profilu istniejącego rurociągu i wizji lokalnej
- Określenie lokalizacji oraz liczby wykopów montażowych. Wielkość wykopów montażowych będzie zależna od głębokości posadowienia rurociągu oraz wyboru rodzaju umocnienia wykopu: wykop szerokoprzestrzenny lub wąskoprzestrzenny.
- Ocena stanu technicznego odcinka rurociągu przeznaczonego do naprawy (czy nie ma przesunięć poprzecznych rur, zapadnięć, deformacji przekroju itp.)
- Oczyszczenie rurociągu z ewentualnych załamań konstrukcji, nawisów korozyjnych, nawisów pospawalniczych itd.
- Wybór rury PE o odpowiednich parametrach technicznych – średnica zewnętrzna, przepustowość
- Kalibracja starego przewodu w celu upewnienia się, czy wciągania rura PE ma odpowiedni rozmiar zewnętrzny
- Podział prac naprawczych na etapy: rurociąg należy podzielić na odcinki prostoliniowe. Zasadniczo punkty, w których następuje zmiana kierunku są punktami wprowadzenia nowej rury / budowy komory
- Wybór miejsc wprowadzenia rury uzależniona jest od warunków lokalnych, dróg dojazdowych itp.

15.4. Zakres robót montażowych

- Wkonanie wykopów punktowych dla wprowadzenia kamery CCTV wraz z wycięciem fragmentów istniejących rur
- Kamerowanie CCTV trasy rurociągu
- Wykonanie wykopów montażowych
- Odwodnienie wykopów (jeśli zaistnieje taka potrzeba)
- Czyszczenia mechaniczne czyszczakiem stalowym (w przypadku znacznych miejscowych narośli na ściankach rurociągu, które mogłyby uniemożliwić lub znacznie utrudnić wciąganie rurociągu PE).
- Kalibracja rurociągu
- Wykonanie głowicy rurociągu do wciągania rury PE
- Przeciąganie głowicy PE z odcinkiem rurociągu PE o długości kilku metrów
- Połączenie rur PE w odcinki odpowiadające długości rurociągu poddanego renowacji między kolejnymi wykopami montażowymi
- Montaż kształtek (studzienek, trójników i kolan)
- w wykopach oraz połączenie wciągniętych odcinków rur
- Zasypywanie wykopów
- Rekonstrukcja nawierzchni

15.5. Standardowy sprzęt potrzebny do wykonania reliningu

- W zależności od warunków gruntowych- płyta do posadowienia zgrzewarki
- Koparka przedsiębierna – pojemność łyżki 1,5 m^3
- Generator prądu
- Dźwig
- Wciągarka
- Kompresor
- Młoty pneumatyczne

Uwaga: Po wprowadzeniu rury PE do naprawianego przewodu zaleca się wypełnienie wolnej przestrzeni międzyrurowej masą iniekcyjną (np. mieszaniną popiołowo-cementową), której skład dobierany jest indywidualnie dla zadanych warunków projektowych.

15.6. Połączenia rur

Rury PE mogą być łączone na różne sposoby w zależności od sposobu naprawy oraz rodzaju systemu:

System	Rodzaj połączeń
Weholite - od 350 mm do 3000 mm	Spawanie ekstruzyjne (700 - 3000 mm) Połączenie na zatrzask (600 -1200 mm)
WehoPipe - od 90 do 1800 mm	Zgrzewanie doczołowe
VipLiner - moduły – od 90 do 630 mm	Połączenie na zatrzask

15.7. Głowice do wciągania rur

Głowica ma za zadanie umożliwienie połączenia wciąganego rurociągu z wciągarką za pomocą liny. Głowica musi być odpowiednio skonstruowana tak, aby wytrzymała naprężenia i siły tarcia występujące podczas procesu wprowadzania „rury w rurę". Głowica chroni czoło wciąganego rurociągu przed uszkodzeniami o stary zniszczony kanał.

Po wciągnięciu całego odcinka rury PE głowicę należy odciąć. Może ona być wykorzystana ponownie do wciągania następnego odcinka.





15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

15.8. Sposoby wykonywania renowacji

Łączenie rur na zewnątrz wykopu (komory montażowej)

Kryterium wyboru metody łączenia rur na zewnątrz wykopu:

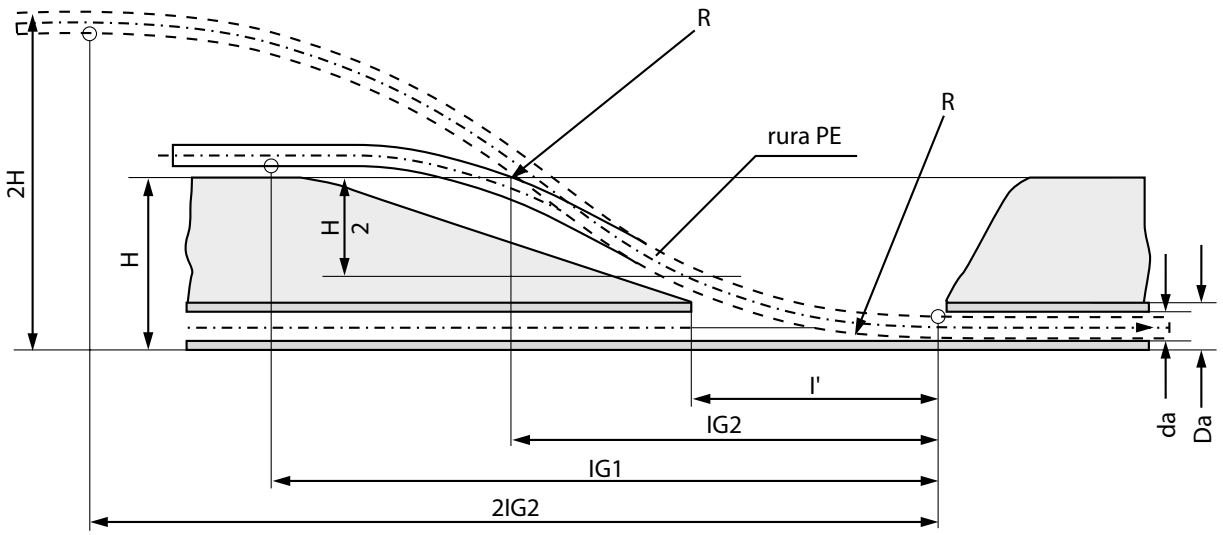
- Potrzeba naprawy długich odcinków kanalizacji - duża odległość pomiędzy studzienkami lub ich brak
- Dostępność miejsca (pasa gruntu o odpowiedniej długości) do łączenia rur na zewnątrz wykopu
- Brak możliwości całkowitego odwodnienia lub wyłączenia kolektora z eksploatacji
- Szybkość prowadzenia prac- uniezależnienie czasowe i funkcyjne procesu łączenia od reszty prac prz gotowawczo-remontowych

