

INSTRUKCJA PROJEKTOWANIA I BUDOWY

ZEWNĘTRZNYCH INSTALACJI
KANALIZACYJNYCH K2-KAN
Z POLIPROPYLENU (PP)



ekologiczne rozwiązania

ISO 9001



**Przedsiębiorstwo Barbara KACZMAREK
Spółka jawna**

**INSTRUKCJA
projektowania i budowy
zewnętrznych instalacji kanalizacyjnych K2-Kan
z polipropylenu (PP)**

Malewo 2007

I. Wprowadzenie – Informacje handlowe

Postępujący szybki postęp techniki polegający na doskonaleniu konstrukcji przewodów kanalizacyjnych układanych w ziemi spowodował konieczność wprowadzenia nowych rozwiązań materiałowych w tej dziedzinie. Po uruchomieniu produkcji „klasycznych” gładkościennych rur z nieplastyfikowanego poli (chlorku winylu) (PVC-U) o ściankach litych oraz rur strukturalnych wewnątrz spienionych z tego tworzywa nasze przedsiębiorstwo, w trosce o rynek i oczekiwania naszych klientów, podjęło produkcję rur o ściankach podwójnych zaliczanych do rur strukturalnych z polipropylenu (PP). Braliśmy przy tym pod uwagę tendencje światowe, które dominują obecnie w Europie.. Rury te nazwane przez nas K-2 mają konstrukcję, w której ścianka zewnętrzna jest pofalowana, a ścianka wewnętrzna gładka. Obie ścianki powstają jednocześnie w procesie wytłaczania ślimakowego i po uformowaniu są wzajemnie połączone „na gorąco” tworząc jednolitą konstrukcję. Do produkcji takich rur i kształtek (wykonywanych przez wtryskiwanie) stosowany jest nowej generacji polipropylen – kopolimer blokowy zaliczany, do grupy tworzyw termoplastycznych. Rury i kształtki systemu K-2 przeznaczone są do budowy przewodów grawitacyjnych podziemnych - głównie kanalizacji bytowo-gospodarczej, deszczowej, ogólnospławnej i przemysłowej wówczas rury takie oznaczone są K-2 Kan; natomiast do systemów drenarskich rury oznaczone są K-2 Dren a do osłon kabli rury K-2 Kabel. Zastosowanie polipropylenu oraz nowoczesna konstrukcja rur strukturalnych K-2 sprawiają, że system takich przewodów posiada szereg istotnych zalet:

- Rury przy niewielkiej wadze posiadają wysoką sztywność obwodową (najczęściej 8 kN/m^2). Można je układać w ziemi w większości warunków gruntowych na terenach bez obciążenia zewnętrznego, jak również pod drogami o dużym nasileniu obciążeń dynamicznych.
- Wysoka odporność termiczna polipropylenu przy zachowaniu odpowiednich warunków rozszerzalności liniowej pozwala na przesyłanie w sposób ciągły ścieków o temp. do 95°C ,okresowo do 110°C a nawet krótkotrwale do 130°C .
- Wyjątkowo dobra odporność chemiczna polipropylenu pozwala na stosowanie tego materiału w znacznie szerszym zakresie od materiałów tradycyjnych, a nawet od PVC-U i PE, nie tylko do budowy przewodów kanalizacji bytowo - gospodarczej lecz także do kanalizacji przemysłowej. Na terenach zanieczyszczonych substancjami chemicznymi, na wysypiskach śmieci i odpadów przemysłowych gdzie odcieki są bardzo agresywne, nie występuje na powierzchni rur K-2 destrukcja, i można rury z PP zastosować do odsączania tych odcieków.
- Podwyższona kruchość polipropylenu występuje dopiero w temperaturach poniżej minus 20°C . W temp. poniżej 0°C rury z PP mają wyższą odporność na uderzenia od rur z PVC-U. Nie występują zatem w naszych warunkach klimatycznych ograniczenia w możliwościach transportu i montażu rur K-2 w warunkach zimowych.
- Zastosowanie uszczelnień elastomerowych odpornych na ścieki bytowo - gospodarcze w zakresie pH 2 do pH 12 i większości ścieków przemysłowych daje gwarancje uzyskania szczelnych przewodów, zarówno na eksfiltracje (przenikanie ścieków z przewodów do gruntu) oraz infiltracje (przenikanie wód gruntowych do przewodów).
- Gładka wewnętrzna powierzchnia rur zmniejsza możliwość zalegania w wyniku sedimentacji cięższych frakcji ścieków, powodujących powstawanie jedynie niewielkich osadów a więc pozwala na stosowanie mniejszych spadków przewodów przy zachowaniu warunku ich samooczyszczania.
- Polipropylen (podobnie jak polietylen) charakteryzuje się najwyższą odpornością na abrazyję (ścierania przy przesyłaniu wraz z wodą materiałów ściernych takich jak piasek

lub żwir krzemowy o ostrych krawędziach) wśród wszystkich materiałów, z których wykonuje się rury kanalizacyjne

1. Produkcja rur K-2

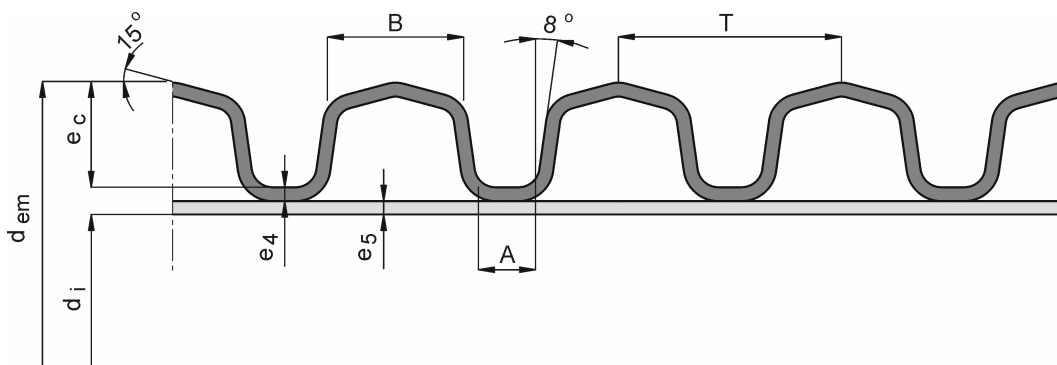
Do produkcji rur wytłaczanych oraz kształtek wtryskowych stosowany jest polipropylen – kopolimer blokowy (oznaczenie surowca PP-B). Jest to surowiec w postaci granulatu wytworzonego przez polimeryzację gazu propylenu powstającego przy przerobieniu ropy naftowej. Do granulatu PP dodaje się niewielkie ilości pigmentu barwiącego w celu uzyskania barwy ścianki zewnętrznej pomarańczowo-brązowej (RAL 8023), która jest podstawową barwą dla rur kanalizacji grawitacyjnej. Natomiast dla lepszego odbicia światła przy inspekcji przewodów, przy użyciu kamery telewizji przemysłowej CCTV, ścianka wewnętrzna ma barwę jasno-popielatą.

System rur K-2 z polipropylenu wytwarzany w Przedsiębiorstwie Barbara KACZMAREK można śmiało porównać z podobnymi produktami renomowanych producentów światowych.

Szeroki asortyment wymiarów nominalnych odniesionych do średnicy wewnętrznej DN/ID w zakresie od 150mm do 1000mm, krótki czas realizacji zamówień, asortyment niezbędnych kształtek oraz konkurencyjne ceny dopełniają atrakcyjności tego systemu przewodów.. Kompleksowe badania systemu oraz staranna kontrola parametrów produkcji gwarantują wysoką wartość użytkową wyrobów.

Rury systemu K-2 są zgodnie normą PN-EN 13476-3:2007 zakwalifikowane są do rur strukturalnych typu B. Nowością ich budowy jest to, że na szczycie niskiego żebra wykonane jest dodatkowe wzmocnienie daszkowe (rysunek 1). Dzięki niskiej i szerokiej fali oraz „ciasnych rowków”, w których jest usytuowana uszczelka elastomerowa przeznaczona do ich łączenia, uzyskuje się wyższe wartości sztywności obwodowej. Dla uzyskania różnych sztywności obwodowych (SN) stosuje się praktycznie taką samą grubość ścianki wewnętrznej, a poprzez regulację grubości zewnętrznej ścianki falistej można uzyskać sztywności obwodowe rur w zakresie $SN=(4\div 16)kN/m^2$.

Podstawowe wymiary K-2 ujęto w tabelicy 1.



Rysunek 1. Profil rur K-2

TABLICA 1. Wymiary rur K-2

Wymiary		DN/OD	DN/ID							
		160	200	250	300	400	500	600	800	1000
Średnica wewnętrzna	d_i	137 ± 1	200 ± 1	250 $\pm 1,5$	300 ± 2	400 $\pm 2,5$	500 ± 3	600 $\pm 3,5$	800 ± 4	1000 $\pm 5,0$
Średnica zewnętrzna	d_{em} min	160,0	223,6	280,2	337,0	452,2	563,5	676,0	899,5	1137,4
	d_{em} max	160,3	225,7	282,9	340,0	456,4	568,8	682,0	907,8	1127,2
Wysokość łączna ścianek	e_c	10,0	11,3	14,4	17,5	24,9	30,3	36,3	47,8	58,0
Minimalna grubość ścianek	e_{4mi} n	1,2	1,3	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,0
	e_{5mi} n	1,1	1,2	1,5	1,7	2,3	3,0	3,5	4,5	5,0
Skok fali	T	18,9	22,0	26,4	35,2	48,0	58,6	66,0	88,0	105,6
Szerokość wgłębienia	A	4,1	5,3	6,8	9,0	12,2	14,5	16,0	23,2	27,7
Szerokość grzbietu fali	B	12,0	13,5	16,0	21,5	29,0	36,0	40,0	53,0	64,0

W zależności od grubości ścianek rury K-2 mają minimalną sztywność obwodową nie mniejszą niż SN4, SN6,3, SN8, SN12 i SN16. Klasyfikację sztywności obwodowej wykonuje się przez badanie laboratoryjne wyprodukowanej partii rur i najniższa ustalona w tych badaniach wartość SN, jest podstawą do zakwalifikowania całej partii rur do klasy sztywności obwodowej. Tak więc podana wartość SN jest najniższą sztywnością obwodową gwarantowaną przez producenta.

Rury K-2 mają wymiar nominalny (DN) odniesiony do średnicy wewnętrznej (DN/ID). Podana przez producenta średnica wewnętrzna rur pozwala projektantom przyjęcie tej średnicy do obliczeń hydraulicznych wydajności przepływu. Trzeba tu zwrócić uwagę, że wymiary średnic wewnętrznych rur K-2 w sposób zdecydowany różnią się od podobnych rur strukturalnych, których wymiar podstawowy, a więc nominalny odniesiony jest do średnicy zewnętrznej. Wszystkie rury strukturalne typu B mają rozbudowaną wysokość ścianek (e_c) w porównaniu do rur o ściankach litych gładkich, gdzie do obliczeń przepływu hydraulicznego różnice grubości ścianek w zależności od nominalnej sztywności obwodowej można pominąć.

W przypadku rur strukturalnych bardzo istotne jest czy wymiar nominalny (DN) rury odniesiony jest do średnicy wewnętrznej (DN/ID), czy do średnicy zewnętrznej (DN/OD). Porównanie wewnętrznego przekroju poprzecznego (prześwitu) dla tych dwóch rodzajów wymiarowania dla podobnych konstrukcji dwuściennych rur strukturalnych przedstawiono w tablicy 2.

TABLICA 2. Porównanie przekroju wewnętrznego rur strukturalnych

Rury strukturalne o wymiarach nominalnych odniesionych do średnicy wewnętrznej w tym rury K-2			Rury strukturalne o wymiarach nominalnych odniesionych do średnicy zewnętrznej			Porównanie wewnętrznego przekroju rury przy przyjęciu dla rur K-2=100% przekrój dla rur DN/OD wynosi
Wymiar nominalny DN/ID	Średnica wewnętrzna minimalna	Powierzchnia przekroju wewnętrznego rury	Wymiar nominalny DN/OD	Średnica wewnętrzna minimalna	Powierzchnia przekroju wewnętrznego rury	
(DN)	$d_{i\ min}$	F	(DN)	$d_{i1\ min}$	F	
mm	mm	cm ²	mm	mm	cm ²	%
150	149,0	174	160	137	147	84
200	199,0	311	200	168	222	71
250	248,5	485	250	210	346	72
300	298,0	697	315	265	552	79
400	397,5	1241	400	338	897	72
500	497,0	1940	500	420	1385	71
600	596,5	2795	630	530	2206	79
800	796,0	4976	800	675	3578	72
1000	990,0	7694	1000	882	6106	79

2. Właściwości materiałowe przewodów z polipropylenu

Systemy przewodów kanalizacyjnych układane w ziemi projektowane są na okres eksploatacji przez co najmniej 50 lat. Dotychczasowe praktyczne doświadczenia w takim czasie z przewodami elastycznymi, a do takich zalicza się tworzywa termoplastyczne, dotyczą tylko rur z poli(chlorku winylu), które stosowane są już od blisko 70 lat.

Polipropylen do produkcji rur został użyty przed około 40-stu laty. Zebrane doświadczenia praktyczne i laboratoryjne pozwalają obecnie na prognozowanie, że trwałość przewodów z polipropylenu pracujących bezciśnieniowo, układanych w ziemi będzie dotyczyła okresu co najmniej 100 lat.

Rury z polipropylenu w początkowym okresie ich produkcji, ze względu na wyjątkowo dobrą odporność chemiczną, znalazły zastosowanie do budowy instalacji przemysłowych w przemyśle chemicznym i przemysłach pokrewnych. Przed około 30 laty w Europie Zachodniej zastosowanie to rozszerzono na wewnętrzne instalacje kanalizacyjne. Powodem tego kierunku była wyjątkowa odporność polipropylenu na transport gorących ścieków, które wytwarzają domowe pralki automatyczne i urządzenia do zmywania naczyń. Wcześniej był stosowany powszechnie do tego celu nieplastyfikowany poli(chlorek winylu), który nie wytrzymał konkurencji z polipropylenem ze względu na niską odporność termiczną. W sytuacji czy stosować „grube” rury z PVC-U czy „cienkie” rury z PP okazało się, że tańszym i bardziej bezpiecznym materiałem jest polipropylen.

Od kilku lat nowym szerokim kierunkiem zastosowań są bezciśnieniowe systemy kanalizacji zewnętrznej układane w ziemi. Należy również przypuszczać, że przewody z polipropylenu będą stosowane do kanalizacji niskociśnieniowych - do przesyłania ścieków z przepompowni do oczyszczalni ścieków lub przesyłania na wyższy poziom do przewodów bezciśnieniowych oraz znajdą zastosowanie do systemów kanalizacji podciśnieniowej (próżniowej, vacuum). Te systemy kanalizacji są coraz częściej stosowane.

2.1. Właściwości fizyko-mechaniczne

Właściwości fizyko-mechaniczne polipropylenu wynikające z ogólnych badań materiałoznawczych ujętych w informacjach do dokumentów normalizacyjnych podano w tablicy 3.

TABLICA 3. Właściwości fizyko-mechaniczne

L.p.	Właściwości	Jednostki	PP
1	Gęstość średnia	kg/m ³	900
2	Moduł elastyczności E_{1min} (w czasie 1 min)	MPa	1250÷1850
3	Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	30
4	Wydłużenie przy zrywaniu	%	150
5	Średni współczynnik termicznej rozszerzalności liniowej	mm/mK	0,14
6	Przewodność cieplna	W/km	0,2
7	Pojemność cieplna właściwa	J/kgK	2000
8	Oporność powierzchniowa	Ω	$>10^{12}$

2.2. Odporność chemiczna

Przewody rurowe z polipropylenu są odporne na działanie ścieków komunalnych o pochodzeniu bytowo-gospodarczym, wód opadowych - powierzchniowych i gruntowych zanieczyszczonych odpadami organicznymi. Obecny stan wiedzy na temat odporności chemicznej polipropylenu oparty jest na długoletnich badaniach laboratoryjnych oraz praktyce przemysłowej. Pełen zestaw odczynników chemicznych, na który PP jest odporny albo posiada odporność ograniczoną lub nie jest odporny, podano w wytycznych ISO/TR 10358:1993. Na tej podstawie opracowano tablicę 4, w której podano zestaw najczęściej występujących odczynników chemicznych, stopień ich odporności oraz temperaturę, w jakiej mogą występować. Przyjęto następujące oceny odporności:

Z - zadawalająca

O - ograniczona

N - niewystarczająca

W zasadzie rury i kształtki z polipropylenu wraz z uszczelkami elastomerowymi są odporne na transportowane ścieki pochodzące z gospodarstw domowych w zakresie od kwasowości (pH 2) do zasad (pH 12). Jednak przy występowaniu ścieków przemysłowych należy przeanalizować skład chemiczny występujących substancji w ściekach, stopień ich stężenia oraz temperaturę, w której ścieki te będą przesyłane do systemu kanalizacji układanej w ziemi. Zestaw substancji chemicznych, na które są odporne uszczelki elastomerowe podano w wytycznych ISO/TR 7620.

TABLICA 4. Odporność chemiczna polipropylenu

Nazwa substancji chemicznej	stężenie	20°C	60°C	95°C
Acetan amyłowy	100%	O	N	
Acetan etylowy	100%	O	O	
Acetofenon	100%	O	O	
Aceton	100%	Z	O	
Akrylan etylu	100%	N	N	
Aldehyd benzoesowy	0,1%	Z		
Aldehyd krotonowy	100%	N	N	
Aldehyd octowy	40% 100%	N		
Alkohol amyłowy		Z	Z	
Alkohol benzylowy		Z	Z	
Alkohol butylowy	100%	Z	Z	
Alkohol cykloheksylowy	100%	Z	O	
Alkohol etylowy	96%	Z	Z	Z
Alkohol izopropylenowy	100%	Z	Z	
Alkohol metylowy	100%	Z	Z	
Alkohol propylenowy	100%	Z	Z	
Ałuny wszystkie rodzaje		Z	Z	
Amoniak gaz suchy	13%	Z	Z	
Amoniak, płyn	100%	Z	Z	
Amoniak roztwór wodny	Rozcieńczony	Z	Z	
Amonowy azotan	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Amonowy chlorek	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Amonowy siarczan	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Anilina	100%	Z	O	
Anilina	Roztwór nasycony	Z	O	
Aniliny chlorowodorek	Roztwór nasycony	O	O	
Antymonawy chlorek	90%	Z	Z	
Atramenty		Z	Z	
Azotany	Roztwór nasycony	Z	Z	
Barwniki fuksynowe (roztwory)	2%	Z	Z	
Benzen	100%	O	N	
Benzyna (węglowodory alifatyczne)	80/20	O	N	
Bezwodnik octowy	100%	Z		
Boraks	Roztwór nasycony	Z	Z	
Brom, płyn	100%	N	N	
Butan, gaz	100%	Z	Z	
Butanole	do 100%	Z	Z	
Chlor, gaz suchy	100%	Z	N	
Chlor, roztwór wodny	Roztwór nasycony	Z	N	
Chlorany	Roztwór nasycony	Z	Z	
Chlorek amyłowy	100%	O	O	
Chlorek baru, cynawy, cynku, niklu	Roztwór nasycony	Z	Z	
Chlorek etylu, metylu	100%	O	O	
Cukry i syropy	Roztwór nasycony	Z	Z	O
Cykloheksanol	100%	Z	Z	
Cykloheksanon	100%	Z	N	

Dekstryna	Roztwór nasycony	Z		
Dwuchlorometan (dichlorometan)	100%	O	N	
Dekalina	100%	O	O	
Detergenty	2%	Z	Z	Z
Drożdże		Z	Z	
Eter etylowy	100%	O		
Etylenowy glikol	Roztwór przemysłowy	Z	Z	
Fenol	90%	Z	Z	
Formaldehyd	Roztwór rozcieńczony	Z	Z	
Formaldehyd	40%	Z	Z	
Gliceryna	100%	Z	Z	
Heksan	100%	Z	O	
Ksylen	100%	O	N	
Kwas azotowy	do 45%	Z	Z	
Kwas azotowy	50 do 98%	O	N	
Kwas benzoesowy	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Kwas borowy	Roztwór rozcieńczony	Z	Z	
Kwas chlorosulfonowy	100%	N	N	
Kwas chlorowodorowy (solny)	20%	Z	Z	
Kwas chlorowodorowy (solny)	>30%	Z	Z	
Kwas chromowy	1 ÷ 50%	Z	O	
Kwas cytrynowy	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Kwas fluorowodorowy	40%	Z	Z	
Kwas fluorowodorowy	60%	Z	Z	
Kwas fluorowodorowy, gaz	100%	Z	Z	
Kwas glikolowy	30%	Z	Z	
Kwas mlekowy	10%	Z	Z	
Kwas mlekowy	10÷90%	Z	Z	
Kwas mrówkowy	1÷50%	Z	Z	
Kwas octowy	25%	Z	Z	Z
Kwas octowy	60%	Z	Z	
Kwas octowy	Lodowaty	Z	O	
Kwas oleinowy	100%	Z		
Kwas siarkowy	96%	Z	Z	
Kwas siarkowy	40÷90%	Z	Z	
Kwas siarkowy dymiący (oleum)	10% SO ₃	N	Z	
Kwas szczawiowy	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Kwas szczawiowy	Roztwór rozcieńczony	Z	Z	
Kwas taninowy	Roztwór nienasycony	Z	Z	
Kwas winowy	do 10%	Z	Z	
Magnezowy chlorek	Roztwór nasycony	Z	Z	
Magnezowy siarczan	Roztwór nasycony	Z	Z	
Miedziowy chlorek	Roztwór nasycony	Z	Z	
Miedziowy fluorek	2%	Z	Z	
Miedziowy siarczan	Roztwór nasycony	Z	Z	
Mleko		Z	Z	O
Mocz		Z	Z	
Mocznik	10%	Z	Z	

Mydło	Roztwór nienasycony	Z	Z	
Niklawy siarczan	Roztwór nasycony	Z	Z	
Ocet	do 8%	Z	Z	
Octan butylu	100%	Z	O	
Octan etylu	100%	O	O	
Oleje i tłuszcze		Z		
Ozon	100%	Z	O	
Pirydyna	do 100%	Z	O	
Piwo		Z		
Potasowy azotan	Roztwór nasycony	Z	Z	
Potasowy bromek	Roztwór nasycony	Z	Z	
Potasowy chlorek	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Potasowy chromian	40%	Z	Z	Z
Potasowy cyjanek	Roztwór nienasycony	Z	Z	
Potasowy dwuchromian	40%	Z	Z	Z
Potasowy nad/dwutleno/siarczan	Roztwór nasycony	Z		
Potasowy nadmanganian	20%	Z	O	
Potasowy wodorotlenek	Roztwór nienasycony	Z		
Potasowy żelazicyjanek	Roztwór nasycony	Z		
Potasowy żelazocyjanek	Roztwór nasycony	Z		
Propan ciekły	100%	Z		
Siarki dwutlenek, ciecz	100%	Z	Z	
Siarki dwutlenek, suchy	100%	Z	Z	
Siarkowodór, gaz	100%	Z	Z	
Sodowy benzoesan	35%	Z		
Sodowy chloran	Roztwór nasycony	Z	Z	
Sodowy chlorek	Roztwór nasycony	Z	Z	Z
Sodowy podchloryn (13% chloru)	100%	Z	Z	
Sodowy siarczyn	Roztwór nasycony	Z	Z	
Sodowy wodorosiarczek	Roztwór nasycony	Z	Z	
Sodowy wodorotlenek	Roztwór nasycony	Z	Z	
Sodowy żelazicyjanek	Roztwór nasycony	Z		
Sodowy żelazocyjanek	Roztwór nasycony	Z		
Srebra azotan	Roztwór nasycony	Z		
Tlen	100%	Z	Z	
Toluen	100%	O	N	
Trójchloroetylen (TRI)	100%	O	N	
Wapniowy azotan	50%	Z	Z	
Węgla dwusiarczek	100%	O	N	
Wino		Z	Z	
Woda morską		Z	Z	Z
Wodoru nadtlenuk	30%	Z	O	
Wywoływacze fotograficzne	Roztwór przemysłowy	Z	Z	

3. Wymagania techniczne ujęte w aprobatkach i dokumentach normalizacyjnych

Polska od początku 2004 roku jest członkiem Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN). Do tego czasu była obserwatorem bez prawa głosu, jednakże otrzymywała do wiadomości dokumenty normalizacyjne (normy, przednormy, projekty norm i materiały robocze do projektów norm).