Technologia reliningu ta polega na wciągnięciu rury PE o średnicy zewnętrznej mniejszej od rzeczywistej średnicy wewnętrznej starego przewodu z uwzględnieniem przewężeń, deformacji i przesunięć.

System	Zalecana długość wprowadzanych odcinków
Weholite	Z jednego wykopu startowego można wykonać renowację w dwóch kierunkach. Zazwyczaj wprowadzany jest rurociąg o długości do 400 m.
WehoPipe	W zależności od stanu starego rurociągu i parametrów wprowadzanej rury (DN, SDR) możliwe jest wciąganie odcinków o długościach nawet powyżej 1000 m.

Po zakończeniu renowacji zaleca się wypełnienie wolnej przestrzeni międzyrurowej masą iniekcyjną. Dzięki temu cały układ jest dodatkowo ustabilizowany a likwidacja wolnych przestrzeni uniemożliwia ewentualny przepływ wody gruntowej w przestrzeni międzyrurowej, co mogłoby prowadzić do tworzenia wolnych przestrzeni wokół rurociągu.
Zazwyczaj miejsca wykonania komory montażowej wyznacza się w punktach zmiany kierunku trasy. Wykonuje się tam wykop startowy o długości uzależnionej od głębokości posadowienia rurociągu i dopuszczalnego promienia gięcia rury. Z jednego wykopu startowego może odbywać się wprowadzanie połączonego rurociągu w dwóch kierunkach.
W przypadku wciągania rur długimi odcinkami zgrzewanymi na powierzchni terenu konieczne jest zachowanie wymiarów wykopów lub komór startowych pozwalających zachować dopuszczalny promień gięcia rurociągu.

Rys. 15.8.a. Schemat profilu wykopu startowego wprowadzania długiego odcinka rur PE do starego przewodu



Minimalny promień gięcia R dla rur PE. Dla rur Weholite dobierany indywidulanie.

R= 30 DN	Krótkookresowy (na czas montażu)
R= 50 DN	Długookresowy (wygięcie dłuższe niż 12h)

15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

Obliczanie siły ciągu dla rurociągów PE

Maksymalna siła, z jaką można rurociąg PE ciągnąć bez ryzyka uszkodzenia go, jest obliczana na podstawie naprężenia projektowanego tzw σ_d. (patrz rozdział Ciśnienie Nominalne)

Dla C= 1,25 (wg ISO 12 126)	MRS 10,0 [MPa]	MRS 8,0 [MPa]
σ_d	8,0	6,3

/podane wartości dotyczą temp. 20st. C/

Dopuszczalna siła ciągu:	Fmax = σd A	gdzie: A – powierzchnia przekroju ścianki rury. Uwaga: w przypadku rur Weholite ścianka ma budowę strukturalną patrz p. 3.2.
Przy określaniu sił potrzebnych do wciągania rury należy uwzględnić masę rury oraz współczynnik tarcia rur o podłoże.	F = q L (μ cos φ +/- sin φ)	gdzie: q – jednostkowa waga rury [N/m] L – długość wciąganego odcinka μ – wsp. tarcia (max.0,8) φ – kąt spadku rurociągu

Wymiary wykopu startowego

Wymiary wykopu startowego są funkcją głębokości posadowienia rurociągu i jego promienia gięcia:	$LG1 = \sqrt{H (4 R - H)}$	gdzie: H – głębokość posadowienia rurociągu R – promień gięcia
W przypadku możliwości podniesienia wprowadzanej rury na wys. H powyżej rzędnej terenu długość wykopu startowego może ulec zredukowaniu do wartości:	$LG2 = \sqrt{H (2 R - H)}$	gdzie: H – głębokość posadowienia rurociągu R – promień gięcia
Długość otwartego kanału:	$L' = \sqrt{Dn(2R-Dn)}$	gdzie: Dn – średnica nominalna rury R – promień gięcia
Kąt spadku wykopu startowego można określić z zależności:	tg φ = (H – Dn)/(LG – L')	gdzie: H – głębokość posadowienia rurociągu R – promień gięcia

Łączenie rur wewnątrz wykopu (w komorze montażowej)

Po wykonaniu inspekcji, czyszczenia i kalibracji starego kolektora należy określić miejsca, z których będzie wprowadzany nowy rurociąg. Jeżeli nie ma możliwości wykonania wykopów startowych o długościach wynikających z głębokości posadowienia rurociągu i dopuszczalnego promienia gięcia rury, to przeprowadza się relining krótki z wykorzystaniem istniejących studzienek lub komór poprzez wprowadzanie krótkich modułów Weholite, WehoPipe lub VipLiner.