Normy ustanowione przez CEN (EN) były systematycznie wprowadzane przez Polski Komitet Normalizacyjny (PN-EN) poprzez tłumaczenie z oficjalnych wersji językowych (podawanych w językach: angielskim, niemieckim i francuskim) bez jakichkolwiek zmian. Normy te po zarejestrowaniu w Sekretariacie Centralnym CEN w Brukseli (Belgia) mają ten sam status co wersje oficjalne. Natomiast normy europejskie (EN) lub przednormy (ENV), które zostały wprowadzone do polskiej normalizacji bez przetłumaczenia są ustanowione jako normy uznaniowe ze znacznikiem (U) wstawianym po roku ustanowienia w Polsce. Normy te są czasem drukowane w języku angielskim i figurują w spisie polskich norm europejskich (mają tylko przetłumaczony tytuł). Można stwierdzić, że nie ma aktualnie wyraźnych opóźnień we wprowadzaniu norm europejskich do krajowej normalizacji. Normy przedmiotowe (w dziedzinie rur z tworzyw sztucznych), które uzyskały status EN są przetłumaczone, natomiast normy nie przetłumaczone (uznaniowe) dotyczą tylko niektórych metod badań oraz częstotliwości ich przeprowadzania. Nie wykonuje się natomiast tłumaczeń projektów norm oraz materiałów roboczych poprzedzających projekty norm, które najczęściej dotyczą techniki stosowania przewodów z tworzyw sztucznych.

Do czasu przetłumaczenia i zatwierdzenia norm krajowych (na bazie EN, których aktualnie jeszcze nie ma) obowiązują w kraju Aprobaty Techniczne, które określają wymagania techniczne, jakie powinny spełniać wyroby stosowane w budownictwie ogólnym i drogowym. Aprobaty te opracowywane są na podstawie stanu wiedzy dotyczącej wymagań materiałowych i warunków stosowania w technice instalacyjnej w oparciu o literaturę normalizacyjną i są substytutem dokumentów normalizacyjnych.

3.1. Definicje i skróty ujęte w normach i aprobatkach.

DN - wymiar nominalny

DN/OD – wymiar nominalny, odniesiony do średnicy zewnętrznej

DN/ID – wymiar nominalny, odniesiony do średnicy wewnętrznej

d_n – nominalna średnica zewnętrzna

d_e – średnica zewnętrzna (zmierzona w dowolnym punkcie przekroju poprzecznego)

d_{em} – średnia średnica zewnętrzna

d_{im} – średnia średnica wewnętrzna rury lub kształtki

D_{im} – średnia średnica wewnętrzna kielicha

e - grubość ścianki

e_c – wysokość konstrukcyjna rury strukturalnej (zmierzona pomiędzy średnicą wewnętrzną, a powierzchnią zewnętrzną rury)

e_4 – grubość ścianki rury strukturalnej w miejscu wzajemnego połączenia ścianki wewnętrznej i zewnętrznej

e_5 – grubość ścianki wewnętrznej rury strukturalnej

SN – nominalna sztywność obwodowa (kN/m^2). Liczbowe oznaczenie związane z konstrukcją rury, sprawdzane doświadczalnie poprzez ściskanie próbki rury do momentu zmniejszenia o 3% średnicy wewnętrznej zgodnie z PN-EN ISO 9969.

3.2. Aprobaty i projekt normy rur strukturalnych K-2

- Aprobata Techniczna NR AT/2003-04-1444 opracowana przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie dotycząca wyrobu: Rury K-2, kanalizacyjne, odsączająco-rozsączające i osłonowe o ściankach strukturalnych (dwuwarstwowych) z polipropylenu (PP) lub polietylenu (PE) wysokiej gęstości oraz kształtki.
- Aprobata Techniczna Nr AT/2003-02-1349-01 opracowana przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej „INSTAL” w Warszawie dotycząca wyrobu: Rury o ściance strukturalnej K-2 Kan z PE-HD i PP i kształtki z PP do sieci kanalizacji zewnętrznej bezciśnieniowej.
- Aprobata Techniczna ITB AT-15-5851/2003 opracowana przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie dotycząca wyrobów: Polietylenowe rury osłonowe do kabli K2-Kabel, typów OSAK, OSBK, OGDA, OGDB, OSDK.
- PN-EN 13476-3:2007 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do bezciśnieniowej podziemnej kanalizacji deszczowej i sanitarnej -- Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) -- Część 3: Specyfikacje dotyczące rur i kształtek z gładką wewnętrzną i profilowaną zewnętrzną powierzchnią oraz systemu, typu B (oryg.)

Normy dotyczące uszczelek.

- PN-EN 681-1:2002 Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dotyczące uszczelek złączy rur wodociągowych i odwadniających Część 1: Guma.
- PN-EN 681-2:2003 Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dotyczące uszczelek złączy rur wodociągowych i odwadniających Część 2: Elastomery termoplastyczne.

3.3. Wymagane właściwości mechaniczne i fizyczne rur K-2 i kształtek z PP

Zgodnie z Aprobatami i PN-EN 13476 rury K-2 i kształtki do tych rur powinny spełniać wymagania ujęte w tablicy 5.

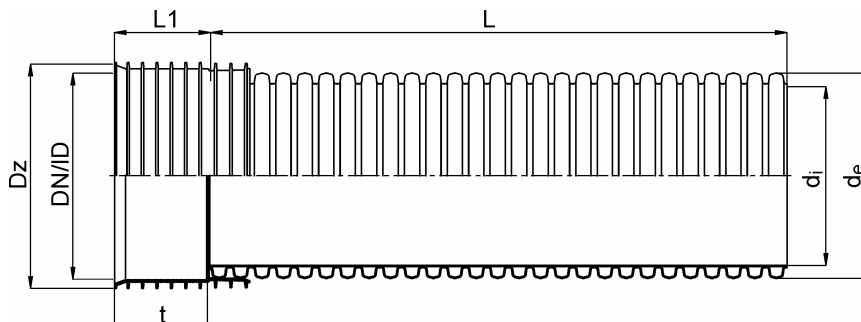
TABLICA 5. Wymagane właściwości rur i kształtek K-2

l.p.	Właściwości	Wymagania	Parametry badania	Metody badania
1	Wpływ ogrzewania na zmianę wyglądu rur K-2 i kształtek w czasie: $e \leq 8\text{mm}$ - 30 min	Na ściankach rur nie powinno być pęcherzy, śladów pęknięć i rozwarstwień	Temp. badania (150±2)°C	ISO 12091
	$e > 8\text{mm}$ - 60min	Na kształtkach głębokość pęknięć lub pęcherzy nie powinna być większa od 20% grubości ścianki		PN-EN 763
2	Sztywność obwodowa rur (SN)	$SN \geq 4$ $SN \geq 6,3$ $SN \geq 8$ $SN \geq 12$ $SN \geq 16$	Temp. badania (23±2)°C odkształcenie o 3% d_{im}	PN-EN ISO 9969
3	Elastyczność obwodowa rur	Na ściankach rur nie powinno być pęknięć, rys i śladów rozwarstwień	Temp. badania (23±2)°C odkształcenie o 30% d_{em}	PN ISO 1446
4	Maksymalna zmiana wskaźnika szybkości płynięcia (MFR) w wyniku przetwórstwa surowca na rury	± 0,2 g/10min	Temp. badania 230°C Obciążenie 2,16 kg	PN-EN ISO 1133 Warunek T
5	Szczelność połączeń kielichowych z elastomerowym pierścieniem uszczelniającym	Brak przecieków	Temp. badania (23±2)°C Ciśnienie wody 0,05 bar Ciśnienie wody 0,5 bar Podciśnienie powietrza -0,3÷-0,27 bar	PN-EN 1277 Metoda 4 Warunki badań B i C
6	Odporność na uderzenia kształtek (metoda zrzutu na twarde podłoże wylotu kielicha)	Brak uszkodzeń	Temp. badania (0±1)°C Wysokość zrzutu – 0,5m	PN-EN 12061

4. Asortyment wyrobów

4.1. Rury kanalizacyjne o podwójnej ścianie K-2

Wymiary rur k-2 ze złączkami ujęto w tabelicy 6 (rysunek 2).



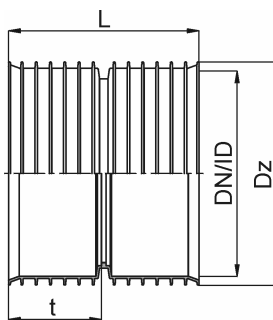
Rysunek 2. Wymiary rur K-2

TABLICA 6. Wymiary rur K-2

Wymiar nominalny DN/ID	Nominalna średnica zewnętrzna	Nominalna średnica wewnętrzna	Długość bosego końca	Długość kielicha	Długość rury		
DN	d _e	d _i	t	L ₁	L		
160 (DN/OD)	160	137	82	90	2000	3000	6000
200	225	200	101	110	2000	3000	6000
250	282	250	125	135		3000	6000
300	340	300	149	158		3000	6000
400	455	400	208	214		3000	6000
500	569	500	248	268		3000	6000
600	683	600	279	309		3000	6000
800	905	800	370	395		3000	6000
1000	1134	1000	456	480		3000	6000

4.2. Kształtki kanalizacyjne do rur K-2

- **Złączka dwukielichowa z przegrodą** przeznaczona jest głównie do rur K-2 obcinanych na budowie. Wymiary podano w tabelicy 7 (rysunek 3).

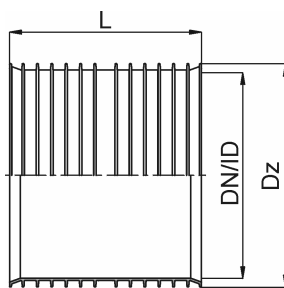


Rysunek 3. Złączka dwukielichowa z przegrodą

TABLICA 7. Wymiary złączek dwukielichowych z przegradą

Wymiar nominalny	Długość wsunięcia bosego końca	Długość całkowita
DN/ID	t	L
160 (DN/OD)	82	180
200	101	220
250	125	270
300	149	315
400	208	427
500	248	536
600	279	618
800	370	790
1000	456	960

- **Nasuwka** (złączka dwukielichowa bez przegrad) przeznaczona jest do napraw oraz wykonywania połączeń rur K-2, gdy nie ma możliwości ich osiowego przesuwania w czasie montażu. Wymiary podano w tablicy 8 (rysunek 4).

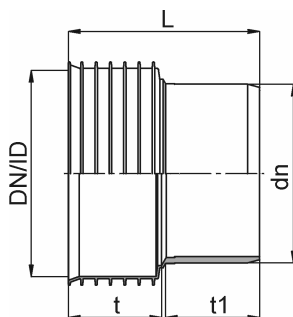


Rysunek 4. Nasuwka

TABLICA 8. Wymiary nasuwek

Wymiar nominalny	Długość całkowita
DN/ID	L
160 (DN/OD)	180
200	220
250	270
300	315
400	427
500	418
600	503
800	790
1000	960

- **Złączka jednokielichowa** do łączenia rur **K-2 z kielichami rur gładkościennych** z tworzyw termoplastycznych (PVC-U, PP, PE). Wymiary podano w tabelicy 9 (rysunek 5).

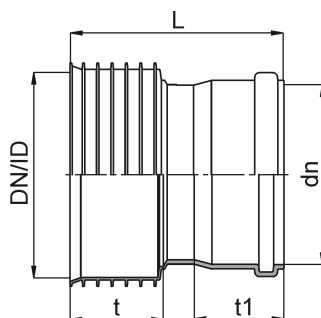


Rysunek 5. Złączka jednokielichowa do rur K-2 i rur gładkościennych

TABLICA 9. Wymiary złączek jednokielichowych do K-2 i rur gładkościennych

Wymiar nominalny rury K-2	Wymiar nominalny rur gładkościennych	Długość wsunięcia do kielicha rury K-2	Długość bosego końca rury gładkościennej	Długość całkowita
DN/ID	DN 1	t	t ₁	L
160 (DN/OD)	160	82	82	172
200	200	101	125	225
250	250	125	124	272
300	315	149	132	344
400	400	208	178	446
500	500	248	199	533
600	630	279	228	592

- **Złączka dwukielichowa** do łączenia rur **K-2 z bosymi końcami rur gładkościennych** z tworzyw termoplastycznych (PVC-U, PP, PE) Wymiary podano w tabelicy 10 (rysunek 6)

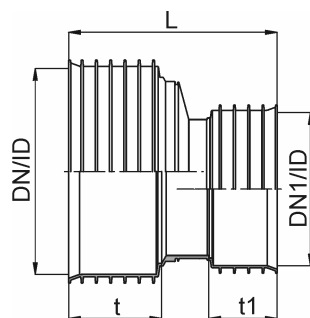


Rysunek 6. Złączka dwukielichowa do rur K-2 i rur gładkościennych

TABLICA 10. Wymiary złączek dwukielichowych do rur K-2 i bosych rur gładkościennych

Wymiar nominalny	Wymiar nominalny rur gładkościennych	Długość wsunięcia rury K-2	Długość kielicha rury gładkościennej	Długość całkowita
DN/ID	DN 1	t	t ₁	L
160 (DN/OD)	160	82	82	175
200	200	101	102	235
250	250	125	124	282
300	315	149	144	328
400	400	208	178	430
500	500	248	218	525

- **Redukcja ekscentryczna K2-Kan do rur K-2**
Wymiary podano w tablicy 11 (rysunek 7).

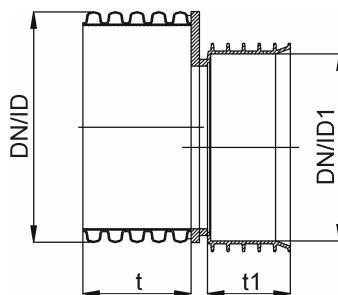


Rysunek 7.Redukcja do rur K-2

TABLICA 11. Wymiary redukcji do rur K-2

Wymiar nominalny rur K-2	Wymiar nominalny zredukowanej rury K-2	Długość wsunięcia rury K-2	Długość wsunięcia zredukowanej rury K-2	Długość całkowita
DN/ID	DN ₁ /ID	t	t ₁	L
200	160 (DN/OD)	101	82	240
250	200	125	101	288
300	200	149	101	279
300	250	149	125	342
400	250	208	125	362
400	300	208	149	457
500	300	248	149	437
500	400	248	208	553
600	400	279	208	535
600	500	279	248	594
800	600	370	279	715
1000	800	456	370	880

- **Redukcja ekscentryczna K2-Kan BK/ K2-Kan do rur K-2**
Wymiary podano w tablicy 12 (rysunek 8).

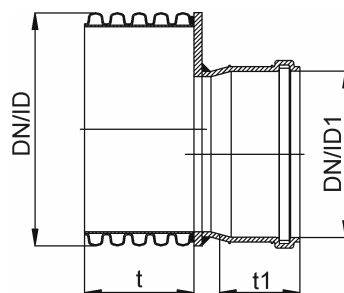


Rysunek 8.Redukcja do rur K-2

TABLICA 12. Wymiary redukcji do rur K-2

Wymiar nominalny rur K-2	Wymiar nominalny zredukowanej rury K-2	Długość wsunięcia rury K-2	Długość wsunięcia zredukowanej rury K-2	Długość całkowita
DN/ID	DN ₁ /ID	t	t ₁	L
200	160 (DN/OD)	101	82	240
250	200	132	101	254
300	200	176	101	298
300	250	176	125	323
400	250	240	125	387
400	300	240	149	409
500	300	293	149	462
500	400	293	208	518
600	400	330	208	555
600	500	330	248	610
800	600	440	279	761
1000	800	528	370	936

- **Redukcja ekscentryczna K2-Kan BK/ KG do rur K-2**
Wymiary podano w tablicy 13 (rysunek 9).

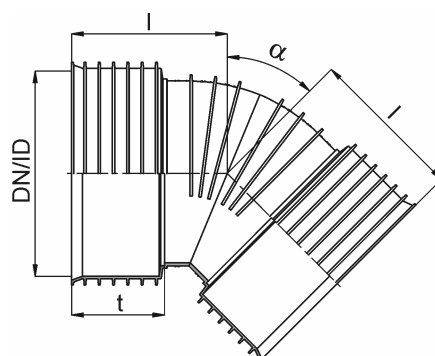


Rysunek 9.Redukcja do rur K-2

TABLICA 13. Wymiary redukcji do rur K-2

Wymiar nominalny rur K-2	Wymiar nominalny zredukowanej rury K-2	Długość wsunięcia rury K-2	Długość wsunięcia zredukowanej rury K-2	Długość całkowita
DN/ID	DN ₁ /ID	t	t ₁	L
200	160	101	81	240
250	160	132	81	244
300	160	176	81	284
400	160	240	81	252
400	315	240	144	402
500	160	293	81	405
500	315	293	144	455
600	160	330	81	442
600	315	330	144	492

- **Kolano** dwukielichowe do rur K-2 (nieodchylone)
Wymiary podano w tablicy 14 (rysunek 10).



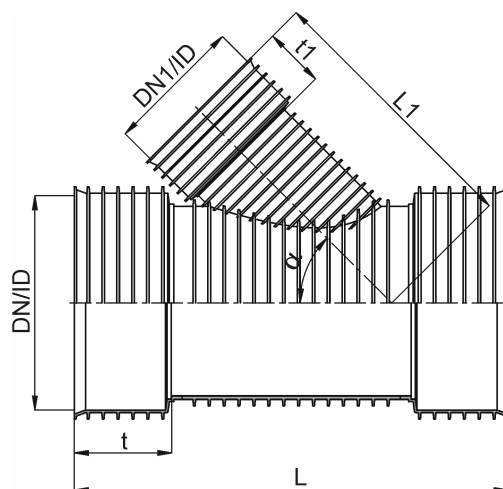
Rysunek 10. Kolano

TABLICA 14. Wymiary kolan do rur K-2

Wymiar nominalny	Długość wsunięcia do kielicha	Kąt	Wymiar montażowy
DN/ID	t	α	l
160 (DN/OD)	82	15°	32
		30°	39
		45°	52
		90°	88
200	101	15°	43
		30°	51
		45°	69
		90°	114
250	125	15°	51
		30°	67
		45°	85
		90°	148
300	149	15°	76
		30°	96
		45°	119
		90°	161
400	208	15°	72
		30°	109
		45°	139
		90°	196
500	248	15°	169
		30°	203
		45°	302
		90°	372
600	279	15°	171
		30°	215
		45°	371
		90°	456

800	370	15°	580
		30°	620
		45°	730
		90°	950
1000	456	15°	710
		30°	790
		45°	930
		90°	1180

- **Trójnik z trzema kielichami do rur K-2**
Wymiary podano w tablicy 15 (rysunek 11).



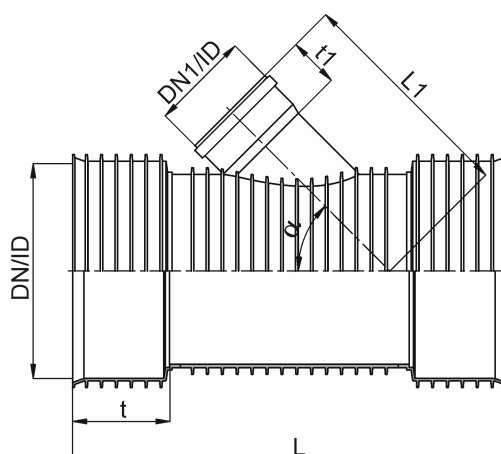
Rysunek 11. Trójnik z odgałęzieniem do rur korugowanych K-2

TABLICA 15. Wymiary trójników do rur K-2

Wymiar nominalny K-2	Wymiar nominalny odgałęzienia K-2	Kąt odgałęzienia	Długość odgałęzienia	Długość całkowita	Długość wsunięcia rury K-2	Długość wsunięcia rury K-2
DN/ID	DN1/ID	α	L_1	L	t	t_1
160 (DN/OD)	160 (DN/OD)	45°	330	511	82	82
200	200	45°	387	549	101	101
250	200	45°	430	555	125	101
	250	45°	430	555	125	125
300	200	45°	520	690	149	101
	250	45°	520	690	149	125
	300	45°	520	690	149	149
400	200	45°	645	890	208	101
	250	45°	645	890	208	125
	300	45°	645	890	208	149
	400	45°	645	890	208	208
500	200	45°	660	1170	248	101
	250	45°	685	1170	248	125
	300	45°	708	1170	248	149
	400	45°	737	1170	248	208

600	200	45°	750	1218	279	101
	250	45°	775	1218	279	125
	300	45°	798	1218	279	149
	400	45°	827	1218	279	208
800	300	45°	948	1218	370	149
1000	300	45°	1224	1218	456	149

- **Trójnik z dwoma kielichami do rur K-2 i odgałęzieniem kielichowym do bosych rur gładkościennych** z tworzyw termoplastycznych (PVC-U, PP, PE). Wymiary podano w tablicy 16 (rysunek 12).



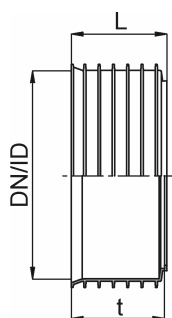
Rysunek 12. Trójnik z odgałęzieniem do rur gładkościennych

TABLICA 16. Wymiary trójników z odgałęzieniem do rur gładkościennych

Wymiar nominalny	Średnica zewnętrzna rur łączonych do odgałęzienia	Kąt odgałęzienia	Długość odgałęzienia	Długość całkowita	Długość wsunięcia rury K-2	Długość kielicha rury gładkościenniej
DN/ID	DN 1	α	L_1	L	t	t_1
160 (DN/OD)	160	45°	269	449	82	90
	200	45°	304	487	101	90
250	160	45°	317	522	101	108
	200	45°	470	555	125	90
	250	45°	450	555	125	108
300	250	45°	450	555	125	135
	160	45°	568	690	149	90
	200	45°	568	690	149	108
400	250	45°	568	690	149	135
	160	45°	702	890	208	90
	200	45°	682	890	208	108
500	250	45°	660	890	208	135
	315	45°	637	890	208	150
	160	45°	647	1170	248	90
	200	45°	666	1170	248	108
	250	45°	684	1170	248	135

	315	45°	696	1170	248	150
600	160	45°	737	1218	279	90
	200	45°	756	1218	279	108
	250	45°	774	1218	279	135
	315	45°	786	1218	279	150
800	200	45°	900	1218	370	108
1000	200	45°	1180	1218	456	108

- **Zaślepka** (korek) do rur K-2
Wymiary podano w tablicy 17 (rysunek 13).

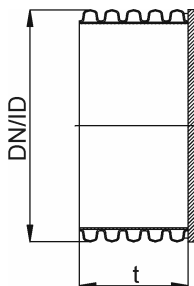


Rysunek 13. Zaślepka

TABLICA 17. Wymiary zaślepek

Wymiar nominalny	Długość wsunięcia rury K-2	Długość całkowita
DN/ID	t	L
160 (DN/OD)	82	90
200	101	118
250	125	143
300	149	172
400	208	228
500	248	284
600	279	324

- **Zaślepka wewnętrzna** (korek wewnętrzny) do rur K-2
Wymiary podano w tablicy 18 (rysunek 14).

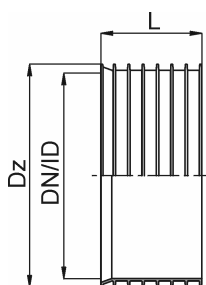


Rysunek 14. Zaślepka wewnętrzna

TABLICA 18. Wymiary zaślepek

Wymiar nominalny	Długość wsunięcia rury K-2	Długość całkowita
DN/ID	t	L
160 (DN/OD)	82	95
200	101	120
250	125	142
300	149	186
400	208	252
500	248	305
600	279	342

- **Tuleja ochronna** do wykonania przejść szczelnych przez przegrody budowlane (np. studnie betonowe). Wymiary podano w tablicy 19 (rysunek 15)

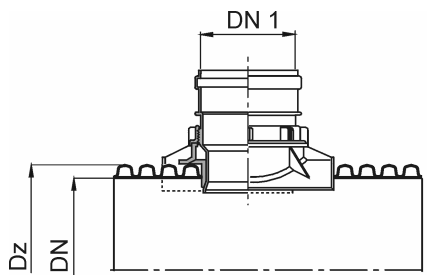


Rysunek 15. Tuleja ochronna

TABLICA 19. Wymiary tulei ochronnych

Wymiar nominalny rur K-2	Średnica zewnętrzna	Długość całkowita
DN/ID	Dz	L
160 (DN/OD)	191	90
200	254	110
250	317	135
300	376	158
400	499	214
500	615	268
600	731	309
800	968	395
1000	1200	480

- **Przyłącze siodłowe** do dołączenia do przewodu głównego wykonanego z rur K-2 przewodu przyłączeniowego (przykanaliku) wykonanego z gładkościennej rury (PVC-U, PP, PE) mocowanego mechanicznie. Wymiary podano w tablicy 20 (rysunek 16)



Rysunek 16. Przyłącze siodłowe

TABLICA 20. Wymiary przyłącza siodłowego

Wymiar nominalny rur K-2	Średnica zewnętrzna rury gładkościennej przyłącza	Średnica zewnętrzna rury K-2
DN/ID	DN 1	L
250	200	282
300	200	340
400	200	455

4.3. Asortyment uzupełniający – Rury i kształtki kanalizacyjne z PVC-U

- Rury kanalizacyjne gładkościenne z PVC-U
Wymiary rur podano w tabelicy 18.

TABLICA 21. Wymiary rur z PVC-U

Średnica zewnętrzna rury d_n (mm)	Grubość ścianek rur (e) przy sztywności obwodowej (SN) i znormalizowanym stosunku wymiarów (SDR)					
	SN 2 kN/m ² SDR 51		SN 4 kN/m ² SDR 41		SN 8 kN/m ² SDR 34	
	e_{min}	e_{max}	e_{min}	e_{max}	e_{min}	e_{max}
110	-	-	-	-	3,2	3,8
160	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
400	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
500	9,8	11,0	12,3	13,8	14,6	16,3
630	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5

- Kształtki do rur kanalizacyjnych z PVC-U
 - Kolano jednokielichowe 15°, 30°, 45°, 67,5° i 87,5°
 - Trójnik dwukielichowy 45° i 87,5°
 - Odgałęzienie siodłowe 45° i 90° (naklejane)
 - Odgałęzienie siodłowe 90° mocowane mechanicznie
 - Złączka z otworem rewizyjnym
 - Zasuwa burzowa
 - Redukcja
 - Tuleja ochronna do przegród budowlanych
 - Złączka dwukielichowa z ogranicznikiem (z przegrodą)
 - Złączka dwukielichowa bez ogranicznika (nasuwka)
 - Zaślepka (korek)
- Podstawy z kinetą studzienek niewłazowych inspekcyjnych
 - Podstawy z trzema dopływami lub równoprzelotowe do średnic $d_n = 110\text{mm}$, 160mm , 200mm , 250mm , 315mm i 400mm dostosowane do rury trzonowej karbowanej (korugowanej) o wymiarze nominalnym odniesionym do średnicy wewnętrznej 355mm lub rur trzonowych gładkich $d_n = 400\text{mm}$ przeznaczonych do rur teleskopowych gładkich $d_n = 315\text{mm}$.

II. Projektowanie zewnętrznych systemów kanalizacyjnych

1. Systemy kanalizacyjne

Pod pojęciem zewnętrznych przewodów kanalizacyjnych wykonanych z rur kanalizacyjnych uważa się system przewodów grawitacyjnych od miejsca, z którego odprowadzane są ścieki poza budynek z wewnętrznej instalacji kanalizacyjnej oraz ewentualnie z miejsc odbioru wód opadowych do oczyszczalni ścieków lub innego odbiornika ścieków, gdzie nastąpi ich utylizacja. Przewody deszczowe lub przewody kanalizacyjne pod budynkami mogą być również zaliczane do kanalizacji zewnętrznej, jeżeli nie tworzą części instalacji wewnętrznej budynku.

Rozróżnia się następujące rodzaje ścieków:

Ścieki bytowo-gospodarcze – odprowadzenie wody zużytej z kuchni, pralni, umywalni, łazienek, ustępów i innych urządzeń sanitarnych.

Ścieki ze spływu wody powierzchniowej pochodzącej z opadów atmosferycznych, która nie przesiąkła do gruntu i została odprowadzona z powierzchni terenu lub zewnętrznego otoczenia budynku.

Ścieki przemysłowe pochodzące całkowicie lub w części z działalności przemysłowej lub handlowej.

Systemy kanalizacyjne powinny być tak projektowane, budowane i użytkowane, aby odprowadzane ścieki nie wywoływały trudnych do zniesienia uciążliwości dla otoczenia, ryzyka dla zdrowia mieszkańców oraz personelu obsługującego system. W projekcie systemu kanalizacyjnego powinno się uwzględniać topografię terenu, charakter zabudowy, istniejące i prognozowane ilości ścieków, zdolność odbioru ścieków przez oczyszczalnię ścieków (możliwość jej rozbudowy) oraz przydatność innych odbiorników do utylizacji ścieków pochodzących z wód powierzchniowych.

W zależności od lokalnych wymagań mogą być stosowane trzy różne systemy kanalizacyjne:

- kanalizacja rozdzielcza – składająca się z dwóch niezależnych układów, z których jeden służy do odprowadzania wód zużytych (w tym głównie ścieków bytowo-gospodarczych), a drugi układ służy do odprowadzenia wód powierzchniowych (pochodzących z opadów atmosferycznych) oraz w przypadkach szczególnych wymagających specjalnego zezwolenia również ograniczonej ilości wody gruntowej.
- kanalizacja ogólnospławna – przeznaczona jest do odprowadzania ścieków bytowo-gospodarczych i wód powierzchniowych wspólnym systemem przewodów.
- kanalizacja częściowo-rozdzielcza – składająca się z dwóch układów kanalizacyjnych, z których jeden służy do odprowadzania ścieków bytowo-gospodarczych oraz ograniczonej ilości wód powierzchniowych przekazywanych do oczyszczalni ścieków, a drugi układ służy wyłącznie do odprowadzania nadmiaru wód powierzchniowych do odbiornika.

Kanalizacja ogólnospławna była stosowana powszechnie, gdy nie było budowanych sprawnych oczyszczalni, a odbiornikiem ścieków były wszystkie rodzaje wód, takie jak morze, rzeki, strumienie, jeziora oraz warstwy wodonośne gruntu. Obecnie budowane oczyszczalnie mają wysoką sprawność oczyszczania wód zużytych, ale procesy oczyszczania są kosztowne i zachodzi konieczność „segregacji” ścieków w zależności od stopnia ich zanieczyszczenia. Wybór systemu kanalizacyjnego zależy głównie od:

- rodzaju systemu, który aktualnie funkcjonuje na danym terenie;

- wielkości i sprawności oczyszczalni oraz możliwości jej rozbudowy lub modernizacji;
- własności fizycznych ścieków odprowadzanych do systemu kanalizacyjnego;
- konieczności wstępnego oczyszczenia ścieków
- topografii terenu i innych warunków miejscowych.

Dopuszcza się wprowadzenie do systemu kanalizacyjnego następujących rodzajów ścieków:

- ścieki bytowo-gospodarcze;
- ścieki przemysłowe możliwe do przyjęcia bez wstępnego oczyszczenia lub po wstępnym oczyszczeniu;
- wody powierzchniowe i w przypadkach, gdy udzielono zezwolenia, wody gruntowe.

Przystępując do projektowania systemu kanalizacyjnego należy wziąć pod uwagę szereg czynników, do których należy zaliczyć:

- topografię terenu i wynikające z tego konieczne spadki przewodów oraz wielkość ich zagłębienia dla zapewnienia nie przemarzania przewodów w okresie zimowym;
- poziom występowania wód gruntowych i związanej z tym konieczności odwodnienia terenu w czasie prowadzenia robót ziemnych;
- warunki gruntowe, dla których w trakcie prowadzenia robót ziemnych w strefie ułożenia przewodu ze względu na niską nośność oraz brak zdolności do zagęszczania, wystąpi konieczność zmiany gruntu rodzimego, na inny grunt dostarczony z zewnątrz;
- konsekwencji wynikających ze sposobu prowadzenia robót ziemnych mających wpływ na zmianę warunków gruntowych poprzez zmianę przepływu wód gruntowych w warstwach wodonośnych;
- specjalnych wymagań związanych z ochroną środowiska, np. przy budowie sieci kanalizacyjnej w parkach narodowych lub krajobrazowych.;
- sezonowego odbioru ścieków na terenach eksploatowanych okresowo, np. rekreacyjnych lub turystycznych;
- aktualną i perspektywiczną gęstość zaludnienia terenu.

Analizując te czynniki należy rozważyć konieczność wyboru systemu odprowadzania ścieków. Znaczący wpływ na koszty budowy i eksploatację będzie miało nadmierne zagłębienie przewodów. Projekt jest poprawny pod względem ekonomicznym wtedy, gdy przewody kanalizacyjne są układane zgodnie z naturalnymi spadkami terenu. Jednocześnie przewody te powinny być ułożone z takimi spadkami, w przypadku których wystąpią wystarczające prędkości przepływu do samooczyszczania. Zagłębienie przewodów będzie miało znaczący wpływ na koszt budowy i eksploatację. Decydując się na określone sposoby budowy, należy rozważyć zagłębienie łącznie z innymi czynnikami takimi, jak:

- ochrona przed zalaniem wykopów w trakcie robót;
- własności fizyczne gruntu;
- obecność wód gruntowych;
- bliskość fundamentów budowli i konieczność ich zabezpieczenia;
- bliskość innej infrastruktury technicznej;
- bliskość drzew lub silny rozrost korzeni;
- ochrona przed przemarzaniem.

W przypadku konieczności nadmiernego zagłębienia przewodów należy rozważyć celowość wprowadzenia, w układach przewodów kanalizacji grawitacyjnej, częściowych układów pompowych. Układy takie mogą dotyczyć kanalizacji ciśnieniowej lub podciśnieniowej (próżniowej, vacuum). Konieczne jest rozważenie, w dłuższym okresie,

ponoszenia kosztów za dostawy energii i innych kosztów związanych z eksploatacją urządzeń.

Poprzez zastosowanie układów pompowych dla ścieków lub wód powierzchniowych uzyskuje się:

- minimalne zgłębienie przewodów;
- włączenie do systemów kanalizacji grawitacyjnej lub bezpośrednio do oczyszczalni ścieków wylotów przewodów z terenów niżej położonych, które nie nadają się do odbioru grawitacyjnego ścieków;
- pokonanie przeszkód terenowych, np. wzniesienie terenu, cieków wodnych powierzchniowych, linii kolejowych lub przypadków konieczności wykonania układów syfonowych.

2. Ogólne wymagania projektowe

Wymagania te dotyczące rur elastycznych ujęte są w normach PN-EN 752, PN-EN 1295-1 i PN-EN 1610.

- Przewody układane w gruncie powinny być tak projektowane, aby uwzględniały obciążenia wewnętrzne i zewnętrzne występujące w czasie budowy i eksploatacji bez niebezpieczeństwa nadmiernego odkształcenia i utraty szczelności oraz nie stwarzały zagrożenia dla środowiska poprzez nie spełnianie swoich funkcji.
- Przewody kanalizacyjne bezciśnieniowe (grawitacyjne) w zależności od obciążeń zewnętrznych statycznych i dynamicznych, warunków gruntowych oraz staranności i nadzoru w czasie ich układania powinny posiadać odpowiednio dobraną, nominalną sztywność obwodową, gwarantującą nie przekroczenie dopuszczalnych odkształceń krótko i długotrwałych.
- Przewody ciśnieniowe (niskociśnieniowe i podciśnieniowe) powinny mieć ustalone nominalne ciśnienie robocze założone przez projektanta, uwzględniające możliwość występowania przeciążeń.
- Przy obciążeniach zewnętrznych przewodów z tworzyw sztucznych należy uwzględnić nominalną sztywność obwodową przewodu oraz sprężystość współpracującego gruntu, ponadto wpływ konstrukcji wykopu i wód gruntowych w funkcji czasu oddziaływania. Naciski wywierane na przewód przez powierzchniowe obciążenia skupione, pochodzące od kół pojazdów, powinny być obliczone zgodnie z metodą Boussinesq'a oraz powinien być uwzględniony wpływ tego obciążenia na przewód.
- Należy określić stany graniczne, przy których przewód może zachowywać się nieprawidłowo (np. wystąpią przecieki, deformacje przekroju poprzecznego). Projekt powinien zapewniać, że takie przypadki nie zostaną osiągnięte.
- Głębokość przykrycia przewodów (pionowa odległość od grzbietu rury do powierzchni terenu) uzależniona jest od głębokości przemarzania gruntu (h_z) dla danej strefy kraju (PN-B-03020) i wynosi ona dla przewodów kanalizacyjnych $h_z + 0,2\text{m}$

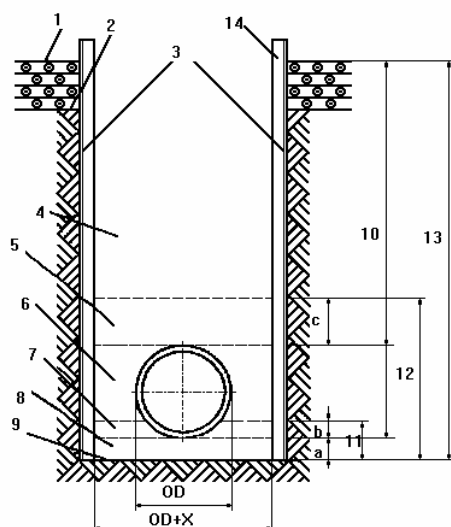
2.1. Wpływ wykonawstwa na projektowanie

Spośród różnych czynników branych pod uwagę w projektowaniu konstrukcyjnym jedynie dobór średnicy i głębokości przykrycia zależne są od projektanta. Natomiast metody prowadzenia robót ziemnych oraz użycia gruntu w strefie ułożenia przewodu są zależne od projektanta tylko w zakresie, który wynika z przyjętych założeń i nadzoru robót.

Wykonywanie wykopów, sposób posadowienia przewodu i zasypywanie wykopu gruntem, ma istotne znaczenie dla doboru sztywności obwodowej rur.

Ilustracje zdefiniowanych określeń przy wykonywaniu robót ziemnych podano na rysunku 17.

1. Powierzchnia terenu
2. Spód drogi
3. Ściany wykopu
4. Zasyпка główna
5. Zasyпка wstępna
6. Obsypka
7. Podsypka górna
8. Podsypka dolna
9. Dno wykopu
10. Głębokość przykrycia
11. Grubość podsypki
12. Wysokość strefy ułożenia przewodu
13. Głębokość wykopu
- a – głębokość podsypki dolnej
- b – głębokość podsypki górnej
- c – głębokość zasyпки wstępnej



Rysunek 17. Określenia dotyczące robót ziemnych

Przy prowadzeniu robót ziemnych istotne znaczenie ma sposób wykonywania wzmocnienia ścian wykopu i likwidacja obudowy ścian w czasie zasypywania, co może spowodować rozluźnienie zagęszczenia gruntu, a powstałe przy tym puste przestrzenie mogą być przyczyną odkształcenia przewodu i wydłużenia czasu osiadania przewodu. Występowanie wody gruntowej i obniżenie jej poziomu w czasie prowadzenia robót ziemnych może mieć również wpływ na nośność gruntu a więc stabilność ułożonych przewodów. Ponowna zmiana poziomu wody gruntowej po wykonaniu zasyпки może być przyczyną przemieszczeń drobnych cząstek z gruntu rodzimego do strefy ułożenia przewodu, co może osłabić grunt rodzimy po obu stronach przewodu poza wykopem.

Przy projektowaniu posadowienia przewodu należy przewidzieć, czy grunt ma odpowiednią nośność i czy konieczne jest wykonanie podsypki. Ponadto w gruntach o wyjątkowo niskiej nośności należy w strefie ułożenia przewodu wykonać zabezpieczenie za

pomocą geotekstyliów, nie dopuszczające do przenikania drobnych cząstek gruntu do tej strefy.

Bardzo duży wpływ na wytrzymałość konstrukcyjną przewodu, a więc jego odkształcenia ma materiał gruntowy znajdujący się w bezpośredniej bliskości przewodu, który stanowi strefę ułożenia przewodu. Wpływa to na rozkład naprężeń gruntu na obwodzie rury i stąd na reakcję rury. Stopień początkowy zagęszczania gruntu w czasie budowy przewodu ma duży wpływ na wielkość późniejszego osiadania, jako wynik konsolidacji naturalnej lub przyspieszonej przez ruch drogowy. Im większe będzie osiadanie przewodu, tym większe naciski będą działały na przewód.

W przypadku, gdy grunt w strefie ułożenia przewodu, jest odpowiednio zagęszczony, część energii wywołanej obciążeniem oddziałuje na przewód (powodując jego odkształcenie), jak również część energii na zasadzie reakcji odbierana jest przez grunt znajdujący po bokach przewodu. Obszar, w którym przekazywana jest energia zależy od sztywności obwodowej przewodu, zdolności gruntu wypełniającego wykop do zagęszczania i od rodzaju gruntu rodzimego poza wykopem. Wykorzystanie, szczególnie w strefie ułożenia przewodu, gruntów łatwych do zagęszczania i mających niską podatność na zawilgocenie, może w dużym stopniu zmniejszyć wielkość odkształceń powstających w przewodzie przy jego montażu i zasypce.

Praktyka i badania doświadczalne ułożonych przewodów wskazują na zmienność występujących nacisków i postępującą deformację przekroju poprzecznego rur. Główna przyczyna tych zmienności wynika z niejednorodności charakterystyki gruntu i różnej praktyki budowlanej. Wielkość tych różnic może być zdecydowanie zmniejszona przez dobry nadzór, pomiary kontrolne i użycie do obsypki oraz wstępnej zasypki materiału gruntowego wykazującego się dobrą zdolnością do zagęszczania. Dlatego przy projektowaniu powinno się kierować następującymi zasadami:

- Projektant powinien przewidzieć średnie właściwości gruntu rodzimego i dostosować do tych warunków odpowiednią sztywność obwodową przewodu;
- Projektant, w przypadku trudnych warunków gruntu rodzimego, szczególnie w przypadku występowania nawodnienia, powinien przewidzieć i ustalić konieczność wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu oraz ewentualnego sposobu zabezpieczenia przewodu przed osiadaniem.