Metoda ta polega na wprowadzaniu do naprawianego kanału krótkich modułów, łączonych bezpośrednio w komorze startowej. W zależności wybranego system Weholite, WehoPipe lub VipLiner stosuje się odpowiednie metody połączeń.

Długość wprowadzanych modułów uzależniona jest od wymiarów komory startowej i może być ustalana dowolnie.

Po wprowadzeniu do kanału wszystkich modułów przestrzeń pomiędzy starą rurą a rurą PE wypełnia się tzw masą iniekcyjną, która wypełnia wszystkie szczeliny, penetrując puste przestrzenie i stabilizując cały układ.

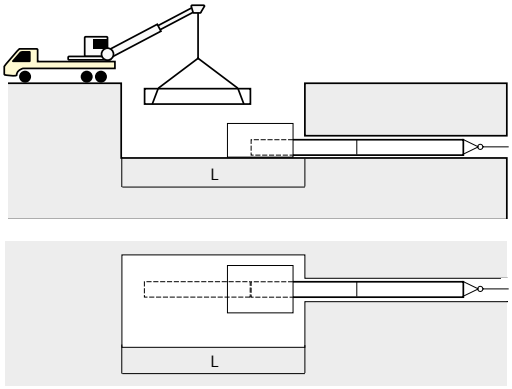
W przypadku łączenia rur wewnątrz komory należy pamiętać o:

- Prawidłowym zabezpieczeniu ścian wykopu
- Prawidłowym posadowieniu zgrzewarki (płyta fundamentowa)
- Zapewnieniu minimalnych operacyjnych wymiarów komory (wymiary zgrzewanych odcinków rur- standardowo 12,5 m, oraz wymiary maszyny i ciągi komunikacyjne dla spawaczy)
- Zadaszeniu zgrzewarki przed trudnymi warunkami atmosferycznymi zarówno na czas zgrzewania jak i czas postoju
- Stałym odwodnieniu wykopu



15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

Rys. 15.8.b. Schemat montażu rur w wykopie lub komorze montażowej przedstawiono na poniższym schemacie:





Parametry wykonania prac typu: siła ciągu, typ sprzętu analogicznie jak w przypadku łączenia rur na zewnątrz wykopu.

15.9. Naprawa „od studzienki do studzienki”- System VipLiner

Metoda ta polega na wprowadzaniu z komory startowej do naprawianego kanału krótkich modułów, łączonych na specjalne złącza zatrzaskowe z uszczelką.
Dzięki specjalnej konstrukcji złącza osiąga się dużą wytrzymałość mechaniczną i 100% szczelność.

Metoda naprawy kanalizacji metodą VipLiner nie wymaga stosowania jakichkolwiek wykopów. Wdrożenie tej technologii daje natychmiastowe pozytywne rezultaty. Możliwe jest przeprowadzenie prac bez zakłócania ruchu drogowego. Kanalizacja może być eksploatowana podczas trwania robót. Krótkie moduły VipLiner dostępne są w wymiarach od 90 do 630 mm.

Długość użytkowa modułów wynosi 0,5 m, a długość konstrukcyjna zależna od rozmiaru modułu podyktowana jest średnicą komory studzienki. Standardowa długość modułu umożliwia ich wprowadzanie nawet ze studzienek o średnicy 800 mm. W przypadku wykorzystania komór o większych średnicach istnieje możliwość zastosowania dłuższych modułów.
Przy dłuższych odcinkach poddawanych renowacji montaż ułatwia zastosowanie urządzeń hydraulicznych popychających moduły jeden za drugim.
Po wprowadzeniu do kanału wszystkich modułów przestrzeń pomiędzy starą rurą a VipLinerem wypełnia się masą injekcyjną, która wypełnia wszystkie szczeliny, penetrując puste przestrzenie i stabilizując cały układ.





15. Renowacje rurociągów grawitacyjnych

Cechy wyróżniające system Vipliner to:

- możliwość pracy na czynnym kanale,
- szybki i prosty montaż,
- bardzo niskie koszty renowacji.
- Efekty naprawy systemem VipLiner:
- uszczalnienie starego przewodu,
- wzmocnienie konstrukcyjne kanału,
- zmniejszenie oporów przepływu,
- wydłużenie żywotności naprawionego odcinka.



15.10. Renowacja studzienek kanalizacyjnych.

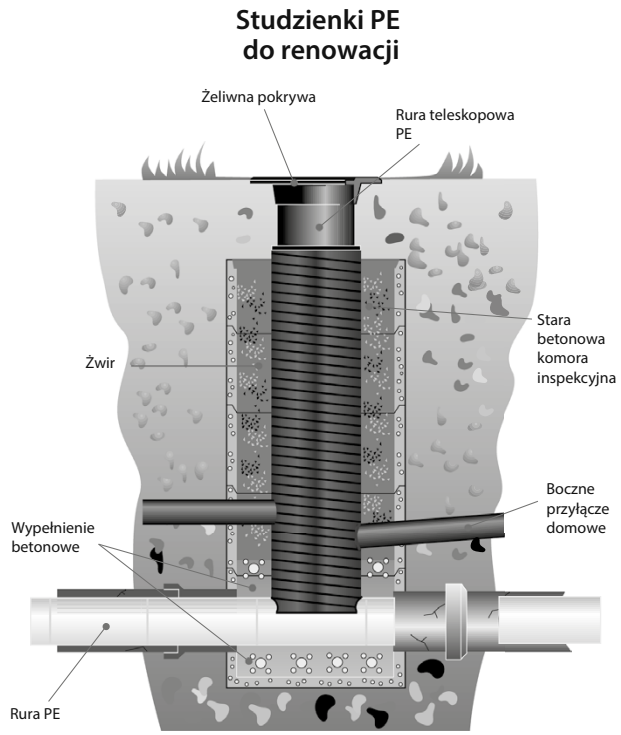
Analiza stanu technicznego kolektora przeznaczonego do renowacji powinna również obejmować występujące na jego trasie studzienki. Ich zły stan techniczny może być przyczyną takich samych zagrożeń jak nieszczelny kolektor. Nawet jeżeli w studzienkach nie stwierdzono infiltracji wód gruntowych przed renowacją, to po doszczelnieniu kolektora może dojść do podniesienia poziomu wód i mogą pojawić się przecieki.
Dlatego w terenach o wysokim poziomie wód gruntowych warto oprócz renowacji kolektora wykonać również renowację studzienek.