3. Obliczenia hydrauliczne przewodów grawitacyjnych oraz dobór średnic i spadków przewodów.

Do przeprowadzenia obliczeń przy przepływach burzliwych w przewodach kanalizacyjnych o przekrojach kołowych przy całkowitym napełnieniu średnia prędkość przepływu V wyrażona jest wzorem Colebrooka-White'a podanego w normie PN-EN 752-4. Mnożąc średnią prędkość strumienia przez powierzchnię przewodu otrzymamy równanie:

$$Q = -6,954 \log \left(\frac{0,737}{d \sqrt{d_i J_E} \cdot 10^{-6}} + \frac{k}{3,71 d_i} \right) d_i^2 \sqrt{d_i \cdot J_E} \quad (m^3 / s)$$

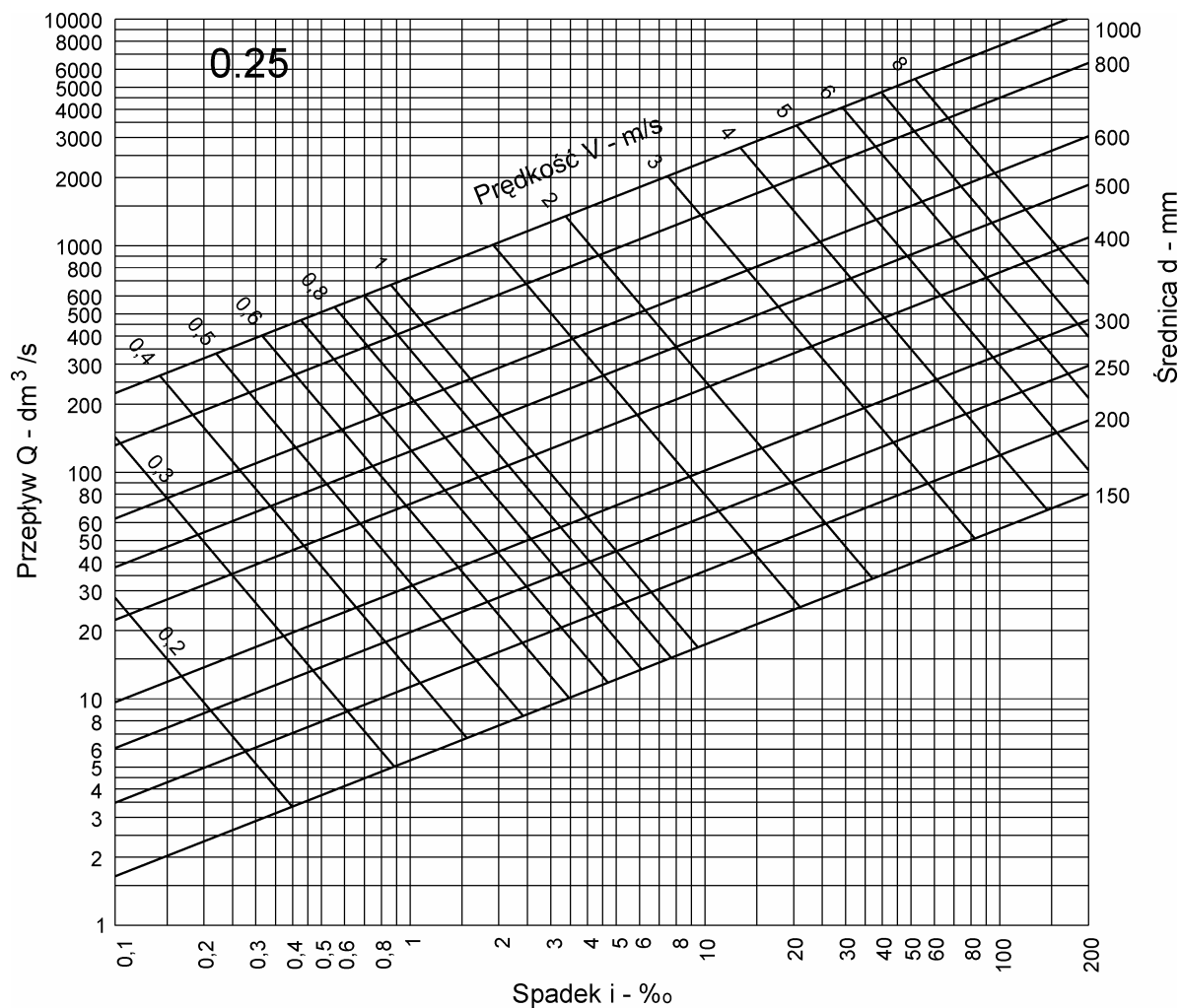
gdzie:

- V – średnia prędkość strumienia o przekroju poprzecznym przewodu (m/s)
- g - stała grawitacji (9,81 m/s²)
- d_i – średnica wewnętrzna rury (m)
- J_E – spadek hydrauliczny (strata energii na jednostkę długości) (bezwymiarowa)
- k – współczynnik chropowatości hydraulicznej rury (m)

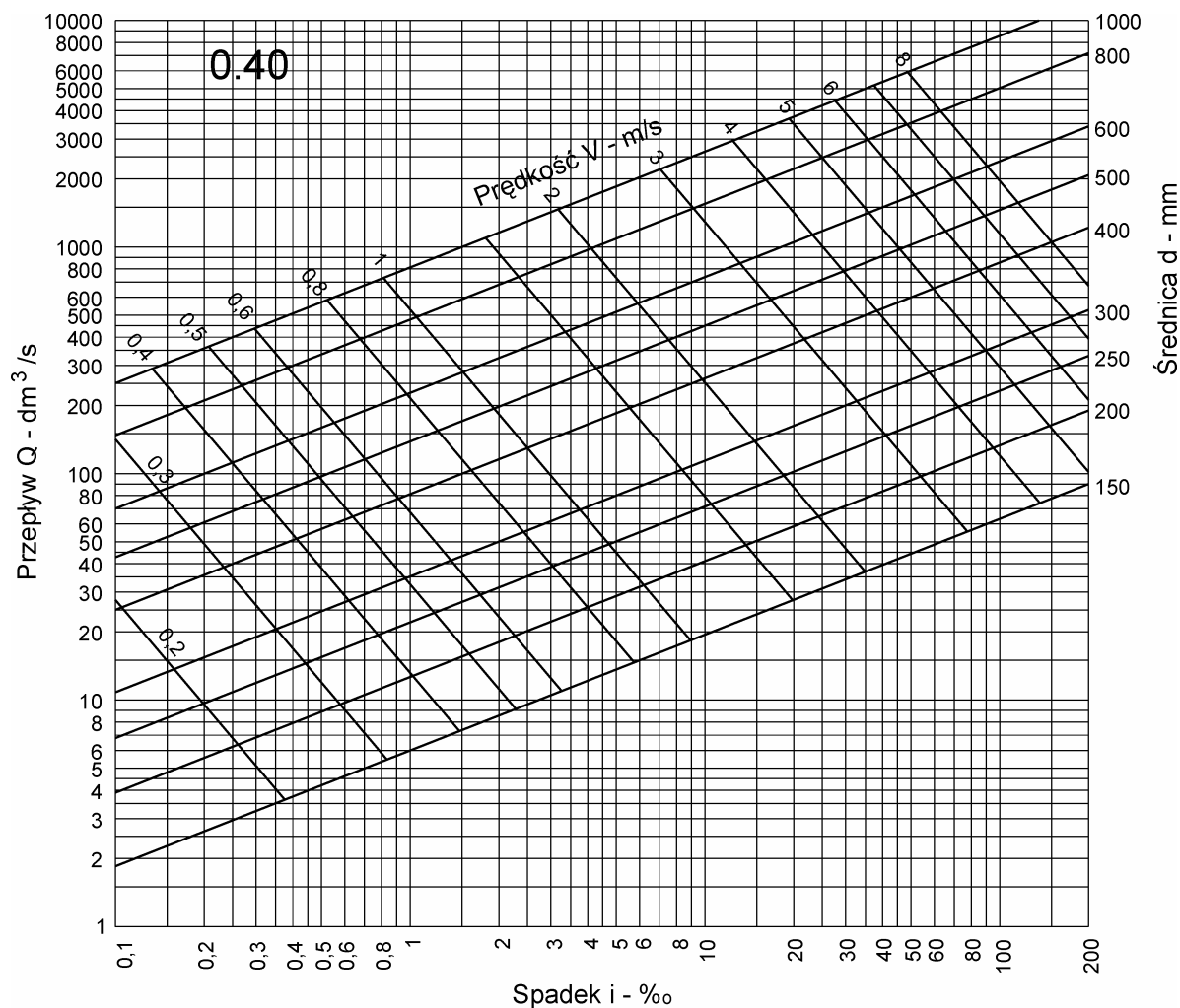
θ - współczynnik kinetycznej lepkości cieczy (dla ścieków wynosi $1.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

Przyjmując średnią prędkość przepływu ścieków (V) oraz spadki przewodów (J_E) można na podstawie monogramów (rysunek 18 i rysunek 19 dla rur K-2) ustalić średnicę rury dla odpowiednich wielkości przepływu (dm^3/s).

Współczynniki chropowatości (uwzględniające straty ciśnienia poprzez opór tarcia powierzchni rury w czasie przepływu turbulentnego) przyjęto dla przewodów K-2 z PP z bocznymi dopływami i studzienkami rewizyjnymi $k=0,4\text{mm}$ ($0,0004\text{m}$), natomiast dla przewodów tranzytowych bez dopływów lecz z małą ilością studzienek przelotowych $k=0,25\text{mm}$ ($0,00025\text{m}$).



Rysunek 18. Nonogram do obliczeń przepływów dla rur K-2 ($k=0,25\text{mm}$)



Rysunek 19. Nonogram do obliczeń przepływów dla rur K-2 (k=0,40mm)

Do obliczeń przewodów przy częściowym napełnieniu można użyć wzoru Bretting'a:

$$\frac{q_n}{Q} = 0,46 - 0,5 \cos\left(\Pi \frac{h_n}{d_i}\right) + 0,04 \cos\left(2 \Pi \frac{h_n}{d_i}\right)$$

gdzie:

- h_n - wysokość częściowo napełnionego przewodu
- d_i – wysokość pełnego napełnienia przewodu
- q_n - natężenie przepływu częściowo napełnionego przewodu
- Q – natężenie przepływu przy pełnym napełnieniu przewodu
- V_n - prędkość przepływu częściowo napełnionego przewodu
- R_n - promień hydrauliczny częściowo napełnionego przewodu
- R – promień hydrauliczny przy pełnym napełnieniu przewodu

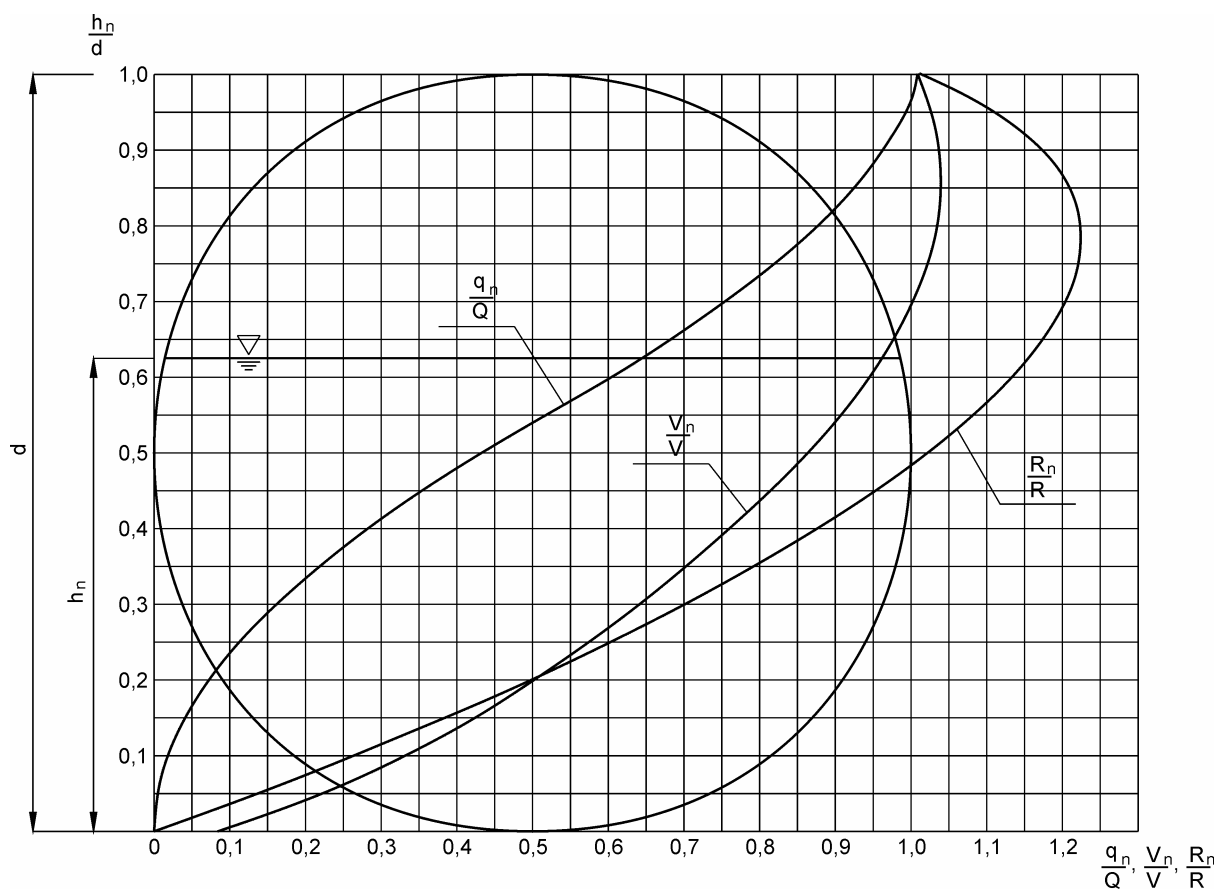
$\frac{h_n}{d_i}$ - stosunek wysokości częściowego napełnienia do pełnego napełnienia przewodu

$\frac{q_n}{Q}$ - stosunek wielkości natężeń przepływów dla różnych napełnień przewodu

$\frac{V_n}{V}$ - stosunek prędkości strumieni ścieków dla różnych wysokości napełnień w odniesieniu do pełnego napełnienia

$\frac{R_n}{R}$ - stosunek promieni hydraulicznych

Ze względu na zapewnienie wietrzenia przewodów przepływ ścieków powinien się odbywać przy ich częściowym napełnieniu. Należy wyznaczyć zależności w odniesieniu do stopnia napełnienia na podstawie krzywych sprawności dla przekroju kołowego pokazanych na rysunku 17.



Rysunek 20. Wykres sprawności przekroju kołowego

Na podstawie tych równań obliczono minimalne spadki przewodów jakie można przyjmować dla najmniejszych prędkości przepływu dla zachowania samooczyszczania przewodów grawitacyjnych, których wartości podano w tabelicy 19. Prędkości przepływu powinny wzrastać wraz ze zwiększeniem średnic. Zasadą jest przyjmowanie spadków wraz ze zwiększeniem średnic w myśl reguły:

$$J_E = \frac{1}{d_i}$$

Minimalny spadek hydrauliczny spełniający warunek samooczyszczania dla wód deszczowych można również wyliczyć z równania (uwzględniającego naprężenia styczne cieczy transportowej oraz stopień wypełnienia przewodu):

$$J_{E \min} = 0,612 \cdot 10^{-3} \left(d_i \frac{R_n}{R} \right)^{-1}$$

natomiast dla ścieków bytowo-gospodarczych :

$$J_{E \min} = 0,815 \cdot 10^{-3} \left(d_i \frac{R_n}{R} \right)^{-1}$$

TABLICA 22. Minimalne spadki przewodów kanalizacyjnych (%)

Średnica nominalna d_n - rury gładkie DN- rury K-2	Kanalizacja deszczowa		Kanalizacja bytowo-gospodarcza		Kanalizacja ogólnospławna	
	V=0,6m/s		V=0,7m/s		V=1,0m/s	
	k=0,25mm	k=0,4mm	k=0,25mm	k=0,4mm	k=0,25mm	k=0,4mm
$d_n=110$	5	5,5	9	10	14	15
$d_n=160$	3	3,3	5,5	6	8	9
$d_n=200$	2,3	2,5	4	4,5	6	7
DN 150	3	3,1	4,1	4,4	7,8	8,6
DN 200	2,0	2,2	2,8	3,1	5,5	6,2
DN 250	1,6	1,7	2,1	2,3	4,2	4,5
DN 300	1,3	1,5	1,6	1,8	3,4	3,7
DN 400	0,83	0,95	1,2	1,4	2,3	2,6
DN 500	0,64	0,7	0,87	0,95	1,8	2,0
DN 600	0,5	0,6	0,7	0,78	1,4	1,6
DN 800	0,35	0,4	0,46	0,54	0,8	1,0
DN 1000	0,28	0,3	0,35	0,40	0,5	0,6

Obliczenie ilości ścieków bytowo-gospodarczych można oprzeć na ilości statystycznej zużycia wody przez odbiorców. Zużycie wody zależy od posiadania opomiarowania (czy odbiorcy płacą bezpośrednio za wodę pobieraną), od ilości przyborów sanitarnych oraz w dużym stopniu, czy mają dostępność bieżącej ciepłej wody. Można przyjąć, że zużycie wody na jednego mieszkańca wynosi 150 do 250 litrów na dobę. Maksymalny obliczeniowy przepływ ścieków bytowo-gospodarczych występuje średnio, w krajach europejskich, w granicach 4-6 litrów na sekundę na 1000 mieszkańców. Do wartości tych należy doliczyć dopływy z przemysłu, usług i handlu. Przepływ maksymalny powinien występować co najmniej raz na dobę, ażeby w sposób burzliwy nastąpiło samooczyszczenie przewodów.

Obliczenia wód z opadów atmosferycznych

Do obliczeń ilości odprowadzanych wód powierzchniowych z opadów atmosferycznych należy przyjąć wielkości powierzchni zlewni, intensywność i czas trwania opadów, trzeba określić typ gruntu i jego przepuszczalność oraz topografię terenu. Maksymalne przepływy wystąpią przy dużych opadach, które nie są możliwe do

przewidzenia. Do obliczeń w celu ustalenia kryteriów wydajności układu należy przyjmować częstotliwość występowania deszczu miarodajnego, przy którym nie powinny wystąpić przeciążenia. Minimalna szybkość przepływu dla wody deszczowej przy zachowaniu samooczyszczania przewodów wynosi 0,6m/s. Miarodajne natężenie deszczu zgodnie z PN – B-01707:1992 należy przyjmować nie mniej niż $i = 300 \text{ dm}^3/\text{s ha}$.

Maksymalne natężenie przepływu Q (dm^3/s) jest określone wzorem

$$Q = X i A$$

gdzie

X - współczynnik spływu ze zlewni (określa stopień przepuszczalności od 1 -dla dachów do 0,3 dla gruntów przepuszczalnych) (wartość bezwymiarowa)

i - miarodajne natężenie deszczu ($\text{dm}^3/\text{s ha}$)

A - powierzchnia spływu (ha) mierzona w rzucie poziomym

W celu zmniejszenia spływu wody deszczowej ze zlewni do systemu ogólnospławnego powinno się przewidzieć zastosowanie studni chłonnych oraz zmniejszenie powierzchni nieprzepuszczalnych poprzez częściowe odprowadzenie wód opadowych na powierzchnie przepuszczalne. W przypadku kanalizacji ogólnospławnej rozpatrując natężenie przepływu wynikające z ilości ścieków bytowo-gospodarczych powiększone o wody deszczowe w czasie deszczu nawalnego może okazać się, że wody te są dominującym składnikiem powodującym samooczyszczenie się przewodów, lecz znacznie powiększającym ilości ścieków transportowanych do oczyszczalni. Trzeba również pamiętać o konieczności dodatkowego czyszczenia przewodów podczas okresów bezdeszczowych, które występują w okresie zimy.

4. Dobór sztywności obwodowej rur kanalizacyjnych.

Sztywność obwodowa rur elastycznych z tworzyw termoplastycznych, w tym również z polipropylenu, jest właściwością związaną ze strukturą budowy, grubością ścianek oraz modułem sprężystości materiału, z którego wykonane są rury. Rury układane w gruncie, pracujące bez wewnętrznego ciśnienia, wskutek nacisku gruntu ulegają odkształceniom. Odkształcenia te zależą od sztywności obwodowej rury oraz od sprężystości gruntu otaczającego przewód; a więc właściwości gruntu związanych od stopnia jego zagęszczenia. Ponadto na wpływ parcia gruntu na rurę mają ciężar gruntu zalegającego nad rurą oraz naciski dynamiczne ponad terenem wynikające z obciążeń pochodzących od ruchu kołowego.

Sztywność obwodową dla rur o ściankach gładkich można ustalić na podstawie przyjętych grubości ścianek. Rury gładkościennne mają grubości ścianek tak dobrane, że wielkości te są proporcjonalne do średnic i są usystematyzowane w **seriach** rur (S). Dzieląc średnicę zewnętrzną rury (d_n) przez grubość ścianki (e_n) otrzymujemy **znormalizowany stosunek wymiarów** (SDR)

Wartość SDR jest więc liczbowym oznaczeniem serii rur, która jest liczbą zaokrągloną i w przybliżeniu równą ilorazowi wynikającemu z wzoru:

$$(SDR) = \frac{d_n}{e_n}$$

natomiast wartość serii rur S wynika z wzoru:

$$(S) = \frac{d_n - e_n}{2e_n} \quad \text{lub} \quad (S) = \frac{(SDR) - 1}{2}$$

Tak więc bez względu na średnice zewnętrzne, rury o grubości z tej samej serii i SDR mają ustaloną sztywność obwodową, która określona jest w normach przedmiotowych i oznaczona skrótem **SN** (kN/m²).

Ponadto dla rur o ściankach gładkich można również obliczyć początkową sztywność obwodową (kalkulacyjną, obliczeniową) (**Sc**) z następujących wzorów:

$$Sc = \frac{E \cdot J}{(d_n - e_n)^3} ; \quad J = \frac{e_n^3}{12} ; \quad S = \frac{d_n - e_n}{2e_n}$$

$$Sc = \frac{E}{96(S)^3}$$

gdzie:

Sc - początkowa sztywność obwodowa obliczeniowa (kN/m²)

E - moduł sprężystości (krótkotrwalej) przy zginaniu, który wynosi dla

PP - E= 1250÷1850 MPa

PE-HD - E= 600÷1200 MPa

PVC-U - E= 3000 Mpa

J - moment bezwładności (mm³)

d_n - nominalna średnica zewnętrzna (mm)

e_n - nominalna grubość ścianki (mm)

S - seria rur (wartość bezwymiarowa)

Wartość **Sc** (dla rur gładkich) **jest wartością zbliżoną do** nominalnej sztywności obwodowej **SN** wynikającej z wartości określonej w normach PN-EN sprawdzanej na podstawie badań laboratoryjnych wykonanych zgodnie z PN-EN ISO 9969, w których próbki rur są ściskane pomiędzy płytami maszyny wytrzymałościowej do momentu zmniejszenia średnicy wewnętrznej o 3%.

Wartość **SN** (sztywności obwodowej) dla rur strukturalnych dwuwarstwowych K-2 z polipropylenu można praktycznie ustalić jedynie na podstawie badań laboratoryjnych wykonanych przez Producenta i deklarowanych poprzez znakowanie na rurach. Sztywność obwodowa deklarowana przez producenta jest nominalną sztywnością obwodową rur i należy ją przyjmować, że jest sztywnością minimalną jaka może wystąpić w całej partii rur dostarczanej przez Producenta.

Projektant przy doborze sztywności obwodowej rur powinien przeanalizować następujące zagadnienia:

- kwalifikacje gruntu rodzimego w celu możliwości użycia go do zasypki wstępnej w strefie ułożenia przewodu;
- celowości użycia gruntu obcego w strefie ułożenia przewodu na podsypkę i zasypkę wstępną;
- konieczności zabezpieczenia gruntu obcego geotekstylami;
- określenia zdolności do zagęszczania gruntu użytego do strefy ułożenia przewodu oraz staranności wykonania robót ziemnych przez wykonawcę;

- przeprowadzenie analizy ekonomicznej celowości użycia gruntu obcego lub gruntu rodzimego w strefie ułożenia przewodu oraz dokonanie doboru sztywności obwodowej rur kanalizacyjnych.

W krajach europejskich są znaczne różnice w sposobach oznaczania uziarnienia materiałów gruntowych. Obecnie ujednoczenie oznaczenia uziarnienia jest praktycznie niemożliwe. Poszczególne kraje w swoich zarządzeniach dość różnie dopuszczają użycie materiału gruntowego do strefy ułożenia przewodów z tworzyw sztucznych.

W Polsce określenia podziału i opisu gruntu ujęte są w normie PN-B-02480:1986. Nie ma jednak dotychczas zarządzeń krajowych, które określałyby wymagania dotyczące użycia materiału gruntowego w strefie ułożenia przewodów elastycznych. Analizując Aneks B do normy PN-EN 1610, w którym zgromadzono informacje dotyczące własności materiałów gruntowych stosowanych w krajach europejskich zrzeszonych w CEN oraz ogólne wymagania dla materiałów gruntowych stosowanych na podsypkę i zasypkę wstępną dla rur elastycznych z tworzyw termoplastycznych można dokonać prowizorycznej klasyfikacji gruntów pod względem ich przydatności do użycia w strefie ułożenia przewodów (tablica 23). Dotyczy to zdolności do zagęszczania oraz sprężystości granulowanych materiałów gruntowych użytych na podsypkę i wstępną zasypkę. Nie dopuszcza się występowania w tej strefie ostrych kamieni krzemowych lub innych kruszyw przekraczających dopuszczalne wymiary.