Renowacja studzienek kanalizacyjnych polega na:

- wmontowaniu w starą studzienkę betonową nowej studzienki Weho
- całkowitym zastąpieniu starych studzienek poprzez nową studzienkę Weho

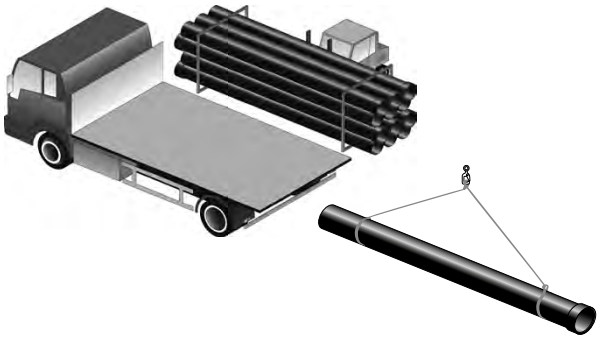
W zależności od średnicy kolektora i wymiarów istniejących studzienek można przeprowadzić ich renowacje w oparciu o produkowany zakres średnic rur PE.
Połączenie komina studzienki z nowowprowadzonym kolektorem PE następuje poprzez wykonanie spawu ekstruzyjnego

Komora studzienna ø1000 została zastąpiona nową studzienką Weho

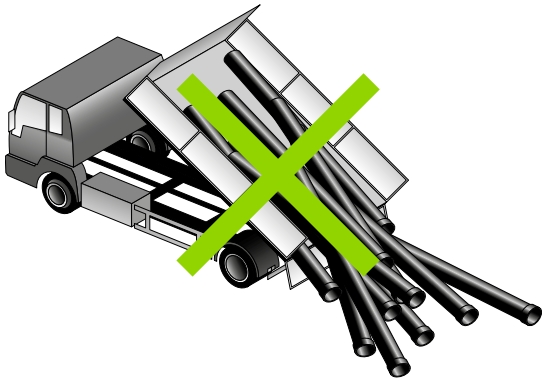


16. Transport i składowanie rur PE i PP

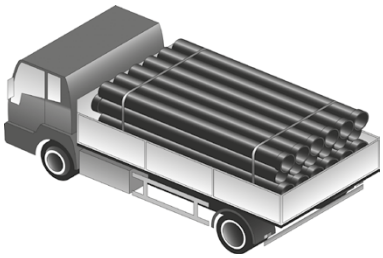
16.1. Transport



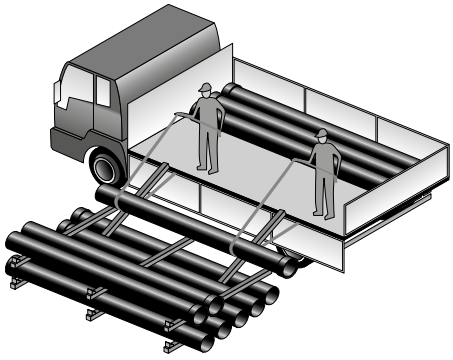
Załadunek i rozładunek rur w paletach należy wykonywać przy użyciu wózków widłowych o gładkich widłach. Palety powinny być nieuszkodzone i na tyle mocne, aby podczas podnoszenia nie stwarzały zagrożenia dla pracowników.
Rury ładowane pojedynczo muszą być przenoszone przy użyciu miękkich zawiesi- typu pasy poliestrowe o odpowiedniej wytrzymałości. Pręty, haki, łańcuchy metalowe mogą doprowadzić do uszkodzenia w przypadku nieodpowiedniego obchodzenia się z rurą.



Do celów transportowych powinny być stosowane ciężarówki o płaskiej platformie lub specjalne pojazdy do transportu rur. Na platformie nie powinny znajdować się żadne gwoździe bądź inne wystające elementy. Wszelkie burty boczne powinny być płaskie i pozbawione ostrych krawędzi. Rury o największej średnicy powinny być ułożone na spodzie stosu transportowego bezpośrednio na platformie ciężarówki. Układane pojedynczo rury powinny być przekładane listwami drewnianymi tak, aby można było przeciągnąć pomiędzy nimi zawiesia do ich rozładunku. W przypadku załadunku rur kielichowych, należy tak ułożyć stos rur, aby nie następował bezpośredni kontakt między kielichami poszczególnych rur. Rury należy mocno związać, aby uniknąć przesuwania podczas transportu. Rury nie powinny być przewieszone poza platformę pojazdu na długość nie większą niż pięciokrotność ich nominalnej średnicy i nie więcej niż 2 m (mniejsza wartość miarodajna).



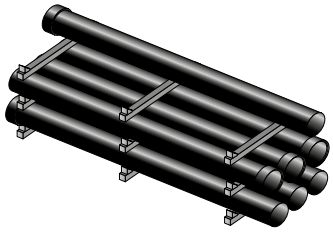
Rur nie wolno zrzucać na miejsce składowania w sposób niekontrolowany. Rury powinny być przenoszone na skład. Zrzucanie rur może powodować ich mechaniczne uszkodzenia. Wytrzymałość na uderzenia rur plastikowych maleje wraz ze spadkiem temperatury otoczenia, co wiąże się z koniecznością zachowania szczególnej ostrożności podczas rozładunku w niskich temperaturach.

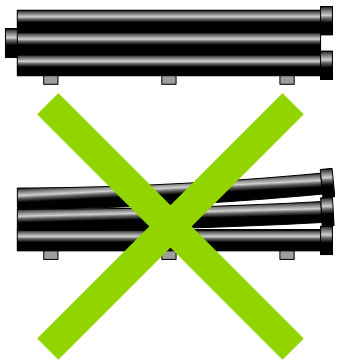


Do rozładunku ręcznego można wykorzystać zawiesia poliestrowe. Rury rozładowywane ręcznie nie mogą swoim ciężarem powodować zagrożenia dla pracowników. W przypadku rur ciężkich do rozładunku należy stosować dźwig i odpowiednie zawiesia. Podczas rozładunku nie wolno dopuścić, aby ktokolwiek znajdował się pod rurą lub na drodze jej przenoszenia.

16. Transport i składowanie rur PE i PP

16.2. Składowanie

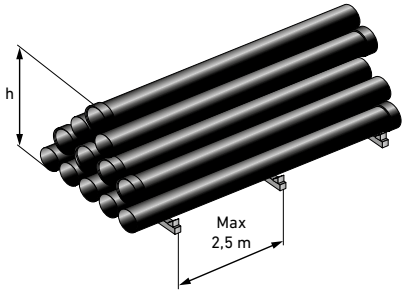




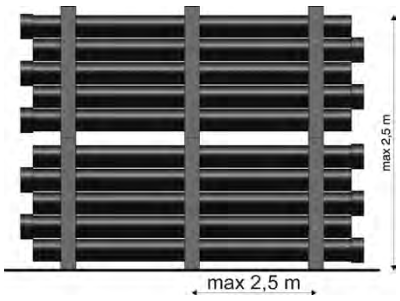
Skład rur powinien być dostępny dla pracowników np. kontroli jakości. Skład powinien być również dostępny dla celów łatwego dalszego transportu. Nie wolno składować rur w pobliżu ognia, źródeł ciepła lub niebezpiecznych substancji typu: paliwa, rozpuszczalniki, oleje, lakiery itd.

Rury powinny być składowane w taki sposób jak podczas transportu, z przekładkami drewnianymi. Przekładki drewniane powinny być płaskie i odpowiednio szerokie, aby nie powodowały deformacji rury. Rury o największych średnicach należy składować najniżej. W przypadku rur kielichowych, kielichy należy układać tak, aby nie ulegały deformacji (ułożenie na przemian).

Czarne rury PE są odporne na działanie promieni UV. Mogą być one składowane na placu bez zadaszenia.



Rury nie powinny być składowane bezpośrednio na podłożu. W tym celu należy zastosować podkładki analogicznie jak te stosowane pomiędzy rurami. Odstępy pomiędzy podkładkami nie powinny przekraczać 2,5m. Podłoże składu powinno być płaskie i pozbawione ostrych przedmiotów. Wysokość składowanych rur nie powinna przekraczać 3-4 m.



Tablica 16.1.a. Wysokość składowania rur

Rodzaj Systemu	Maksymalna orientacyjna wysokość składowania h [m]
Weholite	3,0 - 4,0 m
WehoTripla	Dwie palety

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

	PE - PE100	1 - odporne,
	PP - polipropylen	2 - częściowo odporne
Oznaczenia:	s.s. - roztwór nasycony	3 - nieodporne,

Zamieszczone niżej dane pochodzą z dokumentacji ISO TR 10358.

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Aceton	CH3-CO-CH3	100	20	2	1
			60	2	1
Aldehyd benzoesowy	C6H5CHO	100	20	1	
			60	2	
Aldehyd octowy	CH3CHO	100	20	1	
			60	2	
Alkohol allilowy	CH2=CH-CH2OH	96	20	1	
			60	1	
Alkohol amylowy	C5H11OH	100	20	1	1
			60	2	1
Alkohol furfurylowy	CHC CH2OH	100	20	1	
			60	2	
Ałun	Al2(SO4)3K2SO4 -4H2O	<10	20	1	1
			60	1	
Amoniak (roztw.)	NH3	<10	20	1	1
			60	1	
Amoniak (gaz)	NH3	100	20	1	1
			60	1	
Amoniak (ciekły)	NH3	100	20	1	
			60	1	
Anilina	C6H5-NH2	100	20	1	1
			60	2	1
Azotan amonu	NH4NO3	s.s.	20	1	1
			60	1	1
Azotan magnezu	Mg(NO3)2		20	1	
			60	1	
Azotan miedzi	Cu(NO3)2		20	1	1
			60	1	1
Azotan niklu	Ni(NO3)2		20	1	1
			60	1	1
Azotan potasu	KNO3		20	1	1
			60	1	1
Azotan rtęci	Hg(NO3)2	>10	20	1	1
			60	1	1
Azotan sodu	NaNO3		20	1	1
			60	1	1
Azotan srebra	AgNO3		20	1	1
			60	1	1
Azotan wapnia	Ca(NO3)2		20	1	1
			60	1	1
Azotan żelaza	Fe(NO3)3	>10	20	1	
			60	1	
Azotyn sodu	NaNO2		20	1	
			60	1	