TABLICA 23. Klasyfikacja grup materiału gruntowego

Grupa gruntów	Typ gruntu	Opis	Możliwość użycia w strefie ułożenia przewodu K-2
1	granulowany	Materiał sortowany – żwir, tłuczeń o wymiarach ziarna 4-8, 4-16, 8-12, 8-22 mm Dopuszczalna ilość ziaren 2mm do 20% Materiał o mocnym szkielecie jedno lub wielofrakcyjny	tak
2	granulowany	Materiał sortowany na bazie pospółki piasku i żwiru o wymiarach ziaren do 22mm zawierający do 20% ziaren piasku Materiał podatny do zagęszczania	tak
3	granulowany	Piaski drobnoziarniste, żwiry zaglinione, mieszaniny o różnym uziarnieniu, nie sortowane lecz nie przekraczające wymiary ziaren 22mm o zawartości do 5% drobnych pyłów	tak
4	spoisty	Grunty złożone z pyłów, gliny, ilów pylastych o średniej i dużej plastyczności mające ograniczone zastosowanie ze względu na małą sprężystość	tak
5	organiczny	Torfy, ily pylaste, pyły zawierające znaczną ilość substancji organicznych	nie
6	miękki organiczny	Grunty bardzo ściśliwe – torfy, namuły, organiczne gytii, kreda jeziorna, osady w starych rynnach cieków wodnych Grunty podlegające dużej syfozji – wymywaniu części pylastych przez wodę gruntową o ściśliwości $M_0=0,2\div 2\text{MPa}$	zupełnie nie nadające się

Dla tych grup gruntu, w zależności od staranności wykonania prac przy zagęszczaniu, można uzyskać różny wskaźnik zagęszczenia gruntu.

W tabelicy 21 podano, na podstawie przednormy PN-ENV 1046, możliwy do uzyskania stopień zagęszczania gruntu w % wartości Proctora w zależności od klasyfikacji jakości wykonania prac zagęszczających dla grupy gruntu nadającego się do użycia w strefie ułożenia przewodu.

TABLICA 24. Możliwość zagęszczania gruntów

Klasyfikacja jakości wykonania	Wskaźnik zagęszczenia wartości (%) Proctora			
	Grupa 4	Grupa 3	Grupa 2	Grupa 1
Niedbałe - N – (Not)	75 do 80	79 do 85	84 do 89	90 do 94
Mierne - M – (Moderate)	81 do 89	86 do 92	90 do 95	95 do 97
Wysokie - W – (dobre)(Well)	90 do 95	93 do 96	96 do 100	98 do 100

Natomiast w tabelicy 25 ujęto zalecaną minimalną sztywność obwodową rur (SN) przeznaczonych do układania na terenach bez ruchu drogowego w zależności od rodzaju gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu w wykopach na terenach, gdzie występują grunty rodzime, które zostały zaliczone do grup ujętych w tabelicy 20. Przy zagłębieniach przewodów powyżej 3m nie można dopuścić do niedbałego wykonania prac zagęszczania gruntu w strefie ułożenia przewodu, ponieważ trudne jest do przewidzenia odkształcenie przewodu podczas konsolidacji gruntu.

TABLICA 25. Zalecana minimalna sztywność obwodowa rur kanalizacyjnych K-2 do układania na terenach bez obciążenia pochodzącego od ruchu kołowego.

Grupa gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu	Klasyfikacja wykonania prac zagęszczających podana w tabelicy 21	Minimalna sztywność obwodowa rur K-2 SN					
		<i>Głębokość ułożenia 1m do 3m</i>					
		Klasyfikacja gruntu rodzimego					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	4	4	4	5
	M	4	4	4	4	5	6,3
	N	4	4	4	4	8	10
2	W		4	4	4	5	5
	M		4	4	5	6,3	6,3
	N		4	6,3	8	8	*)
3	W			4	6,3	8	8
	M			6,3	8	10	*)
	N			*)	*)	*)	*)
4	W				6,3	8	8
	M				*)	*)	*)
	N				*)	*)	*)

		<i>Głębokość ułożenia 3m do 6m</i>					
1	W	4	4	4	4	5	6,3
	M	4	4	4	5	6,3	8
2	W		4	4	5	8	8
	M		5	5	8	10	*)
3	W			6,3	8	10	*)
	M			*)	*)	*)	*)
4	W				*)	*)	*)
	M				*)	*)	*)

*) konieczne jest przeprowadzenie obliczeń

W przypadku układania przewodów w pasie drogowym, roboty ziemne powinny być wykonane zgodnie z PN-S-02205. Powinna być określona klasyfikacja gruntów występujących poniżej strefy przemarzania, w której układane są przewody oraz ustalona grupa gruntu w strefie ułożenia przewodów. Zasyпки przekopów poprzecznych, wąskoprzestrzennych przez jezdnie do głębokości 1,2m powinny uzyskać wskaźnik zagęszczenia 1,00, na większej głębokości dopuszcza się wskaźnik zagęszczenia 0,97 pod warunkiem stosowania środków łagodzących osiadanie (np. użycie granulatów dobrze zagęszczalnych, wbudowanie zbrojenia z geotekstyliów).

W zależności od klasy drogi podłoże gruntowe, w którym ułożone są przewody musi mieć odpowiednie zagęszczenie. Dla autostrad, dróg ekspresowych zagęszczenie gruntu w nasypach powinno wynosić 0,97 dla dróg o ruchu ciężkim i bardzo ciężkim nie mniej niż 0,95, natomiast dla dróg o ruchu lekkim i średnim 0,92. Przy wymaganych zagęszczeniach gruntu, klasyfikacja wykonywania prac zagęszczających może być jedynie wysoka. W tabelicy 23 podano minimalną sztywność obwodową rur K-2 przy układaniu rur w pasie drogowym w różnych warunkach występowania gruntu rodzimego.

TABLICA 26. Zalecana minimalna sztywność obwodowa rur kanalizacyjnych K-2 do układania w pasie drogowym.

Grupa gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu	Klasyfikacja wykonania prac zagęszczających podana w tabelicy 21	Minimalna sztywność obwodowa rur K-2 SN					
		<i>Głębokość ułożenia 1m do 3m</i>					
		Klasyfikacja gruntu rodzimego					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	6,3	8	10	*)
2	W		6,3	8	10	*)	*)
3	W			10	*)	*)	*)
4	W				*)	*)	*)
		<i>Głębokość ułożenia 3m do 6m</i>					
1	W	4	4	4	4	5	6,3
2	W		4	4	5	8	8
3	W			6,3	8	10	*)
4	W				*)	*)	*)

*) konieczne jest przeprowadzenie obliczeń i dokładna analiza celowości zastosowania zbrojenia z geotekstyliów

5. Obliczenia statyczne przewodów kanalizacyjnych ułożonych pod ziemią w warunkach obciążeń pochodzących od ruchu drogowego.

Obliczenia sprawdzające odkształceń przewodów kanalizacyjnych K-2 z polipropylenu należy przeprowadzać w przypadkach, które stwarzają wątpliwości wynikające generalnie z następujących przypadków:

- przewody ułożone są w gruncie poniżej 1m lub głębiej niż 6m;
- grunt rodzimy jest o niskiej nośności, zaliczony do 5 lub 6 grupy;(tablica 23)
- przewody układane pod drogami o dużym nasileniu ruchu drogowego.

Podstawą do obliczeń jest norma PN-EN 1295-1, która zawiera wymagania dla projektantów przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych, które pracują pod ciśnieniem równym, większym lub mniejszym od atmosferycznego. Norma ta ze względu na duże różnice, które istnieją w krajach europejskich, wynikające z geologii i klimatu, a także różnorodnych tradycji montażu i organizacji prac, jest przewodnikiem po krajowych metodach projektowania. W części 1 tej normy ujęto jednak wymagania ogólne dla projektowania przewodów ułożonych pod ziemią. Podano procedury projektowe i określono wpływ metod wykonawczych (wykonywanie wykopów, posadowienie przewodów, wypełnianie wykopu gruntem) na deformacje rur poprzez działanie naprężeń na powstawanie odkształceń.

W Polsce do obliczeń odkształceń przewodów z tworzyw termoplastycznych stosowane są najczęściej dwie metody obliczeniowe opisane w załączniku do normy PN-EN 1295-1:

VAV P70:1992 metoda skandynawska zwana metodą Molina

ATV-A-127:1988 metoda niemiecka.

Obliczenia metodą skandynawska są znacznie łatwiejsze w użyciu, ponieważ ograniczają się do określenia odkształceń rur elastycznych powstałych od ciężaru gruntu i nacisków dynamicznych wynikających z obciążeń od ruchu kołowego. Do tych odkształceń dodaje się szacunkowe wartości wynikające z jakości warunków montażu oraz rodzaju podłoża.

Natomiast metoda niemiecka jest metodą ogólną dotyczącą obliczeń przewodów sztywnych i elastycznych, gdzie wpływ obciążenia na przewód ustalany jest na bazie wytrzymałości belki narażonej na ściskanie. Nacisk wynikowy jest podstawą do obliczenia momentów zginających, sił osiowych, naprężeń i odkształceń. Do przeprowadzania obliczeń należy przyjąć różnorodność właściwości gruntów, ich moduły odkształceń przy różnym stopniu zagęszczenia. Ponadto należy uwzględnić różne sposoby montażu przewodów, kształt i rodzaj wykopu, warunki wykonania zasypki i wpływ wód gruntowych.

Ponieważ wnikliwość teoretycznych obliczeń ze względu na często zmieniające się warunki w terenie jest w praktyce mało użyteczna, dlatego aktualnie przyjęto stosowanie w Polsce metodę skandynawską.

Metoda ta przy ustalaniu ugięć przewodów w równaniu Molina opiera się na formule Spangler'a. Zgodnie z ogólną formułą Spangler'a, względne ugięcie rury (odniesione do średnicy) wyniesie:

$$\frac{\delta_h}{DN} = \frac{f(q)}{SN + S_s}$$

gdzie:

δ_h - pionowe ugięcie rury

DN - nominalna średnica wewnętrzna

$\frac{\delta_h}{DN}$ - względne początkowe ugięcie rury

f(q) - obciążenie gruntem

SN - nominalna sztywność obwodowa rury

Ss - sztywność gruntu

Obciążenie gruntem przyjmowane jest zgodnie z teorią nasypu. Nacisk zewnętrzny pochodzący od ruchu pojazdów kołowych wzmacnia się zgodnie z teorią Boussinesq'a przy obciążeniu osiowym 2x130kN.

Przyjęte oznaczenia:

Q - całkowite pionowe obciążenie liniowe przewodu (kN/m)

H - głębokość przykrycia (odległość między rurą, a powierzchnią terenu) (m)

d_n - nominalna średnica zewnętrzna rury (m)

D - średnica obojętna osi zginania rury (m)

q - Q/ d_n - całkowite obciążenie pionowe (kN/m²)

δ_h - całkowite ugięcie pionowe rury (m)

δ_v - całkowite ugięcie poziome rury (m)

k - wskaźnik reakcji gruntu (kN/m²)

Ko - współczynnik parcia spoczynkowego gruntu (Ko = 0,5)

α - kąt podparcia rury na podsypce (°)

Es' - moduł sieczny gruntu w strefie ułożenia rury (kN/m²)

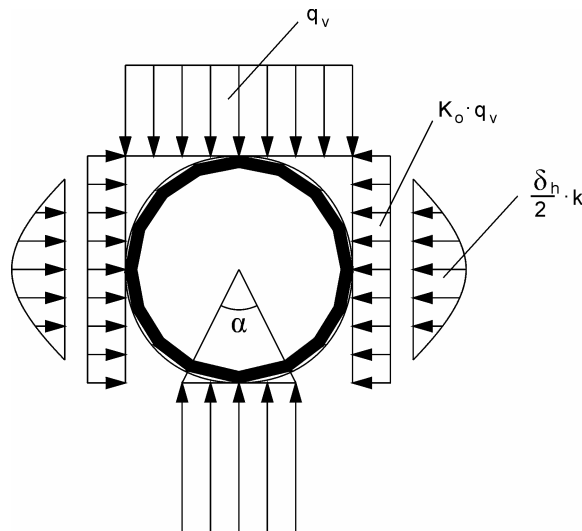
SN - sztywność obwodowa rury (kN/m²)

E - moduł sprężystości (krótkotrwałej) rury (kN/m²)

I = $e_n^3/12$ - moduł bezwładności przekroju poprzecznego rury

e_n - nominalna grubość ścianki rury (m)

Model rozkładu nacisków przedstawiono na rysunku 18



Rysunek 21. Model rozkładu nacisków na rurę

Obciążenia gruntem Q_s dla rur elastycznych można wyliczyć z wzoru:

$$Q_s = C' \cdot Q_{se}$$

C' - współczynnik sztywności układu rura elastyczna/grunt

Q_{se} - obciążenie gruntem dla rur sztywnych (maksymalne warunki obciążenia)

Wartość C' zawiera się w przedziale od 1,0 (rury sztywne) do 0,6 (rury całkowicie elastyczne). Wartość Q_{se} odpowiada ciężarowi gruntu zawartego nad rurą. Przyjmując do obliczeń teorii nasypu uproszczony wzór na obciążenie gruntem oddziałującym na rurę sztywną przyjmie postać:

$$Q_{se} = \frac{5}{3}(\gamma \cdot H \cdot d_n)$$

a dla rur elastycznych:

$$Q_s = C \cdot \gamma \cdot H \cdot d_n$$

gdzie:

γ - gęstość gruntu (najczęściej 18÷20 kN/m³)

C - współczynnik obciążenia przyjmuje się $C = 1,7 C'$, gdy $C' = 0,6$ to wówczas $C = 1$

Jeżeli poziom wód gruntowych przewyższa poziom ułożenia rury, to wówczas obciążenie gruntem ulega zmniejszeniu o wielkość sił wyporu. Dla gruntu nawodnionego przyjmuje się wartość ciężaru właściwego $\gamma_{sw} = 11$ kN/m³. Całkowite obciążenie działające na rurę będzie zwiększone o siłę parcia hydrostatycznego, która jest równa:

$$Q_w = \gamma_w DN \cdot H_w$$

gdzie:

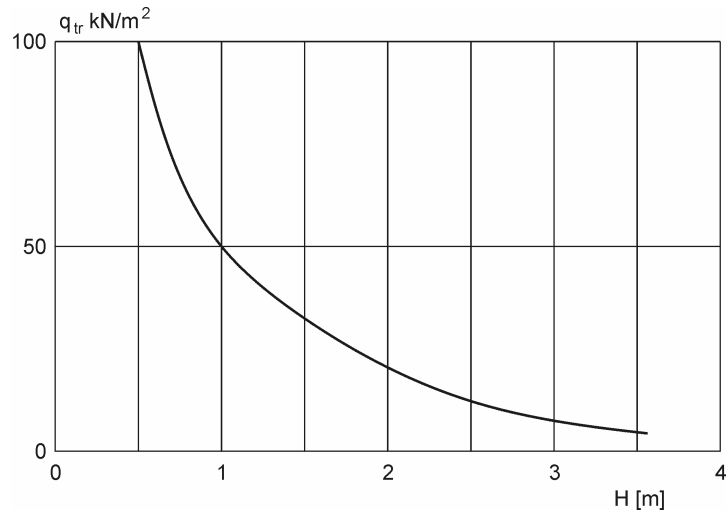
Q_w - obciążenie w wyniku parcia wody

γ_w - ciężar właściwy wody (10kN/m³)

H_w - wysokość zwierciadła wody ponad osią rury (m)

Obciążenie od ruchu kołowego.

Wpływ ruchu kołowego w obciążeniach działających na rurę jest uwzględniany przez rozkład nacisków zgodnie z teorią Boussinesq'a. Przyjmuje się model obciążeń zgodny z założeniem: Nacisk na 1 koło wynosi 130 kN, na oś z dwoma kołami wynosi 260 kN. Powierzchnia styku koła 0,6 x 0,2 m. W krajowych wytycznych projektowania dróg zaleca się przyjmować obciążenie ruchem miarodajnym; pojazd o trzech osiach o wartości 60kN(os przednia) i 2x120kN (osie tylne). Przyjęcie takiego założenia uwzględnia się poprzez stosowanie współczynnika dynamicznego równego 1,75, który zawarty jest w wartości obciążenia. Na wykresie rys.19 przedstawiono wielkość równoważnych obciążeń pionowych działających na rurę, pochodzących od ruchu kołowego q_{tr} w zależności od głębokości jej ułożenia.



Rysunek 22. Równoważnik obciążenia od ruchu kołowego

Całkowite obciążenie pionowe q działające na rurę, pochodzące od ciężaru gruntu i ruchu kołowego będzie wynosiło:

$$q = q_s + q_w + q_{tr}$$

gdzie:

q_s - napór gruntu $q_s = \gamma_s(H - H_w) + \gamma_{sw} H_w$

q_w - napór wody gruntowej $q_w = \gamma_w \cdot H_w$

q_{tr} - obciążenie ruchem kołowym

Ugięcie początkowe.

Całkowite ugięcie względne $\left(\frac{\delta}{DN} M\right)$ wynika z sumy ugięcia teoretycznego rury oraz ugięć składowych dotyczących warunków montażu przewodu oraz jakości podłoża:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right) M = \left(\frac{\delta}{DN}\right) q + I_f + B_f \quad (\%)$$

gdzie:

$\left(\frac{\delta}{DN}\right) q$ - ugięcie teoretyczne wywołane ciężarem gruntu i obciążeniem ruchem kołowym (%)

I_f - wartość ugięcia uwzględniające warunki montażu (%)

B_f - wartość ugięcia uwzględniające stan podłoża. (%)

Wartość ugięcia rury wywołane obciążeniem gruntu i ruchem kołowym można wyliczyć z równania:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right) q = q \frac{C \cdot b_1 - 0083Ko}{8 \cdot Sc + 0061Es'} \quad (\%)$$

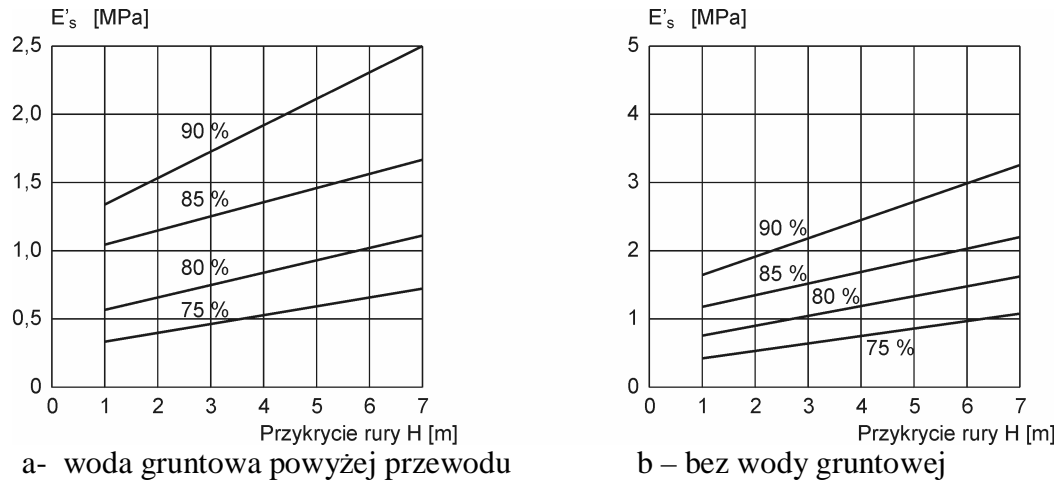
gdzie:

b_1 - współczynnik rozkładu obciążenia, równy 0,083 przy kącie podparcia rury $\alpha = 180^\circ$ oraz 0,096 przy kącie $\alpha = 90^\circ$.

Dla rur elastycznych, gdy w strefie ułożenia przewodu (podłoże, obsypka i wstępna zasypka) użyto gruntu niespoistego lub innego gruntu stabilnego przyjmuje się wartości $C = 1$, $b_1 = 0,083$ i $K_0 = 0,5$ równanie to ulega wówczas uproszczeniu i przyjmuje postać:

$$\left(\frac{\delta}{DN}\right)q = \frac{0,083q}{16 \cdot Sc + 0,122 \cdot Es'} \quad (\%)$$

Istotnym warunkiem dla określenia ugięcia względnego rury jest znajomość wartości modułu siecznego gruntu otaczającego rurę (Es'). Wartość tę określa się laboratoryjnie przy różnych zagęszczeniach gruntu według zmodyfikowanej próby Proctora. Wartości te przykładowo przedstawiono na rysunku 20 w zależności od głębokości posadowienia rury, stopnia zagęszczenia gruntu i stanu wody gruntowej powyżej lub poniżej ułożenia przewodu.



Rysunek 23. Moduł sieczny gruntu

Jeżeli w strefie przewodu jest dobrze zagęszczona glina, to wartość Es' może się wahać w granicach 300÷2000 kN/m² (0,3÷2MPa). Natomiast jeżeli glina jest w strefie wód gruntowych i staje się materiałem plastycznym podatnym na odkształcenia, to wówczas w ogóle nie możemy rozpatrywać tego członu sztywności i w mianowniku równania pozostaje praktycznie wartość sztywności obwodowej rury SN deklarowanej przez producenta.

Ugięcie wywołane obciążeniem pionowym dla gruntu sypkiego w strefie ułożenia przewodu wynosi zazwyczaj 2 do 4%. Przy obliczaniu rur kanalizacyjnych K-2 przyjmujemy wartość deklarowanej sztywności obwodowej SN , natomiast dla innych rur gładkościennych możemy przyjąć wartość obliczeniową sztywności obwodowej Sc .

Dla ustalenia pełnego początkowego ugięcia przewodu trzeba jeszcze dodać wartości ugięcia uwzględniające warunki montażu przewodu (I_f) oraz stanu podłoża (B_f). Wartości te wyznacza się uznaniowo w oparciu o zebrane doświadczenia. Wpływ na wielkości ugięć przewodów mają:

- kształt i szerokość wykopu w strefie ułożenia przewodu
- ruch pojazdów roboczych blisko wykopu w trakcie robót ziemnych
- metoda i typ sprzętu do zagęszczania gruntu
- nierówności podłoża lub podsypki dna wykopu

- umiejętność i staranność wykonawców
- dokładność nadzoru.

W tabelicy 24 podano zalecane wartości współczynników I_f i B_f przy założeniu, że w strefie ułożenia przewodu został użyty grunt wykazujący odpowiednie własności do zagęszczania (żwir, piasek). W przypadku dobrego zagęszczenia gruntu po bokach rury (obsypki) wartości I_f mogą być nawet ujemne, ponieważ rura zmniejszy swoją średnicę w płaszczyźnie poziomej a po zagęszczeniu gruntu nad grzbietem rury powróci do stanu zbliżonego do kołowego.

TABLICA 27. Zalecane wartości współczynników dotyczących warunków montażu

Wartości ugięcia uwzględniające warunki montażu I_f		
Rura w wykopie szerokim wspólnym z innymi przewodami		
- przy braku nadzoru		1÷2%
- z nadzorem		0%
Ruch pojazdów roboczych w czasie wykonywania budowy naruszający strukturę gruntu przy głębokości wykopu $H \leq 1,5$ m		1÷2%
Nieprawidłowe zagęszczanie gruntu nad rurą zbyt ciężkim sprzętem		0÷1%
Wartości ugięcia uwzględniające jakość podłoża B_f		
Wykonanie bez nadzoru	Wykonanie staranne	Wykonanie normalne
- nie wyrównane dno wykopu lub nierówna podsypka bez kamieni	2%	4%
- nie wyrównane dno wykopu, występują kamienie	3%	5%
Wykonanie z nadzorem:		
- nie wyrównane dno wykopu lub nierówna podsypka bez kamieni	1%	2%
- nie wyrównane dno wykopu, występują kamienie	2%	3%

Ugięcia długotrwałe.

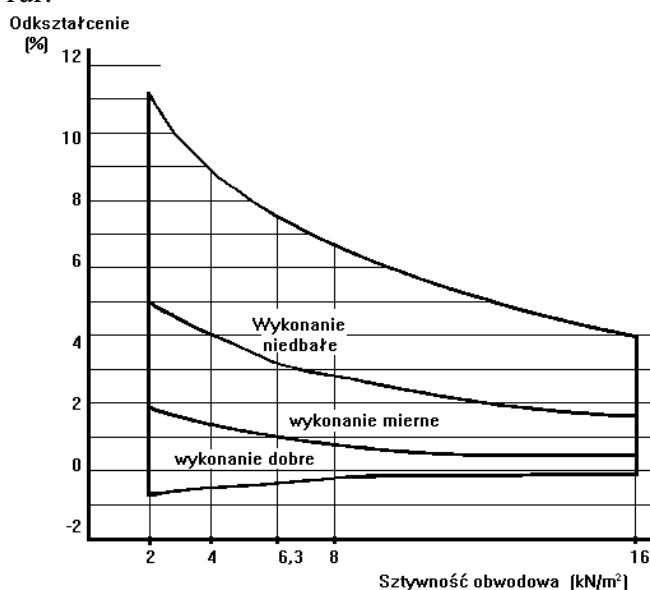
Rozpatrywane powyżej ugięcia rur dotyczyły wartości uzyskiwanych bezpośrednio po zakończeniu prac montażowych i wykonaniu pełnej zasypki przewodów. Jednak ugięcia przewodów elastycznych z PP będą się dalej zwiększać wskutek pełzania, ażeby osiągnąć dopiero po 2 – 3 latach wartość stałą. Na skrócenie tego okresu może mieć wpływ intensywność ruchu kołowego oraz częste zmiany poziomu wód gruntowych prowadzące do konsolidacji gruntu. Wyniki badań poligonowych potwierdzają, że wartość końcowa ugięcia może osiągnąć w skrajnych przypadkach nawet dwukrotną wartość ugięcia początkowego, przy czym ugięcia pochodzące od warunków montażu (I_f) i jakości podłoża (B_f) należy uznać za nie zwiększające się w czasie.

Ponadto stwierdzono, że długotrwałe pełzanie materiału rury z tworzywa termoplastycznego nie ma istotnego wpływu na wielkość ostatecznego jej ugięcia, ponieważ

ważną rolę odgrywa reakcja gruntu.. W związku z tym dla większości przypadków nie ma konieczności określenia długotrwałego ugięcia rury i ewentualnego ryzyka wystąpienia wyboczenia (utrąty stateczności). Jedyne dla bardzo luźnych gruntów mało spoistych, które nie mają zdolności do przeciwdziałania ciągłemu wzrostowi ugięcia rury, należy uwzględnić pełzanie materiału rury. Dla takich przypadków należy stosować współczynnik wzrostu odkształceń długotrwałych w granicach $1,5 \div 2$ w odniesieniu do krótkotrwałego ugięcia pionowego.

Ocena końcowa.

Duże znaczenie przy układaniu rur kanalizacyjnych ma zastosowany materiał gruntowy w strefie ułożenia przewodu i kwalifikacje wykonawcy. W praktyce projektowej należy zapewnić ugięcie przewodów nie większe od 5%. Jednak zgodnie ze wskazówkami projektu normy prEN 13476-3 dotyczącej zaleceń układania rur bezciśnieniowych strukturalnych ugięcie powstałe po zakończeniu prac ziemnych dla rur o sztywności obwodowej $SN(4\div 16)kN/m^2$ nie powinno być większe od 8%. Odkształcenia rur będą w praktyce uzależnione od jakości wykonania robót ziemnych oraz od doboru sztywności obwodowej rur. Na rysunku 21 pokazano (wg wyżej wymienionej normy) w postaci wykresów odkształcenia rur w zależności od jakości wykonania robót ziemnych i sztywności obwodowej użytych rur.



Rysunek 24. Odkształcenia rur w zależności od jakości wykonania robót ziemnych oraz sztywności obwodowej rur

6. Warunki projektowania przewodów kanalizacyjnych i odwodnieniowych w pasie drogowym.

Projektowane przewody, które mają przebiegać w pasie drogowym, wymagają każdorazowo, zarówno co do ich usytuowania, jak i warunków zabudowy, uzgodnień z właścicielem drogi oraz z przyszłym użytkownikiem przewodu. Ponadto na terenach, gdzie występują szkody górnicze, również z Okręgowym Urzędem Górniczym. Przy projektowaniu należy się opierać na wytycznych, rozporządzeniach oraz normach i aktach prawnych dotyczących drogownictwa.

Dla przewodów kanalizacyjnych, które będą przebiegać wzdłuż pasa drogowego powinno się zachować odpowiednie odległości mierzone między zewnętrznymi obrysami rur lub obiektów. Jeżeli przewód kanalizacyjny jest związany z funkcją drogi, to podane odległości należy potraktować jako minimalne:

- 0,5 m - od kabli telekomunikacyjnych i elektroenergetycznych niskiego napięcia;
- 0,75÷1m - od kabli elektroenergetycznych średniego napięcia (20-132kV);
- 1m - od osłon kanalizacji kablowej, słupów sieci elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych, osłon przewodów ciepłowniczych;
- 1,0÷1,25m - od kabli elektroenergetycznych wysokiego napięcia (132-400kV);
- 1,5 m - od linii rozgraniczających i ogrodzeń;
- 2,0 m - od innych przewodów kanalizacyjnych;
- 2,5 m - od krawędzi jezdni i drzew.

Natomiast, gdy przewody kanalizacyjne nie są związane z funkcją drogi, to odległości od dróg przewodów kanalizacyjnych i innych obiektów zależą od rodzajów dróg i sposobów zagospodarowania terenów przyległych, i zgodnie z ustawą [2] powinny wynosić jak podano w tabelicy 25.

TABLICA 28. Odległości obiektów od dróg.

Rodzaj drogi	Tereny zabudowane	Tereny niezabudowane
autostrada	30	50
ekspresowa	20	40
krajowa	10	25
wojewódzka	8	20
lokalna	6	15

Obliczanie średnic i spadki przewodów odwadniających drogi.

Do obliczania ilości odprowadzanych wód powierzchniowych pochodzących z opadów atmosferycznych należy przyjąć wielkość powierzchni zlewni, intensywność i czas trwania opadów występujących na danym terenie. Do obliczania średnic przewodów odwadniających ustala się prawdopodobieństwo, dla kryteriów bez zalania, pojawienia się deszczu miarodajnego. Przy czym prawdopodobieństwo to, zgodnie z rozporządzeniem [3], wynosi:

- 10% - na autostradach i drogach ekspresowych;
- 20% - na drogach krajowych;
- 50% - na drogach wojewódzkich;
- 100% - na lokalnych drogach dojazdowych.

Studzienki ściekowe powinny być lokalizowane poza pasem ruchu, opaską, utwardzonym poboczem lub pasem awaryjnym; cofnięte za krawędź nawierzchni. Przy przebudowie albo remoncie ulic oraz przy budowie nowych ulic na drogach głównych lub ulic niższych klas, dopuszcza się lokalizowanie studzienek ściekowych w jezdni przy krawężniku.

Kanalizację deszczową wykonuje się, gdy nie ma możliwości odprowadzenia wody za pomocą urządzeń do powierzchniowego odwodnienia lub, gdy wymagają tego odrębne przepisy.

Średnica kolektora powinna być ustalona na podstawie ilości wody spływającej z odwadnianej powierzchni przy założeniu:

- szybkość przepływu co najmniej 0,5m/s;

- maksymalne spadki zależne są od średnicy (15% ≤ DN150; 10% DN200; 8% DN ≥ 250)
- spadki kolektorów deszczowych 3% do DN 300
1% do DN 1000
- średnica kolektora nie mniejsza niż DN 300 (autostrady), DN250 (tereny zabudowane, DN 200 (tereny niezabudowane), a przykanalika nie mniejsze niż DN 150

Studzienki rewizyjne powinny być stosowane na trasie przewodów, gdy kolektor zmienia kierunek, rozgałęzia się, zmienia średnicę lub zmienia pochylenie podłużne, nie rzadziej niż co 50m, Praktyka jednak wykazuje że przy stosowaniu nowoczesnego sprzętu do inspekcji i czyszczenia, odległości te mogą być powiększone do 80÷100m.

Urządzenia odprowadzające wodę deszczową z drogi (na autostradach lub drogach ekspresowych) usytuowane poza terenami zabudowanymi powinny mieć możliwość zablokowania odpływu, gdy wystąpi zanieczyszczenie drogi materiałami niebezpiecznymi, które przedostały się do tych urządzeń w wyniku zdarzeń drogowych.

Wpusty ściekowe powinny być rozmieszczone, w zależności od spadku drogi, w takich odległościach, ażeby przy wystąpieniu deszczu nawalnego nie doszło do zbyt dużego rozlewiska na jezdni. Studzienki wpustów ściekowych muszą być wyposażone w osadniki o pojemności co najmniej 70dm³, a jeżeli ich nie ma, to powinny być osadniki w studzienkach przyłączeniowych kolektora. Jeżeli wpusty ściekowe są podłączone do lokalnej kanalizacji ogólnospławnej, to wymagane jest syfonowe zamknięcie przykanalika.

Przekroczenia jezdni powinny przebiegać prostoliniowo możliwie prostopadle do osi drogi.

Rury K-2 mogą być również stosowane do wykonywania przepustów pod nasypami drogowymi. Końce rur powinny być obcięte stosownie do kąta stoku i teren przy wlotach przepustów odpowiednio zabezpieczony przed osuwaniem i rozmywaniem. Na ciekach i potokach wyloty mogą być częściowo zatopione lub okresowo zatopione. Średnicę przepustu należy dobrać do przepływu częściowo napełnionego. Zaleca się wykonywanie przepustów ze spadkiem od 0,5 do 2%. Obliczanie hydrauliczne przepustów podane jest szczegółowo w wytycznych [10].

Minimalne średnice przepustów podano w tablicy 26, zależą one od długości przepustu oraz od klasy drogi.

TABLICA 29. Minimalne średnice przepustów

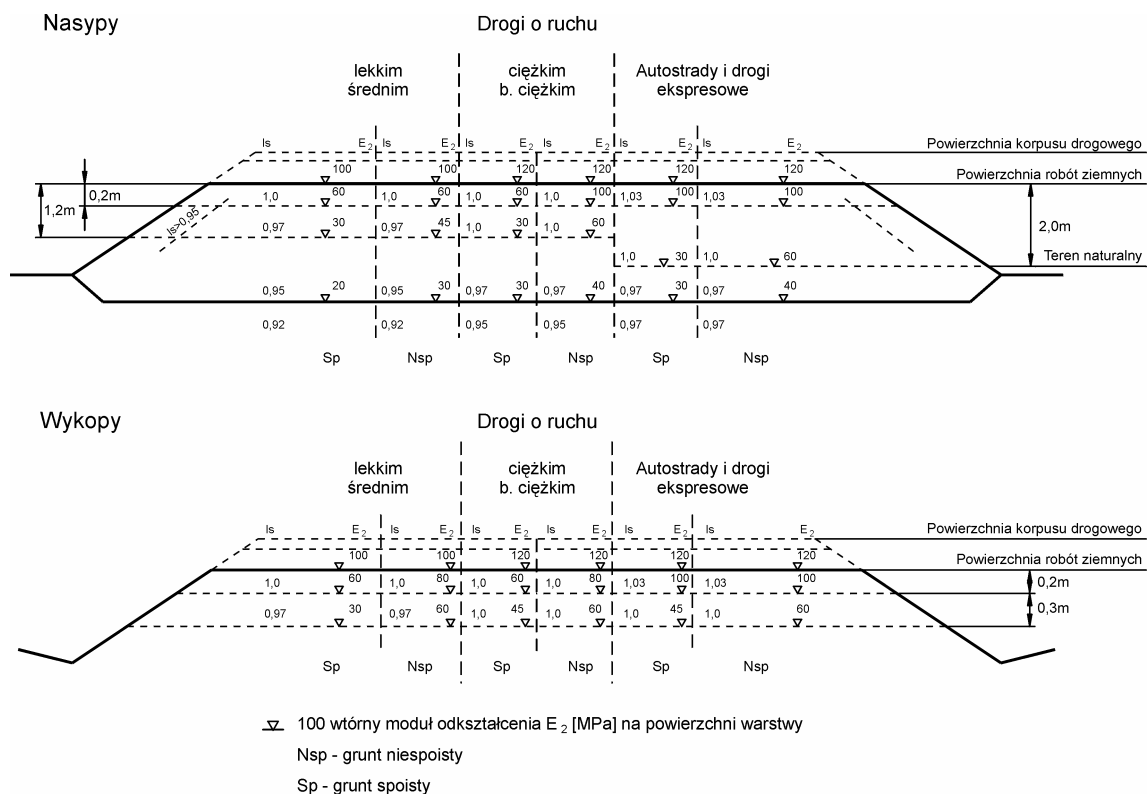
Długość przepustu	Minimalna średnica wewnętrzna			
	Drogi krajowe i wojewódzkie	Drogi lokalne i nieutwardzone	Ciągi piesze i rowerowe	Linie kolejowe
do 10	600	400	300(250)	800
10 do 20	900	600	400	800
ponad 20	1200	800	500	800

6.1 Roboty ziemne.

Przy projektowaniu, wykonywaniu i odbiorach robót ziemnych związanych z budową, przebudową i utrzymaniem dróg samochodowych, ulic, placów, parkingów i lotnisk należy przestrzegać zasad podanych w normie PN-S-02205. Przewody kanalizacyjne układane są w podłożu drogi o 20cm poniżej strefy przemarzania. W zależności od rodzaju gruntu oraz występowania wody gruntowej w strefie ułożenia przewodów możliwe jest użycie gruntu rodzimego lub gruntu obcego dostarczonego spoza miejsca budowy. Jeżeli występują grunty

organiczne i grunty miękkie organiczne (tablica 23) lub występują odłamy skalne lub kamienie powyżej 22mm, gruz, twarda zbrylona ziemia, to zachodzi konieczność wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu. Ponadto zgodnie z ogólnymi zasadami budowy dróg grunty muszą spełniać wymagania dotyczące możliwości ich użycia w warstwie poniżej strefy przemarzania oraz pod względem **wysadzinowości** w górnych warstwach strefy przemarzającej. W przypadku wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu wykonuje się podsypkę o grubości 10-30cm, którą mogą stanowić piaski grubo, średnio i drobnoziarniste.

Zagęszczenie podsypki oraz obsypki powinno być wykonane zgodnie z wymaganiami zagęszczania gruntu na tej głębokości, wynikłej konstrukcji drogi (wykop, nasyp) oraz kategorii (klasy) drogi. Na rysunku 22 podano wymagane normą PN-S-02205 wskaźniki zagęszczania I_s i wtórnego modułu odkształcenia E_2 , jakie należy przyjmować dla gruntów spoiстых (Sp) i niespoistych (Nsp), w zależności od kategorii drogi i poziomu zalegania warstw gruntów w nasypach i wykopach.



Rysunek 25. Wymagane wskaźniki zagęszczenia i wtórnego modułu odkształcenia gruntu przy budowie dróg

Do zagęszczania gruntu w strefie ułożenia przewodu należy używać tylko lekkiego sprzętu, aby nie spowodować nadmiernego odkształcenia lub przemieszczenia przewodu.

W przypadku wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu, szczególnie w gruntach rodzimych organicznych, które są najczęściej nawodnione, zachodzi często konieczność zabezpieczenia tej strefy geotekstylami przed możliwością przenikania drobnych cząstek gruntu wraz z wodą gruntową, ażeby nie nastąpiło rozrzedzenie gruntu rodzimego i przemieszczenie przewodu. **Geotekstylia** mogą spełniać również rolę wzmacniającą podłoże, zmniejszając nierównomierność osiadania przewodu lub, poprzez zabezpieczenie powierzchni nad przewodem, mają zapobiegać wyporowi (wypływowi) przewodów wskutek działania wody gruntowej.

Warstwa geotekstyliów musi być tak dobrana, ażeby nie przepuszczała drobnych cząstek gruntu oraz miała odpowiednią wytrzymałość na przeciwdziałanie naprężeniom spowodowanym przez nacisk gruntu od obciążeń statycznych i dynamicznych. Szerokość pasma powinna być dostosowana do szerokości wyłożenia wykopu, ażeby nie wykonywać przecinania wzdłużnego. Najczęściej stosuje się pasma **geowłókniny** wykonanej przez zgrzewanie na gorąco cienkich włókien polipropylenowych i polietylenowych lub poliamidowych i poliestrowych w postaci taśm o grubości 0,5÷1,5mm o szerokościach 3÷4m i długościach 100÷200m przeznaczonych do rozwijania ręcznego o wadze do 140kg. Mogą być również użyte **geotkaniny** o podobnych wymiarach. W zależności od grubości wytrzymałość na rozciąganie taśm wynosi od 3 do 20kN/m. Ze wzrostem grubości maleją własności filtracyjne (przepływ wody wynosi 130-50 l/ms przy 100mm słupa wody). Przy stosowaniu gruntów drobnoziarnistych, można stosować taśmy o mniejszej wytrzymałości (grubości), natomiast przy zabezpieczaniu kruszyw łamanych o ostrych krawędziach konieczne są grubsze taśmy o wyższej wytrzymałości.

Przy stosowaniu geotekstyliów używanych jako warstwy odcinające (separacyjne) pomiędzy dwoma materiałami gruntowymi, które mają tendencje do mieszania się, trzeba uwzględnić następujące sytuacje, które mają wpływ na dobór taśm separacyjnych:

- grunt jest suchy, a rola ogranicza się do oddzielenia gruntów. Można użyć geotekstyliów o małych porach, a nawet impregnowanych;
- grunt jest wilgotny, a geotekstylium musi być przepuszczalne, ażeby nie było spiętrzeń wody. Można wówczas zastosować materiał o małej zdolności do filtracji;
- grunt jest z dużym obciążeniem statycznym i dynamicznym, cząstki drobne gruntu w roztworze wodnym ulegają przemieszczeniom pod wpływem konsolidacji podłoża. Trzeba rozpatrzyć warunki filtracyjne geotekstyliów (wymiary porów, powierzchnię porów i przepuszczalność).

Dalsze zasypywanie wykopu powinno być wykonywane zgodnie z procedurami wykonywania drogi, jej konstrukcji (nasyp, wykop) i kategorii ruchu, a więc grubość warstw oraz procedurę zagęszczania gruntu drogowego dostosować należy do posiadanego sprzętu. Wilgotność gruntu zagęszczonego nie powinna odbiegać od optymalnego o więcej niż $\pm 2\%$.

Naturalne podłoże gruntowe oraz zagęszczona podsypka, zasypka wstępna i zasypka wykopu powinny spełniać wymagania w zakresie wskaźnika zagęszczenia I_s oraz modułu odkształcenia wtórnego (przy ponownym obciążeniu) E_2 w miejscu wbudowania przewodu.

6.2 Studzienki kanalizacyjne w pasie drogowym.

W pasie drogowym mogą występować studzienki:

- inspekcyjne niewłazowe, umożliwiające za ich pośrednictwem wprowadzenie z poziomu terenu do przewodów kanalizacyjnych sprzętu czyszczącego, kontrolnego lub badawczego bez możliwości wejścia personelu;
- inspekcyjne niewłazowe, lecz z możliwością awaryjnego wejścia pracownika zaopatrzonego w uprząż, po wstawieniu drabinki, w celu wykonania prac eksploatacyjnych lub wprowadzenia do przewodów kanalizacyjnych sprzętu czyszczącego. Komora studzienki musi mieć średnicę wewnętrzną, co najmniej 800mm z otworem włazowym o średnicy 600mm;
- kontrolne włazowe zaopatrzone w stopnie złazowe lub drabinę złazową, przeznaczone do zejścia pracownika na zamontowany na stałe spocznik, w celu wykonywania prac związanych z eksploatacją przewodów kanalizacyjnych. Komora studzienki musi mieć średnicę wewnętrzną, co najmniej 1000mm z otworem włazowym o średnicy 600mm.

Studzienki, które mają być zastosowane w pasie drogowym lub na innych terenach komunikacyjnych powinny posiadać aprobaty techniczne wydane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Jak to już wcześniej wspomniano, rozporządzenie [3] nie dopuszcza lokalizacji studzienek w jezdniach i pasach awaryjnych dróg o wyższej klasie nowobudowanych, lecz zezwala na stosowanie studzienek w drogach głównych przebudowywanych lub remontowanych oraz w drogach zbiorczych, lokalnych i dojazdowych.

Zależnie od usytuowania studzienki w pasie drogowym i kategorii ruchu zgodnie z normą PN-EN 124 przewidziano użycie różnych zwieńczeń studzienek oraz warunków ich zabudowy i wybór klasy zwieńczeń, które podzielono na następujące grupy:

- grupa 1 - klasa A15 – tereny zielone przeznaczone wyłącznie dla ruchu pieszego i rowerzystów
- grupa 2 - klasa B125 - drogi i tereny dla pieszych, parkingi dla samochodów osobowych
- grupa 3 - klasa C250 - dotyczy wpustów ściekowych usytuowanych przy krawężnikach oraz poboczach dróg
- grupa 4 - klasa D400 - jezdnie dróg, utwardzone pobocze oraz tereny parkingowe dla wszystkich pojazdów drogowych
- grupa 5 - klasa E600 - powierzchnia poddana dużym naciskom od kół, np. rampy, pasy startowe
- grupa 6 - klasa F900 - powierzchnie poddane szczególnie dużym naciskom.

Materiał gruntowy stosowany bezpośrednio przy studzienkach z tworzyw sztucznych (30cm od studzienek niewłazowych, 50cm od studzienek włazowych) powinien spełniać wymagania przewidziane dla gruntów stosowanych w strefie ułożenia przewodu (podsypka, obsypka, zasypka wstępna). Materiał ten może być wyselekcjonowanym gruntem rodzimym lub gruntem obcym, łatwym do zagęszczania. Nie można stosować gruntów wysadzinowych lub gruntów wątpliwych wysadzinowo. Grunt również nie może zawierać materiałów organicznych, korzeni drzew, śmieci gnijących oraz materiałów mogących uszkodzić elementy studzienki takich jak gruz, ostre kamienie krzemowe lub kamienie przekraczające wymiar 40mm.

Podobnie jak przewody kanalizacyjne, studzienki powinny być ułożone bezpośrednio na gruncie lub na dobrze zagęszczonej podsypce.

Studzienki włazowe wykonane z rur o powierzchniach zewnętrznych gładkich (rury K-2 mają powierzchnię zewnętrzną karbowaną) posadowione na gruntach nawodnionych wymagają przeprowadzenia obliczeń sprawdzających ich wyporność w celu określenia konieczności dociążenia studzienki betonem lub zabetonowanie studzienki w podłożu.

W zależności od rodzaju i klasy zwieńczenia studzienki oraz warunków gruntowych są określone zasady podparcia zwieńczenia. Zwieńczenie studzienki powinno być oparte na płycie żelbetonowej, która podparta jest na odpowiednio przygotowanej konstrukcji nośnej, dostosowanej do warunków obciążenia ruchem drogowym. Może to być wzmocnione podłoże z dobrze zagęszczonego gruntu lub prefabrykowana płyta odciążająca wykonana z betonu zbrojonego. W przypadku, gdy studzienka nie posiada rury lub tulei teleskopowej połączonej z rurą trzonową poprzez uszczelkę manszety, tylko rura trzonowa lub stożek redukujący średnicę komory dochodzi bezpośrednio do otworu płyty odciążającej, to wówczas powinna być zachowana szczelina konstrukcyjna o szerokości co najmniej 50mm pomiędzy luźno wstawioną rurą z tworzywa sztucznego w otwór płyty odciążającej, a górną płytę, na której opiera się zwieńczenie studzienki.