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Benzen	C6H6	100	20	2	2
			60	3	3
Benzyna			20	1	3
			60	2	3
Benzoesan sodu	C6H5COONa		20	1	1
			60	1	
Bezwodnik octowy	CH3CO-O-COCH3	100	20	1	1
			60	2	
Boraks	Na2B4O7		20	1	1
			60	1	1
Brom (gaz)	Br2	100	20	3	3
			60	3	3
Brom (ciecz)	Br2	100	20	3	3
			60	3	3
Bromek potasu	KBr		20	1	1
			60	1	1
Bromek sodu	NaBr		20	1	
			60	1	
Bromian potasu	KBrO3		20	1	1
			60	1	1
Butan	C4H10	100	20	1	1
			60	1	
Butanol	C4H9OH	100	20	1	1
			60	1	2
Chlor (roztwór)	Cl2		20	2	1
			60	3	2
Chlor (gaz)	Cl2	100	20	2	3
			60	3	3
Chloran potasu	KClO3		20	1	1
			60	1	1
Chloran wapnia	Ca(ClO3)10		20	1	
			60	1	
Chloran sodu	NaClO3		20	1	1
			60	1	
Chlorek amonu	NH4Cl	s.s.	20	1	1
			60	1	
Chlorek baru	BaCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek cynku	ZnCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek cyny	SnCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek glinu	AlCl3	s.s.	20	1	
			60	1	
Chlorek magnezu	MgCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek miedzi	CuCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek niklu	NiCl2		20	1	1
			60	1	
Chlorek rtęci	HgCl2		20	1	1
			60	1	1
Chlorek potasu	KCl		20	1	1
			60	1	
Chlorek sodu	NaCl		20	1	1
			60	1	1
Chrorek tionylu	SOCl2	100	20	3	
			60	3	
Chlorek wapnia	CaCl2		20	1	
			60	1	
Chlorek żelaza	FeCl3		20	1	
			60	1	
Chloroform	ClcCH	100	20	3	2
			60	3	3
Chlorometan	CH3Cl	100	20	2	
			60		
Chromian potasu	K2CrO4		20	1	1
			60	1	1
Chromianka	CrO3H2O	>10	20	1	1
			60	2	1
Cyjanek potasu	KCN	>10	20	1	1
			60	1	

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Cyjanek rtęci	Hg(CN)2		20	1	1
			60	1	1
Cyjanek sodu	NaCN		20	1	
			60	1	
Cyjanek srebra	AgCN		20	1	
			60	1	
Cyjanowodór	HCN	10	20	1	
Cykloheksanol	C6H11OH	100	20	1	1
			60	2	3
Cykloheksanon	C6H10O	100	20	2	2
			60	2	3
Dekalina	C10H18	100	20	1	3
			60	2	3
Dekstryna	(C6H10O5)n	>10	20	1	1
			60	1	1
Drożdże		>10	20	1	
			60	1	
Dwuchromian potasu	K2CrO4		20	1	
			60	1	
Dwuoksolan	C4H3O2	100	20	1	2
			60	1	2
Dwusiarczek węgla	CS2	100	20	2	1
			60	3	3
Dwutlenek chloru	ClO2	100	20	1	1
			60	1	1
Dwutlenek siarki	SO2	100	20	1	1
			60	1	
Etanol	C2H5OH	40	20	1	1
			60	2	1
Eter dietylowy	C2H5-O-C2H5	100	20	2	1
			60	3	2
Fenol	C6H5OH	>10	20	2	1
			60	2	
Fluor	F2	100	20	3	
			60	3	
Fluorek amonu	NH4F	>10	20	1	1
			60	1	
Fluorek glinu	AlF3	s.s.	20	1	
			60	1	
Fluorek potasu	KF		20	1	1
			60	1	1
Fluorek sodu	NaF		20	1	
			60	1	
Formaldehyd	HCHO	40	20	1	1
			60	1	
Ftalan oktylu	C6H4(COOC8H17)2	100	20	1	2
			60	2	2
Glicerol	CHOH CH2OH	100	20	1	1
			60	1	1
Glikol etylenowy	OHCH2CH2OH	100	20	1	1
			60	1	
Glukoza	C6H12O6 CH2OH		20	1	1
			60	1	1
Heptan	C7H16	100	20	1	3
			60	3	3
Hydrohinon	C6H4(OH)2		20	1	
			60	1	
Ksylen	C6H4(CH3)2	100	20	2	2
Kwas adypinowy	COOH(CH2)4COOH	s.s.	20	1	
			60	1	
Kwas arsenowy	H3AsO4		20	1	
			60	1	
Kwas azotowy	HNO3	25	20	1	1
			60	1	
Kwas azotowy	HNO3	50	20	2	2
			60	3	3
Kwas azotowy	HNO3	75	20	3	3
			60	3	3

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Kwas azotowy	HNO3	100	20	3	3
			60	3	3
Kwas benzoesowy	C6H5COOH		20	1	1
			60	1	
Kwas bromowodorowy	HBr	10	20	1	1
			60	1	2
Kwas borowy	H3BO3		20	1	1
			60	1	
Kwas chlorooctowy	ClCH2-COOH	>10	20	1	1
			60	1	
Kwas cytrynowy	HOO CH2-C(H) (COOH)-CH2COOH		20	1	1
			60	1	1
Kwas fluorowodorowy	HF	4	20	1	1
			60	1	
Kwas fluorowodorowy	HF	60	20	1	2
			60	2	
Kwas glukonowy	OHCH2COOH	>10	20	1	1
			60	1	
Kwas maleinowy	HOOCCH=CHCOOH		20	1	1
			60	1	1
Kwas masłowy	C3H7COOH	100	20	1	
Kwas mlekowy	$CH_3CH(OH)COOH$	100	20	1	1
			60	1	1
Kwas mrówkowy	HCOOH	50	20	1	1
			60	1	1
Kwas mrówkowy	HCOOH CH CH	98-100	20	1	1
			60	1	3
Kwas nikotynowy		<=10	20	1	
			60		
Kwas octowy	CH_3COOH	10	20	1	1
			60	1	1
Kwas octowy	CH_3COOH	96	20	1	1
			60	2	2
Kwas oleinowy	$C_8H_{17}CH=CH-(CH_2)_7COOH$	100	20	1	2
			60	2	3
Kwas ortofosforowy	H_3PO_4	50	20	1	
			60	1	
Kwas pikrynowy	$(NO_2)_3C_6$		20	1	1
			60		
Kwas propionowy	CH_3CH_2COOH	50	20	1	1
			60	1	
Kwas propionowy	CH_3CH_2COOH	100	20	1	1
			60	2	
Kwas salicylowy	$C_6H_4OHCOOH$		20	1	
			60	1	
Kwas siarkawy	H_2SO_3	30	20	1	1
			60	1	
Kwas siarkowy	H_2SO_4	10	20	1	1
			60	1	1
Kwas siarkowy	H_2SO_4	50	20	1	1
			60	1	1
Kwas siarkowy	H_2SO_4	98	20	1	2
			60	3	3
Kwas siarkowy dymiący	H_2SO_4	fuming	20	3	
			60	3	
Kwas solny	HCl	10	20	1	1
			60	1	1
Kwas solny	HCl	Concentr.	20	1	1
			60	1	2
Kwas szczawiowy	$(COOH)_2$		20	1	1
			60	1	2
Kwas tolilowy	C_6H_3COOH		20	2	
			60		
Kwas winowy	$COOH(CHOH)_2COOH$	>10	20	1	1
			60	1	1
Melasa		using. conc.	20	1	
			60	1	
Metanol	CH_3OH	100	20	1	1
			60	1	2
Mleko	(Krowie i owcze)	100	20	1	1
			60	1	1

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Mocz			60	1	
Mocznik	$(NH_2)_2CH$	>10	20	1	1
			60	1	
Nadchloran potasu	$KClO_4$		20	1	1
			60	1	1
Nadmanganian potasowy	$KMnO_4$	20	20	1	1
			60	1	
Nadsiarczan potasu	$K_2S_2O_8$	20	20	1	1
			60	1	
Ocet winny	see vinegar		20	1	1
			60	1	1
Octan amylu	$CH_3COO(CH_2)_4CH_3$	100	20	2	2
			60	3	
Octan etylu	$CH_3COOC_2H_5$	100	20	1	2
			60	3	3
Octan srebra	CH3COOAg		20	1	1
			60	1	1
Oleje i smary			20	1	
			60	2	
Oleje mineralne			20	1	
			60	2	
Ortofosforan sodu	Na3PO4		20	1	
			60	1	
Ortofosforan potasu	K3PO4		20	1	
			60	1	
Ozon	O3	100	20	2	
			60	3	
Perhydrol	H2O2	30	20	1	1
			60	1	2
Perhydrol	H2O2	90	20	1	
			60	3	
Pirydyna	C5H5N	100	20	1	2
			60	2	
Piwo			20	1	
			60	1	
Podchloryn potasu	KClO	>10	20	1	
			60	2	
Podchloryn sodu	NaClO	5	20	1	1
			60	1	1
Podchloryn wapnia	Ca(ClO)2 4H2O	<10	20	1	
			60	1	
Rtęć	Hg	100	20	1	1
			60	1	1
Siarczan amonu	(NH4)2SO4	s.s.	20	1	1
			60	1	1
Siarczan baru	BaSO4		20	1	1
			60	1	
Siarczan cynku	ZnSO4		20	1	1
			60	1	1
Siarczan glinu	Al2SO4	s.s.	20	1	
			60	1	
Siarczan miedzi	CuSO4		20	1	1
			60	1	1
Siarczan niklu	NiSO4		20	1	1
			60	1	1
Siarczan potasu	K2SO4		20	1	1
			60	1	
Siarczan sodu	Na2SO4		20	1	1
			60	1	1
Siarczan wapnia	CaSO4		20	1	
			60	1	
Siarczan żelaza	Fe2(SO4)3		20	1	
			60	1	
Siarczek amonu	(NH4)2S	>10	20	1	
			60	1	
Siarczek baru	BaS	>10	20	1	
			60	1	
Siarczek potasu	K2S	>10	20	1	
			60	1	