Przy dużych obciążeniach ruchem drogowym lub wątpliwościach dotyczących zagęszczenia gruntu stanowiącego podłoże pod zwieńczenie, należy posadowić płytę ze zwieńczeniem na wylewanym na budowie pierścieniu z betonu B30 o wysokości minimum 20cm.

6.3 Przepusty pod drogami.

Ze względu na wysoką sztywność obwodową, odporność na niskie temperatury oraz konstrukcję ścianki zewnętrznej zapewniającą optymalną współpracę z gruntem, rury K2-Kan doskonale nadają się do wykonywania przepustów pod drogami. Szczegółowe informacje dotyczące projektowania i wykonawstwa przepustów z rur z tworzyw sztucznych znajdują się w "Zaleceniach projektowych i technologicznych dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych" stanowiących załącznik do Zarządzenia Nr 30 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z 2-go listopada 2006 roku.

Zgodnie z nimi rura powinna być posadowiona na ławach fundamentowych z kruszywa lub z gruntu stabilizowanego cementem. W przypadku słabej nośności gruntu rodzimego ławy należy wzmocnić geosyntetykiem. Minimalna wysokość ław fundamentowych wynosi 30 cm, a ich stopień zagęszczenia 0,98 wg standardowej próby Proctora.

Bezpośrednio pod posadawianą rurą należy wykonać podsypkę z piasku. Minimalna grubość podsypki musi wynosić 15 cm. Górna warstwa podsypki o grubości min. 5 cm, musi być ułożona luźno, tak aby karby rury mogły się w niej swobodnie zagłębić. Dolną warstwę podsypki należy zagęścić do wartości 0,98 wg standardowej próby Proctora.

Zasypkę (do poziomu wierzchu rury) wykonujemy z kruszywa spełniającego wymagania normy PN-S-02205:1998 i PN-B-11112:1996. Zasypkę należy wykonywać warstwami o grubości do 30 cm i zagęszczać – bezpośrednio przy rurze do wartości 0,95, a pozostałą przestrzeń do wartości 0,98 wg standardowej próby Proctora. Zasypka nie powinna zawierać grud, zbryleń lub gruntu zmarzniętego.

Nadsypkę nad rurą należy wykonać z kruszywa mrozoodpornego, o frakcji zawierającej się w przedziale 0-40 mm i o nierównomiernym uziarnieniu, przynajmniej do wysokości 15-30 cm ponad górną krawędź rury. Wymagane jest, by maksymalna średnica ziaren kruszywa układanego bezpośrednio na rurze, nie przekraczała wielkości skoku karbu zewnętrznego rury.

Wysokość naziomu jest odległością od wierzchu rury do niwelety drogi. Zawiera więc w sobie zarówno warstwy konstrukcyjne drogi jak również nadsypkę nad rurą. Minimalna wysokość naziomu jest uzależniona od średnicy rury. Dla rur o średnicy od 600 do 1000 mm wynosi 0,5 m. Dla rur o średnicach mniejszych od 600 mm wynosi 0,3 m, przy czym na zjazdach do posesji dopuszcza się 0,2 m. W przypadku gdy warstwy konstrukcyjne drogi mają zbyt dużą wysokość, w celu osiągnięcia odpowiedniej wysokości naziomu dopuszcza się zmniejszenie grubości nadsypki do 0,1m (należy wykonać obliczenia statyczne). Wysokość naziomu można dodatkowo zmniejszyć przez zastosowanie żelbetowej płyty odciążającej lub wzmocnienie nadsypki geosiatką o sztywnych węzłach.

Zgodnie z "Zaleceniami projektowymi i technologicznymi dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych" przepusty z rur z tworzyw sztucznych o sztywności obwodowej nie mniejszej niż 8 kN/m², mogą być wykonywane pod wszystkimi rodzajami dróg kołowych.

6.3 Ustawy, wytyczne i normy dotyczące drogownictwa.

- [1] – Dz. U. nr 62 poz. 392 z 1997r. Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.
- [2] – Dz. U. nr 14 poz. 60 z 1985r. Ustawa o drogach publicznych
Dz. U. nr 71 poz. 838 z 2000r. Ustawa o drogach publicznych (tekst jednolity)
- [3] – Dz. U. nr 63 poz. 735 z 2000r. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty inżynieryjne i ich usytuowanie.
- [4] – Dz. U. nr 43 poz. 430 z 1999r. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
- [5] – Dz. U. nr 139 poz. 686 z 1995r. Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe.

Wytyczne Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych w Warszawie

- [6] – Wytyczne projektowania dróg I i II klasy technicznej WPD-1 (autostrady i drogi ekspresowe) 1995
- [7] – Wytyczne projektowania dróg III, IV i V klasy technicznej WPD-2 1995
- [8] – Wytyczne projektowania dróg VI i VII klasy technicznej WPD-3 1995
- [9] – Wytyczne projektowania ulic WPU 1992
- [10] – Wytyczne projektowania obiektów i urządzeń budownictwa specjalnego w zakresie komunikacji, światła mostów i przepustów WP-D 12

Normy

- [11] – PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- [12] – PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [13] – PN-EN 932- :1999 Badania podstawowe właściwości kruszyw
Część:1-5
- [14] – PN-EN 933- :2000 Badania geometrycznych właściwości kruszyw
Część:1-8
- [15] – PN-EN 1097-:2001 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw
Część:1-5

III. Budowa grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych układanych w ziemi.

1. Wykonywanie wykopów.

Po zapoznaniu się z projektem zadania inwestycyjnego wykonawca musi rozważyć strategię możliwości przeprowadzenia robót ziemnych uzależnionych od warunków terenowych, poziomu wód gruntowych oraz posiadanego sprzętu. Należy sprawdzić poprawność przeprowadzonych prac geodezyjnych dotyczących wytyczenia trasy przewodów, lokalizacji studzienek kanalizacyjnych, a przede wszystkim poziomu wód gruntowych oraz ich zmienności w czasie wykonywania budowy. W zależności od tych warunków konieczne jest ustalenie organizacji frontu robót, które są możliwe do wykonywania. Trzeba rozważyć czy przy wykonywaniu wykopów konieczne jest obniżenie poziomu wody gruntowej oraz czy jest konieczne dowiezienie gruntu obcego na wykonane podsypki, obsypki i zasypki wstępnej. Przy występowaniu wody gruntowej nie można dopuścić do wypłukiwania gruntu poprzez przeciek wody do wykopu oraz zalewania dna wykopów wskutek opadów atmosferycznych, co mogłoby być przyczyną rozluźnienia struktury podłoża.

Wykopy do układania przewodów kanalizacyjnych powinny być wykonane zgodnie z ustaleniami norm PN-B-10736 i PN-EN 1610.

Wykopy otwarte.

Wykopy otwarte mogą być obudowane i nie obudowane ze skarpami lub częściowo obudowane ze skarpami. Drabiny do wejścia i wyjścia z wykopu, jeżeli w wykopie pracują ludzie, powinny być wstawiane z chwilą uzyskania głębokości wykopu większej niż 1m. Odległości pomiędzy drabinami nie powinny przekraczać 20m.

Wykopy otwarte bez obudowy (bez szalowania)

Przy wykonanych wykopach nie obudowanych (nie szalowanych) o ścianach pionowych nie wolno przebywać, poruszać się i składować urobku w obrębie klina odłamu ścian wykopu. Odległość (b) krawędzi wykopu mierzona w planie poziomu terenu od krawędzi jezdni powinna być nie mniejsza niż wynika to z wzoru podanego w PN-B-10736 :

$$b \geq \frac{H}{\operatorname{tg} \beta} + 0,5m$$

gdzie

H – głębokość wykopu

β - kąt stoku naturalnego (tarcia wewnątrz gruntu) zależny od rodzaju gruntu i jego wilgotności

Wydobyty grunt powinien być składowany po jednej stronie wykopu w bezpiecznej odległości od krawędzi wykopu, ażeby nie spowodował odłamu ścian wykopu.

Wykopy otwarte bez obudowy o ścianach pionowych można wykonywać w gruntach, w których nie występują wody gruntowe oraz w sąsiedztwie wykopu w odległości co najmniej równej głębokości wykopu nie ma nasypu.

Dopuszczalne wysokości pionowych ścian bez obudowy wynoszą dla gruntów: litych skalistych – 4m, bardzo zwartych spoistych – 2m, a pozostałych ze względu bezpieczeństwa – 1m.

Mogą być wykonywane wykopy ze skarpami do głębokości 4m, jeżeli nie występuje woda gruntowa i teren nie jest obciążony w zasięgu klina odłamu przy zastosowaniu następującego minimalnego nachylenia skarp dla gruntów:

- bardzo spoistych 2:1
- kamienistych (rumosze, wietrzeliny), spękanych, skalistych 1:1
- spoistych i gliniastych 1:1,25
- nie spoistych 1:1,5

Na powierzchni terenu o szerokości trzykrotnej głębokości wykopu należy zapewnić łatwy odpływ wody opadowej oraz zabezpieczyć krawędź wykopu przed spływaniem wody do wykopu.

Wykopy otwarte z obudową (oszalowane).

Obudowa wykopu powinna być bezpieczna, ażeby mogła przenieść napór spowodowany parciem gruntu. W przypadku prowadzenia prac ziemnych poniżej poziomu wód gruntowych, teren powinien być wcześniej odwodniony do głębokości 0,5m poniżej dna wykopu. Wykop powinien być zabezpieczony przed zalaniem wodą opadową poprzez wysunięcie głównej krawędzi obudowy o 15 cm ponad poziom terenu i odpowiednie wyprofilowanie terenu.

Minimalna szerokość wykopu otwartego uzależniona jest od średnicy układanego przewodu oraz od głębokości jego posadowienia. W tabelicy 27 podano (wg PN-EN 1610) minimalne szerokości wykopów płytkich w zależności od średnicy nominalnej przewodu (DN) dla wykonywania prostych prac montażowych bez studzienek. Optymalną szerokość powinien określić projektant.

Szerokości minimalne dotyczą konieczności wchodzenia do wykopu pracowników w celu wykonania prostych prac, w przypadku braku takiej potrzeby wykopy mogą być węższe. Natomiast, jeżeli wymagany jest dostęp np. do skręcenia śrub na połączeniach kołnierzowych lub podłączenia rur do studzienki, to szerokość wykopu powinna być większa. Przy montażu studzienek powinna być zapewniona minimalna przestrzeń; wokół studzienek niewłazowych 0,3m, a studzienek włazowych 0,5m.

TABLICA 30. Minimalne szerokości wykopów

Wymiar nominalny DN	Minimalna szerokość wykopu (OD + x) (m)		
	Wykop obudowany	Wykop nie obudowany	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta < 60^\circ$
DN ≤ 225	OD + 0,4	OD + 0,4	
225 < DN ≤ 350	OD + 0,5	OD + 0,5	OD + 0,4
350 < DN < 700	OD + 0,7	OD + 0,7	OD + 0,4
700 < DN	OD + 0,85	OD + 0,85	OD + 0,4

OD – średnica zewnętrzna przewodu (m)

β - kąt nachylenia ściany wykopu mierzony od poziomu

Przy wykopach z obudową, szerokość wykopu jest liczona wewnątrz obudowy. W tabelicy 31 ujęto dodatkowo minimalne szerokości wykopu w zależności od jego głębokości.

TABLICA 31. Szerokości wykopów zależne od głębokości

Głębokość wykopu (m)	Minimalna szerokość wykopu (m)
< 1,0	nie ma wymagań
$1 \leq 1,75$	0,8
$1,75 \leq 4$	0,9
> 4	1,0

Materiał gruntowy dna wykopu nie może być naruszony jeżeli nie przewiduje się wykonania podsypki. Dlatego zaleca się, ażeby dokopanie do wymaganej głębokości, było wykonywane ręcznie. Jeśli materiał dna wykopu został jednak naruszony, to wówczas wymagane jest odpowiednie jego zagęszczanie lub wykonanie podsypki.. Należy wykonać odpowiednie wyrównanie dna z zachowaniem wymaganych spadków i kształtu w celu zapewnienia jednolitego podparcia powierzchni zewnętrznej spodu rur. W podsypce lub dnie wykopu powinny być wykonane zagłębienia pod kielichy lub złączki.

W przypadku, gdy dno wykopu jest niestateczne lub grunt nie ma odpowiedniej nośności, należy wykonać podsypkę oraz, jeżeli nie jest to wystarczające, dodatkowe zabezpieczenia strefy ułożenia przewodu geotekstyliami.

Wykopy podczas prac montażowych nie powinny być nasączone wodą opadową lub gruntową.

Przygotowanie dna wykopu

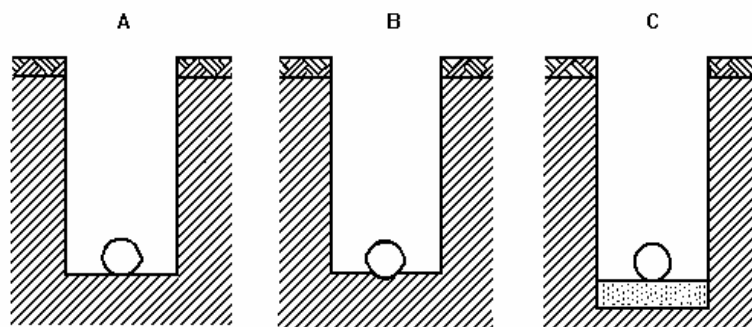
W zależności od rodzaju gruntu rodzimego rurociągi z PP (z tworzyw termoplastycznych) mogą być układane bezpośrednio na wyprofilowanym dnie wykopu lub na odpowiednio przygotowanym podłożu.

Konieczność wykonywania podsypki może wynikać z następujących czynników:

- w gruncie rodzimym występują kamienie o rozmiarach przekraczających 22mm dla $DN \leq 200$ lub dla $DN \geq 250$ o wymiarach nie większych od 40mm,
- występują grunty skaliste lub luźne kamienie krzemowe o ostrych krawędziach, wietrzliny, rumosze, gliny, ropy, piasek pylasty,
- zbyt mała jest nośność gruntu – torfy, muły,
- inne powody, jak np. naruszono dno wykopu, którego grunt nie nadaje się lub jest trudny do zagęszczania.

Najczęściej ten sam rodzaj gruntu stosuje się na podypkę dolną (znajdującą się pod dnem przewodu podpierającą przewód na obwodzie 120°), podsypkę górną, obsypkę (warstwa do grzbietu przewodu) i zasypkę wstępną (warstwa wypełniająca nad wierzchem rury do wysokości 30cm). Wszystkie te warstwy gruntu stanowią strefę ułożenia przewodu (rysunek 17).

Przy wykonywaniu podłoża oraz wykonaniu strefy ułożenia przewodu na nienaruszonym gruncie (na całej szerokości wykopu) mogą najczęściej wystąpić następujące przypadki:



- A. Grunt w wykopie nadaje się do bezpośredniego ułożenia przewodu na nienaruszonym, dobrze wyrównanym, płaskim podłożu. Podsypka górna, obsypka, zasyпка wstępna może być wykonana z wyselekcjonowanego gruntu rodzimego przy odpowiednim nadzorze wykonania robót ziemnych.
- B. Grunt na dnie wykopu nadaje się do uformowania w taki sposób, że przewód może mieć zapewnione pełne podparcie na spodzie rury. Dno wykopu zastępuje podsypkę dolną i część podsypki górnej. Pozostałą część podsypki górnej oraz obsypkę i zasypkę wstępną może stanowić grunt pochodzący z selekcji urobku powstałego w czasie wykonywania wykopu lub być dostarczony z zewnątrz (grunt obcy).
- C. Dno wykopu ze względu na występowanie gruntów twardych i skalistych z występującymi ostrymi kamieniami krzemowymi, wymaga wykonania podsypki z materiału dostarczonego z zewnątrz. Należy wykonać wykop głębszy o 10cm÷30cm i wypełnić go podsypką dolną w postaci ławy na całej szerokości dna wykopu z obcego materiału gruntowego przewidzianego przez projekt, zdolnego do zagęszczania..

Jeżeli grunt rodzimy jest o niskiej nośności, to należy całkowicie usunąć grunt w strefie ułożenia przewodu i zastąpić go warstwą gruntu obcego. Należy przeanalizować konieczność zabezpieczenia dna wykopu oraz ścian bocznych w strefie gruntu rodzimego geotekstyliami spełniającymi rolę rozdzielczo-filtracyjną nie dopuszczającą do przenoszenia przez wodę gruntową lekkich frakcji pylistych do strefy ułożenia przewodu.

Sposób postępowania w przypadku wymiany gruntu rodzimego oraz układania przewodów kanalizacyjnych na gruntach słabonośnych (Grupa 5 i 6 podanych w tablicy 20) podano w p.6.

Sposób wykonania prac ziemnych powinien być wykonany zgodnie z projektem technicznym.

2. Montaż i układanie przewodów.

Łączenie rur.

Przewody kanalizacyjne K-2 z PP wytwarzane przez Przedsiębiorstwo Barbara KACZMAREK przewidziane są do wciskowego łączenia gładkiej złączki kielichowej z bosym końcem rury K-2, na którym w ostatni rowek wstawiona jest profilowa uszczelka elastomerowa. Występują przy tym następujące czynności:

- należy dokładnie sprawdzić i ewentualnie oczyścić bosy koniec i ostatni rowek rury K-2 oraz kielich złączki lub innej kształtki;
- posmarować środkiem poślizgowym ostatni rowek rury oraz cienką warstwę wnętrza kielicha łączonej kształtki;
- wcisnąć rurę z uszczelką w kielich kształtki.

W przypadku skracania, rury K-2 można przeciąć jedynie w rowkach pomiędzy falami, ponieważ w tych miejscach ścianki wewnętrzne i zewnętrzne tworzą jedną całość. Miejsce przecięcia należy oczyścić od powstałych przy przecinaniu opiłków. Podczas wykonywania połączenia rolę ułatwiającą wprowadzenie uszczelki do kielicha złączki spełnia stożkowo poszerzona wstępna część kielicha.

Do wciskania rury można użyć urządzenia dźwigniowego lub drążka wbitego w ziemię, tworzącego dźwignię którym poprzez poprzeczkę drewniana można popychać koniec rury lub kształtkę.

Rury k-2 mogą być łączone z rurami gładkościennymi z tworzyw termoplastycznych (PVC-U, PE i PP) poprzez złączki przejściowe jednokielichowe (łącznie rurę K-2 i rurę gładkościenną z kielichem) lub złączki dwukielichowe (łącznie rurę K-2 i bosy koniec rury gładkościennej).

Do wykonywania w przegrodach budowlanych (np. w studniach betonowych, ścianach z cegły, itp.) szczelnych przejść, przeznaczone są tuleje ochronne, które wbudowuje się w przegrodę poprzez zaprawę murarską. Po okresie dojrzwania zaprawy można wcisnąć w otwór kształtki – bosy koniec rury K-2.

Przyłącze domowe do przewodów kanalizacyjnych K-2 można wykonać dwoma sposobami:

- w trakcie układania głównego przewodu z rur K-2 w miejscu, gdzie jest projektowane doprowadzenie przyłącza domowego, wstawiony jest trójnik, z odgałęzieniem o kącie 45° który w zależności od rodzaju doprowadzanych rur będzie z kielichem do rur K-2 lub kielichem do rur gładkościennych o odpowiedniej średnicy;
- do ułożonego wcześniej przewodu ulicznego wstawia się przyłącze siodłowe przeznaczone do rur K-2 o średnicach DN 250, DN 300 i DN 400 z odgałęzieniem kielichowym do gładkościennych rur bosych o średnicach zewnętrznych $d_n = 200\text{mm}$. Takie rozwiązanie jest wygodne przy wykonywaniu przyłączy domowych w późniejszym okresie po przeprowadzeniu odbioru głównych przewodów kanalizacyjnych. Nie wymagane są przy tym większe odkrywki przewodu głównego.

Montaż przyłącza siodłowego do rur K-2 jest czynnością dość łatwą. Należy dokładnie ustalić miejsce, w którym będzie zlokalizowane przyłącze na rurze K-2 (nie może być w miejscu złączki, która łączy rury). Otwór wlotowy na rurze K-2 może być w linii krzyżowania się osi przewodów (po prawej lub po lewej stronie) w poziomie, prostopadle do rury K-2 lub może być usytuowany w pionie, prostopadle od góry na rurze K-2. Jeżeli przewód przyłączeniowy jest doprowadzony skośnie do przewodu głównego, to należy bezpośrednio przed przyłączem zastosować kolano o odpowiednim kącie, ażeby wlot był prostopadły do osi rury K-2. W przypadku zamocowania przyłącza od góry, należy zawsze stosować kolano 90° i wówczas można wykonać podejście pod dowolnym kątem. Usytuowanie przyłącza od góry w mniejszym stopniu zakłóca przepływ w przewodzie głównym.

Po ustaleniu usytuowania przyłącza, należy w zaznaczonym miejscu wykonać otwór wiertłem koronowym. Po oczyszczeniu otworu z opiłków należy wprowadzić do wnętrza rury dolną część przyłącza i obracając dostosować do promienia wewnętrznego rury (część ta jest różna dla DN 250, DN 300 i DN 400). Następnie należy dolną część przyłącza podciągnąć do góry, ażeby zapadki usztywniły tą część na rurze. Dalszą czynnością będzie ustawienie centrycznie w otworze, w ten sposób, ażeby szczelina pomiędzy otworem a wkładem była równa na całym obwodzie. Następnie wskazane jest przeczyszczenie i posmarowanie gwintów środkiem poślizgowym, nałożenie pierścienia dystansowego (zależnego od średnicy rury K-2), zamocowanie nakrętki oraz górnej części przyłącza. Przyłącza siodłowe bez względu na średnicę rur K-2 przeznaczone są do podłączania rur gładkościennych (PVC-U, PP i PE) o średnicach zewnętrznych $d_n = 200\text{mm}$.

Układanie przewodów w gruncie

Przewody K-2 powinny być układane na odpowiednio ukształtowanym dnie wykopu lub podsypce dolnej przygotowanej zgodnie z projektem. Po ułożeniu przewodów powinny przylegać do podłoża na co najmniej $1/4 - 1/3$ swojego obwodu ($90-120^\circ$). Podłoże powinno być przygotowywane sukcesywnie w ramach postępu robót ziemnych zgodnie z projektem.. Podłoże jak to już wspomniano, nie powinno zawierać kamieni krzemowych o ostrych krawędziach oraz kamieni większych niż 22mm. Jeżeli w czasie wykonywania wykopu naruszono strukturę dna i są wątpliwości co do stabilności podłoża, to należy grunt rodzimy zagęścić, a gdy grunt ten jest trudny do zagęszczenia, należy go usunąć i wykonać podsypkę nadającym się do zagęszczania piaskiem lub innym materiałem gruntowym. Nie mogą być podkładane pod rury K-2 kamienie lub inne materiały, ażeby uzyskać odpowiednie ich wypoziomowanie. Nie jest dopuszczalne również układanie przewodów bezpośrednio na ławach betonowych lecz na podsypce z odpowiednio zagęszczonego piasku. Zastosowanie ław betonowych może wystąpić tylko wtedy, gdy wzmocnienie gruntu rodzimego lub zabezpieczenie gruntu obcego geotekstylami będzie wystarczające.