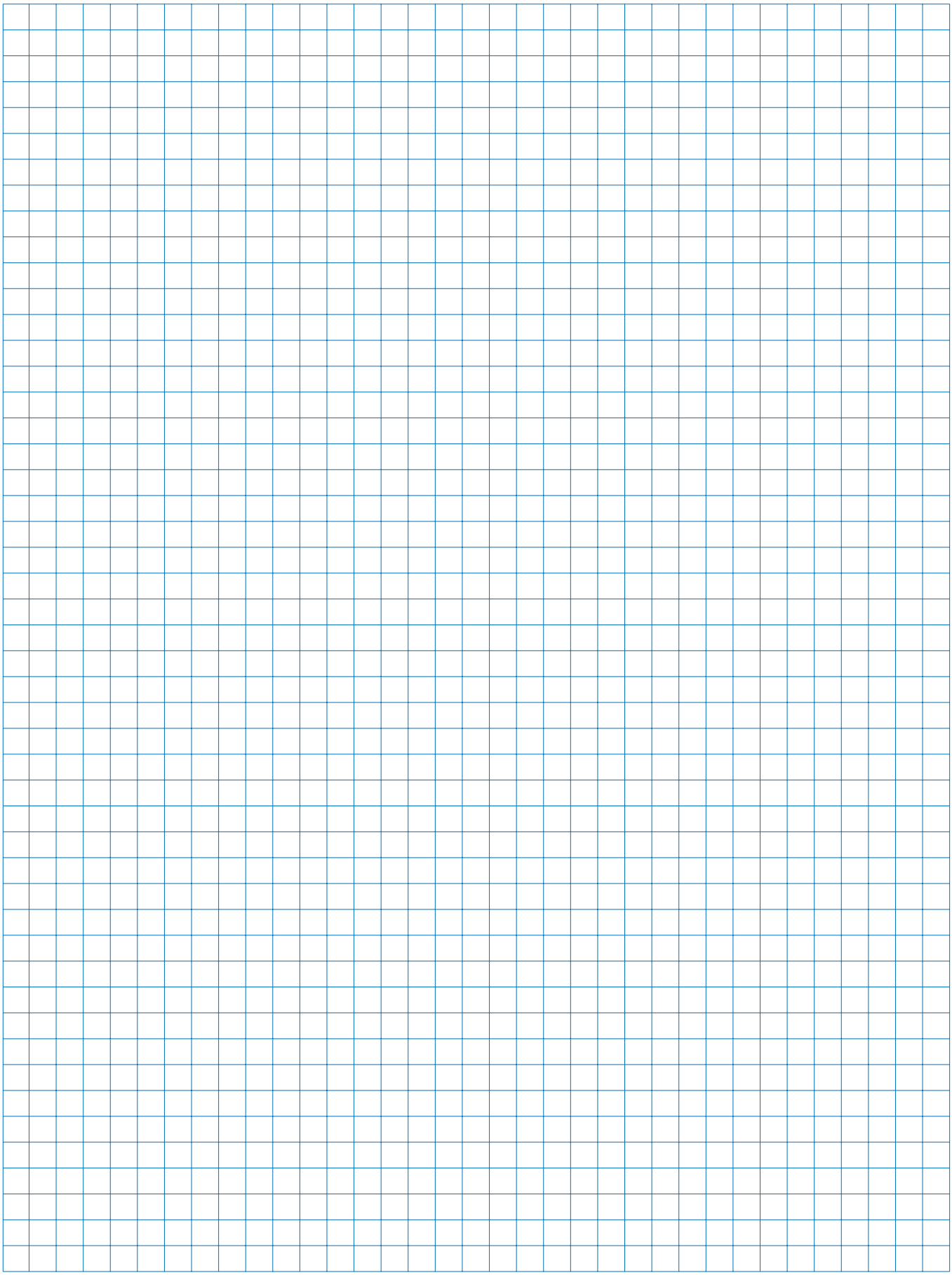
17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Siarczek wapnia	CaS	<10	20	2	
			60	2	
Siarczyn sodu	Na2SO3		20	1	1
			60	1	
Siarkowodór (gaz)	H2S	100	20	1	1
			60	1	
Tanina	C14H10O9	>10	20	1	
Tetrachlorek węgla	CCl4	100	20	2	3
			60	3	3
Tlen	O2	100	20	1	1
			60	2	
Tlenek cynku	ZnO		20	1	
			60	1	
Tlenek węgla	CO	100	20	1	
			60	1	
Toluen	C6H5-CH3	100	20	2	2
			60	3	3
Trójchlorek antymonu	SbCl3	90	20	1	
			60	1	
Trójchlorek fosforu	PCl3	100	20	1	
			60	2	
Trójchloroetylen	Cl2C=CHCl	100	20	3	
			60	3	
Trójetanoloamina	N(CH2CH2OH)3	>10	20	1	1
			60	2	
Trójtlenek siarki	SO3	100	20	3	
			60	3	
Węglan baru	BaCO3		20	1	1
			60	1	1
Węglan cynku	ZnCO3		20	1	
			60	1	
Węglan magnezu	MgCO3		20	1	1
			60	1	1
Węglan potasu	K2CO3		20	1	1
			60	1	
Węglan sodu	Na2CO3		20	1	1
			60	1	1
Węglan wapnia	CaCO3		20	1	1
			60	1	1
Wina i alkohole (stężenia handlowe)			20	1	1
			60	1	1
Woda	H2O		20	1	1
			60	1	1
Woda królewska	HCl + HNO3	3/1	20	3	3
			60	3	3
Wodór	H2	100	20	1	1
			60	1	
Wodorofosforan sodowy	Na2HPO4		20	1	
			60	1	
Wodorosiarczan potasowy	KHSO4		20	1	
			60	1	
Wodorosiarczyn potasowy	KHSO3	>10	20	1	
			60	1	
Wodorosiarczyn sodowy	NaHSO3	>10	20	1	1
			60	1	
Wodorotlenek baru	Ba(OH)3		20	1	1
			60	1	1
Wodorotlenek magnezu	Mg(OH)2		20	1	
			60	1	
Wodorowęglan potasu	KHCO3		20	1	
			60	1	
Wodorotlenek sodowy	NaOH	>10	20	1	1
			60	1	1
Wodorotlenek sodowy	NaOH	40	20	1	1
			60	1	1
Wodorotlenek potasowy	KOH	10	20	1	1
			60	2	
Wodorotlenek potasowy	KOH	>10	20	1	
			60	1	

17. Tablice odporności chemicznej PE i PP

Związek:	Wzór:	Zaw. (%)	Temp. (°C)	PE	PP
Wodorotlenek wapnia	Ca(OH)2		20	1	1
			60	1	1
Wodorowęglan sodowy	NaHCO3		20	1	1
			60	1	1
Wywoływacz fot.		norm.	20	1	
		conc.	60	1	
Żelazicyjanek potasu	K3Fe(CN)6		20	1	
			60	1	
Żelazocyjanek potasu	K2Fe(CN)6		20	1	
			60	1	
Żelazicyjanek sodu	N3Fe(CN)6		20	1	
			60	1	
Żelazocyjanek sodu	N4Fe(CN)6		20	1	
			60	1	

NOTATKI



Excellence in Flow

Aby skontaktować się z lokalnym specjalistą, odwiedź naszą stronę internetową:
www.uponor.com

Zawarte w niniejszym dokumencie informacje i dane techniczne (razem „Dane") są wiążące, jedynie gdy zostanie to wyraźnie potwierdzone na piśmie.
Dane nie stanowią żadnych wyraźnych, domniemanych ani zapewnianych cech, ani też gwarantowanych właściwości czy trwałości.
Wszystkie Dane podlegają modyfikacjom. Obowiązują Ogólne warunki sprzedaży Uponor Infra.

+GF+