Dobór odpowiedniego materiału gruntowego w strefie ułożenia przewodu jest w pracach ziemnych bardzo ważnym zagadnieniem. Najwygodniejsze w użyciu są sortowane materiały granulowane z kruszyw takich jak piasek i żwir, które są łatwe do zagęszczania. Materiały te jednak powinny być tak dobrane asortymentem uziarnienia, ażeby nie powstawały przy dużym uziarnieniu puste przestrzenie (w strefie ułożenia przewodu), do których, w skutek zmian poziomów wód gruntowych, mogą przenikać lekkie frakcje z gruntu rodzimego. W przypadkach wątpliwych oraz przy gruntach organicznych o małej nośności należy całą strefę ułożenia przewodu odizolować geotekstylami.

Jeżeli jest to możliwe, łączenie rur należy wykonać obok wykopu i złączone rury opuszczać na dno wykopu. Bose końce rur powinny być wsunięte w złączki do zaznaczonej głębokości. Jeżeli nie ma zaznaczenia na całym obwodzie, tylko w jego części, to zaznaczenie powinno, po ułożeniu rury w wykopie, znajdować się w pozycji, która byłaby widoczna z powierzchni terenu w celu określenia, czy połączenia w czasie opuszczania do wykopu nie uległy rozsunięciu.

Długość montowanych każdego dnia odcinków przewodów uzależniona jest od zakresu robót ziemnych. Ułożone odcinki ze względu na możliwość naruszenia dna wykopu wskutek opadów atmosferycznych lub innych zdarzeń powinny być szybko wstępnie zasypane. Ponadto zakresy robót ziemnych wyznaczają również punkty stałe (określone przez służby geodezyjne), którymi są studzienki. Natomiast strategia, gdzie łączyć przewody (w wykopie czy na powierzchni obok wykopu) uzależniona jest od możliwości ich opuszczania do wykopu oraz czasu na jaki można pozostawić wykop pusty. Przewody K-2 ze względu na swoją budowę są dość sztywne. Ich ugięcie w zasadzie ogranicza się do odchylenia w złączkach na uszczelnkach elastomerowych. Ugięcie to może wynosić:

$$\begin{aligned} & 2^\circ < \text{DN } 300 \\ \text{DN } 300 < 1,5^\circ < \text{DN } 600 \\ & 1^\circ > \text{DN } 800 \end{aligned}$$

Montaż studzienek.

Wykop w miejscu studzienek należy poszerzyć i zabezpieczyć ściany przed zawaleniem. Dla studzienek niewłazowych przez strefę studzienki należy uznać obszar poszerzony o co najmniej 30cm dookoła studzienki, natomiast dla studzienek włazowych z tworzyw sztucznych obszar ten należy powiększyć do co najmniej 50cm. Podobnie, jak dla rur, poszerzenie to zależne jest to od głębokości wykopu oraz od technologii wykonywania robót ziemnych. Zagęszczenie i rodzaj gruntu w strefie studzienki powinno być dostosowane do

gruntu otaczającego. Przy budowie dróg nie mogą być użyte w strefie studzienki na głębokościach, gdzie występuje przemarzanie, grunty wysadzinowe lub wątliwe wysadzinowo. Pod studzienkami ze względu na stabilizację posadowienia stosuje się zawsze podsypki, obsypki oraz zasypki (wstępną i główną) z gruntu zdolnego do zagęszczania najlepiej z piasku (grubo, średnio lub drobnoziarnistego) lub pospółki. Zagęszczanie należy przeprowadzić ręcznie, warstwami co 15cm lub lekkim sprzętem mechanicznym (warstwa do 30cm) w przypadku terenów otwartych do co najmniej 85% próby Proctora, a w przypadku ułożenia studzienki w jezdni lub poboczu, zasypka powinna spełniać wymagania określone w zakresie wskaźnika zagęszczenia wynikającego z głębokości ułożenia, typu drogowej konstrukcji (wykop, nasyp) oraz kategorii obciążenia ruchem drogowym..

W przypadku wykonywania nasypu drogowego oraz równoczesnego układania przewodów kanalizacyjnych wraz ze studzienkami nie dopuszczalne jest stosowanie ciężkiego sprzętu do zagęszczania gruntu w bezpośrednim sąsiedztwie studzienek. Grunt w otoczeniu studzienek w odległości co najmniej 0,5m należy zagęszczać ręcznie. Zasypka wstępna (30cm ponad rurę) również powinna być wykonywana ręcznie.

Betonowanie podstawy studzienki, jeżeli przewiduje to projekt należy wykonać betonem B15. Również zgodnie z projektem należy zabudować zwieńczenia studzienki wraz z płytą odciążającą.

W przypadku studzienek posiadających rury trzonowe połączone uszczelką manszetową z rurami teleskopowymi, trzeba zwrócić uwagę, ażeby rura teleskopowa była wsunięta w rurę trzonową na głębokość około 20cm. Natomiast, gdy studzienka ma tylko rurę trzonową, komorę lub stożek redukujący średnicę komory, które są wyprowadzone luźno do otworu płyty odciążającej, to powinna być zachowana szczelina dylatacyjna o szerokości co najmniej 5cm pomiędzy szczytem luźno wstawionej rury z tworzywa sztucznego w otworze płyty odciążającej a górną płytą, która podpira zwieńczenie żeliwne lub betonowe. Szczelina ta jest zabezpieczeniem, ażeby elastyczna rura z tworzywa nie stanowiła podpory dla płyty betonowej.

3. Zасыpywanie wykopów.

Zagęszczenie gruntu otaczającego przewód (podsypka, obsypka i zasypka wstępna) tworzącego strefę ułożenia przewodu ma decydujący wpływ na deformację przewodu. Prawidłowo ułożony przewód w gruncie powinien być równomiernie podparty oraz nie powinien mieć nadmiernych odkształceń przekroju poprzecznego.

Uważa się, na podstawie szeregu doświadczeń, że największy wpływ na odkształcenie średnicy przewodu ma sposób prowadzenia robót ziemnych, a w znacznie mniejszym stopniu sztywność obwodowa rury.

Materiałem w strefie ułożenia przewodu powinien być grunt nie zawierający ostrych kamieni krzemowych oraz ziaren większych od 22mm, podatny na zagęszczanie, wykazujący się dobrą sprężystością. Taka zasada dotyczy przewodów o średnicach do 200mm. Natomiast materiałem na zasypkę wstępną przy średnicach większych może być grunt zawierający pojedyncze wielkości ziaren dochodzących do 32-40mm. Jeżeli grunt rodzimy nie spełnia tych wymagań, to należy jeszcze rozważyć, czy można dokonać jego segregacji poprzez odkładanie odpowiednich partii w trakcie wykonywania wykopów. W przypadku wyraźnych wątpliwości należy dostarczyć materiał obcy spoza miejsca budowy.

Materiał gruntowy użyty w strefie ułożenia przewodu w czasie zagęszczania powinien mieć optymalną wilgotność. Zagęszczanie przeprowadza się warstwami nie większymi od 30cm. Najważniejsze jest przy tym dobre zagęszczenie gruntu po bokach przewodu, tzw. „**podbicie pach**”, przy którym może wystąpić nawet pewne odkształcenie przewodu –

zmniejszenie średnicy w płaszczyźnie poziomej o 2-3%. Równocześnie należy w czasie zagęszczania usuwać szalunki (podnosić obudowę), ażeby nie dopuścić do rozluźnienia zarówno gruntu rodzimego lub powstawania pustych miejsc obok strefy ułożenia przewodu, jak i samej strefy.

Zagęszczenie całej strefy ułożenia przewodu łącznie z zasypką wstępną (30cm ponad poziom rury) należy wykonywać ubijakami ręcznymi. Po wykonaniu zasypki wstępnej można użyć ubijaki wibracyjne, lecz jedynie po bokach przewodu. Można przyjąć zasadę, że wprowadzenie mechanicznego sprzętu do zagęszczania gruntu bezpośrednio ponad grzbietem rury powinno być nie wcześniej, niż wysokość zasypki wstępnej 30 cm a dla rur o średnicach większych niż DN 300 równe średnicy ułożonego przewodu.

Uzyskany stopień zagęszczenia gruntu będzie uzależniony od zdolności gruntu do zagęszczania oraz staranności wykonania prac (tablica 24).

Po wykonaniu zasypki wstępnej należy ponad przewodem umieścić taśmę wskaźnikową z wkładką metalową w celu umożliwienia lokalizacji przewodu z poziomu terenu za pomocą odpowiednich urządzeń wykrywających. Taśma ta będzie bardzo przydatna w przypadku awarii przewodu lub układania i naprawy innych przewodów ułożonych w ziemi.

Wykonanie zasypki głównej należy przeprowadzać zgodnie z wymaganiami postawionymi przez Inwestora. W tablicy 32 ujęto według PN-EN 1046 zalecenia dotyczące optymalnego zagęszczania gruntu w zależności od posiadanego sprzętu dla gruntów nadających się do zagęszczania (tablica 23). Zalecenia te podają ilość (krotność) przejść do uzyskania wysokiego lub miernego stopnia zagęszczenia oraz grubość warstw, przy którym możliwe jest wprowadzenie sprzętu mechanicznego.

TABLICA 32. Zalecenia optymalnego zagęszczania gruntu

Rodzaj sprzętu	Ilość przejść do uzyskania zagęszczenia		Maksymalna grubość warstw (m) po zagęszczeniu dla grup gruntów o stopniu zdolności do zagęszczania podanych w tablicy 20				Minimalna grubość warstwy ochronnej ponad grzbietem rury przed zagęszczeniem (m)
	wysokiego	miernego	1	2	3	4	
Ubijak ręczny min. 15kg oraz ubijanie nogami	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Ubijak wibracyjny min 70kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Wibrator płytowy min 50kg	4	1	0,10	-	-	-	0,15
min 100kg	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
min 200kg	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
min 400kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
min 600kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Wibrator walcowy min 15kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
min 30kN/m	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
min 45kN/m	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
min 65kN/m	6	2	1,50	1,10	0,60	-	2,40
Podwójne walce wibracyjne min 15kN/m	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20

min 30kN/m	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
min 45kN/m	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
min 65kN/m	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Potrójny ciężki walec (bez wibracji)							
min 50kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

4. Odbiór techniczny

Odbiory techniczne przewodów kanalizacyjnych należy przeprowadzać zgodnie z projektem technicznym w uzgodnieniu z Inwestorem i Zakładem, który będzie zajmował się ich eksploatacją. Obowiązujące przepisy (norma PN-EN 1610, która zastępuje PN-B-10735) podają procedury przeprowadzania kontroli końcowej i/lub badań przewodów i studzienek po wykonaniu zasypki które obejmują:

- Kontrole wizualną dotyczącą sprawdzenie trasy i głębokości ułożenia.
- Szczelność przewodów wraz ze studzienkami.
- Poprawność wykonania strefy ułożenia przewodów poprzez zagęszczenie i dobór gruntów.
- Sprawdzenie zagęszczenia gruntów ponad przewodem.
- Deformacje rury.

Badania szczelności.

Badania szczelności przewodów i studzienek kanalizacyjnych mogą być przeprowadzane alternatywnie albo przy użyciu powietrza (metoda L) lub przy użyciu wody (metoda W). Mogą być przeprowadzone oddzielnie próby szczelności rur i kształtek oraz studzienek np. badania rur powietrzem a badania studzienek wodą. Metodę przy użyciu powietrza można wykonywać dowolną ilość razy i usuwać usterki. Jeżeli badanie przy użyciu powietrza jest wątpliwe, to powinien być zastosowany test przy użyciu wody i jego wyniki powinny być decydujące.

W przypadku występowania wody gruntowej powyżej wierzchu przewodów, to badanie takie można potraktować jako dodatkowe badanie infiltracji.

Wstępna próba przy użyciu powietrza lub wody może być przeprowadzona bezpośrednio po ułożeniu przewodu. Jednak ostateczne potwierdzenie szczelności powinno być przeprowadzone po wykonaniu zasypki wykopu i usunięciu oszalowania.

Badanie przy użyciu powietrza (metoda L).

Czas badania przewodów z wyłączonymi studzienkami w zależności od średnicy przewodu i metody badań (LA, LB, LC, LD) podano w tablicy 30. Metody badań uznano za równorzędne, ponieważ ze względu na różnorodne dotychczas doświadczenia krajów zachodnich nie można jednoznacznie stwierdzić, czy lepiej stosować np. (LA) niskie ciśnienie, wyższy procentowo dopuszczalny spadek ciśnienia ($P_0 - 1 \text{ kPa}$, $\Delta P 25\%$) i dłuższy czas badania, czy np. (LC) wysokie ciśnienie, niższy procentowo dopuszczalny spadek ciśnienia ($P_0 - 10 \text{ kPa}$, $\Delta P 15\%$) i krótki czas badania. Powinny być zastosowane szczelne zamknięcia przewodów przed studzienkami. Badanie studzienek przy użyciu powietrza jest trudne, dlatego w praktyce studzienki rzadko badane są tą metodą. Jeżeli jednak wyniki badań

studzienek będą pozytywne, to można czas badania dla studzienek za pomocą powietrza skrócić do połowy, w odniesieniu do równoważnych średnic przewodów.

Jeżeli spadek ciśnienia zmierzony po podanym w tabelicy 33 czasie badania jest mniejszy niż ΔP , to przewód spełnia wymagania.

TABLICA 33. Warunki badania przy użyciu powietrza przewodów kanalizacyjnych

Materiał przewodu	Metoda badań	P_o (kPa)	ΔP (kPa)	Średnica przewodu d_n				
				DN200	DN300	DN400	DN600	DN800
				Czas badania (minut)				
Rury betonowe nasiąknięte wodą i pozostałe materiały	LA	1	0,25	5	7	10	14	19
	LB	5	1	4	6	7	11	15
	LC	10	1,5	3	4	5	8	11
	LD	20	1,5	1,5	2	2,5	4	5
Kp				0,058	0,04	0,03	0,02	0,015

P_o - ciśnienie próbne powyżej ciśnienia atmosferycznego

ΔP – dopuszczalny spadek ciśnienia podczas badania

t - czas badania wynikający z wzoru:

$$t = \frac{1}{Kp} \cdot \ln \frac{P_o}{P_o - \Delta P} \quad (\text{min})$$

$$Kp = \frac{12}{d_n} \quad \text{lecz max } 0,058$$

$$\ln = \log_e$$

Badanie przy użyciu wody (metoda W).

Ciśnienie próbne jest ciśnieniem wynikającym z wypełnienia badanego odcinka przewodu wodą do poziomu terenu odpowiednio w dolnej lub górnej studzience, przy czym nie powinno być mniejsze niż 10 kPa, a większe niż 50 kPa (1 do 5 m słupa wody) licząc od poziomu grzbietu rury. Po wypełnieniu przewodu wodą i wytworzeniu ciśnienia próbnego przewód powinien przez co najmniej 1 godzinę podlegać stabilizacji.

Czas badań powinien wynosić (30 ± 1) minut. Poprzez uzupełnianie w tym czasie poziomu wody, ciśnienie powinno być utrzymywane z dokładnością do 1 kPa.

Wymagania dotyczące badań są spełnione, jeżeli ilość dodanej wody nie przekracza w czasie 30 minut w odniesieniu do powierzchni zwilżonej (m^2):

0,15 l/m^2 dla przewodów

0,2 l/m^2 dla przewodów wraz ze studzienkami włączowymi

0,4 l/m^2 dla samych studzienek.

Przy badaniach pojedynczych połączeń przyjmuje się, że wielkość powierzchni odpowiada 1 m długości przewodu przy ciśnieniu próbnym 50 kPa.

Jak wykazuje praktyka, badania szczelności przewodów kanalizacyjnych przy prawidłowo prowadzonych pracach montażowych oraz przy fachowym wykonywaniu połączeń są często formalnością.

Skuteczną metodą sprawdzenia prawidłowego ułożenia przewodów w gruncie jest badanie wnętrza przewodów przez specjalistyczną kamerę telewizji przemysłowej CCTV. Kamera porusza się na specjalnych prowadnicach i przekazuje obraz strugi wlanej wody do przewodu z odnotowaniem metra bieżącego przewodu. W miejscu przegłębienia lokalnego przewodu powstaje szerokie rozlewisko wody, aż do powstania „syfonu”. Obserwacja nagrania przekazanego przez kamerę CCTV pozwala na precyzyjną ocenę prawidłowości ułożenia przewodu.

Kamery CCTV używane są również do prac sprawdzających eksploatowanych przewodów w celu określenia ich drożności, miejsc awarii oraz podłączeń do kanalizacji rozdzielczej ścieków nie ewidencjonowanych tzn. dodatkowych wpustów wody powierzchniowej, ścieków przemysłowych, itp.

IV. Literatura związana z projektowaniem i wykonywaniem przewodów kanalizacyjnych

1. Normy PN-EN

1. PN-EN 13476-3:2007 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do bezciśnieniowej podziemnej kanalizacji deszczowej i sanitarnej -- Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastifikowanego poli(chloroku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) -- Część 3: Specyfikacje dotyczące rur i kształtek z gładką wewnętrzną i profilowaną zewnętrzną powierzchnią oraz systemu, typu B (oryg.)
2. PN-EN 124:2000 Zwieńczenia wpustów i studzienek kanalizacyjnych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Zasady konstrukcji, badania typu, znakowanie, sterowanie jakością.
3. PN-EN 476:2001 Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji grawitacyjnej.
4. PN-EN 752:2000 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne
Część 1: Pojęcia ogólne i definicje (zamiast PN-87/B-01070)
 - 2: Wymagania
 - 3: Planowanie
 - 4: Obliczenia hydrauliczne i oddziaływanie na środowisko (2001r.)
 - 5: Modernizacja (2001r.)
 - 6: Układy pompowe (2002r.)
 - 7: Eksploatacja i użytkowanie (2002r.)
5. PN-ENV 1046:2002(U) Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. Systemy do przesyłania wody i ścieków na zewnątrz konstrukcji budowli. Praktyczne zalecenie układania przewodów pod ziemią i nad ziemią. (Przednorma uznaniowa nie przetłumaczona).
6. PN-EN 1091:2002 Zewnętrzne systemy kanalizacji podciśnieniowej.
7. PN-EN 1293:2003 Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji pneumatycznej.
8. PN-EN 1295-1:2002 Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia. Część 1: Wymagania ogólne.
9. PN-ENV 1452-6:2002(U) Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. do przesyłania wody. Nieplastifikowany poli(chlorek winylu) Część 6: Zalecenia wykonywania instalacji. (Przednorma uznaniowa nie przetłumaczona).
10. PN-EN 1456-1:2003 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowej kanalizacji deszczowej i sanitarnej układanej pod ziemią i nad ziemią .Nieplastifikowany poli(chlorek winylu) (PVC-U) Część 1:Wymagania dotyczące elementów rurociągu i systemu.

11. PN- EN 1610:2002 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.(zamiast PN-92/B-10735).
12. PN-EN 1671:2001 Zewnętrzne systemy kanalizacji ciśnieniowej.
13. PN-EN 1852-1:1999 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne bezciśnieniowe systemy przewodowe z polipropylenu (PP) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu.
14. PN-EN 12056:2002 Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków.
Część 1: Wymagania ogólne i użytkowe.
2: Kanalizacja sanitarna. Projektowanie i obliczanie.
3: Kanalizacja odwodnieniowa. Projektowanie i obliczanie.
4: Pompowanie ścieków. Projektowanie układów i obliczanie.
5: Montaż i badania, zasady eksploatacji i użytkowania.
15. PN-EN 12889:2003 Budowa i badania bezwykopowych przewodów kanalizacyjnych.
16. PN-ENV 13801:2002(U) Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do odprowadzania nieczystości i ścieków (o niskiej i wysokiej temperaturze) wewnątrz konstrukcji budowli. Tworzywa termoplastyczne. Praktyczne zalecenia dotyczące wykonywania instalacji.
17. PN-EN ISO 1043-1:2003 Tworzywa sztuczne. Symbole i skróty. Część 1: Polimery podstawowe i ich cechy charakterystyczne.
18. PN-EN 14982:2007 Systemy przewodów rurowych i rur osłonowych z tworzyw sztucznych -- Trzony lub rury wznoszące z termoplastycznych tworzyw sztucznych do studzienek włączonych i niewłączonych -- Oznaczanie sztywności obwodowej

2. Polskie normy PN

19. PN-B-01707:1992 Instalacje kanalizacyjne. Wymagania w projektowaniu.
20. PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie budowli. Obliczenia statyczne i projektowania.
21. PN-B-10729:1999 Kanalizacja. Studzienki kanalizacyjne.
22. PN-B-10736:1999 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.
23. PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
24. PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
25. PN-M-34034:1976 Rurociągi. Zasady obliczania strat ciśnień.

3. Publikacje

26. Zalecenia Niemieckiego Zrzeszenia Gospodarki Wodą, Ściekami i Odpadami (DVWK) Budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych (w nawiązaniu do normy DIN-EN 1610) Czerwiec 2001. (ATV-Regelwerk. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139. Einbau und Prufung von Abwasserleitungen und kanalen. Juni 2001).
27. Lars-Eric Janson, Jan Molin. Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych. Wydanie Wavin Metalplast- Buk.
28. Wytyczne wzmocnienia podłoża gruntowego w budownictwie drogowym. – IBDiM 2002r.

Spis treści

I. Wprowadzenie – Informacje handlowe

1. Produkcja rur K-2
2. Właściwości materiałowe przewodów z polipropylenu
 - 2.1 Właściwości fizyko – mechaniczne
 - 2.2 Odporność chemiczna
3. Wymagania techniczne ujęte w aprobatkach i dokumentach normalizacyjnych
 - 3.1 Definicje i skróty ujęte w normach i aprobatkach
 - 3.2 Aprobata i projekt normy dotyczące rur strukturalnych K-2
 - 3.3 Wymagane właściwości mechaniczne i fizyczne rur K-2 i kształtek z PP
4. Asortyment wyrobów
 - 4.1 Rury kanalizacyjne o podwójnej ściance K-2
 - 4.2 Kształtki kanalizacyjne do rur K-2
 - 4.3 Asortyment uzupełniający – Rury i kształtki kanalizacyjne z PVC-U

II. Projektowanie zewnętrznych systemów kanalizacyjnych

1. Systemy kanalizacyjne
2. Ogólne wymagania projektowe
 - 2.1 Wpływ wykonawstwa na projektowanie
3. Obliczenia hydrauliczne przewodów grawitacyjnych oraz dobór średnic i spadków przewodów
4. Dobór sztywności obwodowej rur kanalizacyjnych K-2
5. Obliczenia statyczne przewodów kanalizacyjnych ułożonych w ziemi w warunkach obciążeń pochodzących od ruchu drogowego
6. Warunki projektowania przewodów kanalizacyjnych i odwodnieniowych w pasie drogowym
 - 6.1 Roboty ziemne
 - 6.2 Studzienki kanalizacyjne w pasie drogowym
 - 6.3 Przepusty pod drogami
 - 6.4 Ustawy, wytyczne i normy dotyczące drogownictwa

III. Budowa grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych układanych w ziemi

1. Wykonywanie wykopów
2. Montaż i układanie przewodów
3. Zасыpywanie przewodów
4. Odbiór techniczny

IV. Literatura związana z projektowaniem i wykonywaniem przewodów kanalizacyjnych

1. Normy PN-EN
2. Polskie normy PN
3. Publikacje

