



INSTRUKCJA STOSOWANIA SYSTEMÓW WAVIN W DROGOWNICTWIE

Rury kanalizacji zewnętrznej PVC-u oraz PEHD i PP
Rury drenarskie PVC-u oraz PEHD i PP



systemy doskonałe

Instrukcja stosowania w pasie drogowym:

**Rury kanalizacji zewnętrznej
systemu WAVIN 5**

**Rury drenarskie
systemu WAVIN 29**

Aprobaty Techniczne 55

Rury kanalizacyjne systemu Wavin

Instrukcja stosowania w pasie drogowym

*Sposób wykorzystania rur kanalizacyjnych w pasie drogowym został uzgodniony
z Zakładem Geotechniki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie.*

Opracował: mgr inż. Bogusław MYSZKIEWICZ
upr. w zakresie sieci sanitarnych nr Wa-617/94



Warszawa, listopad 2002 r.

Spis treści

I. WSTĘP	7
1.1. Przedmiot i zakres opracowania.....	8
1.2. Definicje	8
II. OPIS	10
2.1. Przeznaczenie i elementy składowe systemu.....	10
2.1.1. Rury z PVC-u	10
2.1.2. Rury z PEHD i PP.....	10
2.2. Lokalizacja w pasie drogowym	11
2.2.1. Odległości między przewodami i obiektami	11
2.2.2. Głębokości ułożenia przewodów.....	12
2.2.3. Średnice i spadki przewodów	13
2.2.4. Przykanaliki i wpusty ściekowe.....	13
2.2.5. Inne wymagania	13
2.3. Wymiarowanie hydrauliczne.....	14
2.3.1. Symbole i oznaczenia.....	15
2.3.2. Przepływ.....	15
2.3.3. Samooczyszczanie.....	15
2.4. Analiza wytrzymałościowa.....	16
2.4.1. Symbole i oznaczenia.....	17
2.4.2. Obciążenie zasypką i wodą gruntową	18
2.4.3. Obciążenie ruchem drogowym.....	18
2.4.4. Odkształcenia rury.....	19
2.5. Przykład obliczeniowy	21
III. WARUNKI WYKONANIA I BADANIA ODBIORCZE	22
3.1. Roboty ziemne	22
3.1.1. Materiały	22
3.1.2. Strefa ułożenia przewodu	22
3.1.3. Zasypka główna.....	24
3.2. Badania odbiorcze	25
3.2.1. Badania podłoża.....	25
3.2.2. Badania przewodu i studzienek	25
3.2.3. Badania robót ziemnych	25
IV. ZARZĄDZENIA, NORMY I DOKUMENTY ZWIĄZANE	26

I. WSTĘP

Szybkie zmiany jakie następują w Polsce w zakresie:

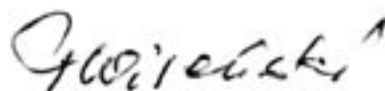
- przetwórstwa tworzyw sztucznych, stosowanych materiałów i surowców,
- metod produkcji rur, kształtek i studzienek z tworzyw sztucznych,
- przepisów i norm związanych z projektowaniem i wykonawstwem sieci sanitarnych,

a także powszechność stosowania wyrobów z tworzyw sztucznych w wykonawstwie sieci sanitarnych spowodowały, że opracowana w 1998r. **Instrukcja ...** straciła szybko swą aktualność. Obecne wydanie ma na celu dostosowanie treści **Instrukcji ...** do zmian jakim podlegają zarówno projektowanie, wykonawstwo jak również polskie normy i przepisy w związku z ujednoliceniem ich z normami obowiązującymi w krajach Unii Europejskiej. Bardzo istotne zmiany w kwestiach projektowania i odbioru systemów kanalizacji grawitacyjnej wniosły nowe normy PN-EN 476: 2001 [20], PN-EN 752 (7 części wydanych w latach 2000 ÷ 2002; w spisie przytoczono 4 części) [21 ÷ 24], PN-EN 1295-1:2002 [34] oraz PN-EN 1610:2002 [26].

Pomimo licznych zmian w przepisach nie doprowadzono jeszcze do pełnej zgodności różnych przepisów branżowych; wiele z nich jest niespójna z innymi. W Instrukcji, podobnie jak w poprzednim jej wydaniu, utrzymano zasadę, że w przypadku rozbieżności co do wymagań, za decydujące przyjęto te, które zostały określone w dokumentach dotyczących drogownictwa.

Instrukcji tej nie należy jednak traktować jako pełnego opracowania rozwiązującego wszystkie problemy związane z budową rurociągów z tworzyw sztucznych. Nadal wiele z decyzji o sposobie wbudowania tego typu elementów będzie zależało od projektantów, inwestorów i służb eksploatacyjnych. Mamy jednak nadzieję, że Instrukcja ułatwi rozwiązywanie tych problemów.

*Sposób wykorzystania rur kanalizacyjnych w pasie drogowym uzgodniono z
Zakładem Geotechniki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie*



inż. Piotr WILEŃSKI

1.1 Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest instrukcja stosowania w pasie drogowym rur i kształtek kanalizacyjnych systemu WAVIN wytwarzanych z polichlorku winylu (PVC-U), polietylenu (PEHD) i polipropylenu (PP), a przeznaczonych do pracy w warunkach bezciśnieniowych. Instrukcja określa warunki stosowania przewodów WAVIN w pasie drogowym, metodę hydraulicznego doboru średnic i obliczeń wytrzymałościowych przewodów oraz warunki wykonania i odbioru robót związanych z układaniem rur.

Instrukcja nie określa wymagań dla surowców używanych do produkcji, parametrów geometrycznych, fizycznych i mechanicznych, prób laboratoryjnych i sprawdzeń, transportu oraz składowania i montażu elementów, gdyż zagadnienia te są ujęte zarówno w normach międzynarodowych (EN) i krajowych (PN) jak też w procedurach stosowanego przez WAVIN Metalplast-Buk systemu zarządzania jakością w zakresie projektowania, produkcji i sprzedaży systemów instalacyjnych z tworzyw sztucznych zgodnie z wymaganiami normy PN-ISO 9001:1996 oraz działania na rzecz ochrony środowiska zgodnie z przyjętymi Politykami Jakości i Środowiskową PN-EN ISO 14001:1998.

1.2 Definicje

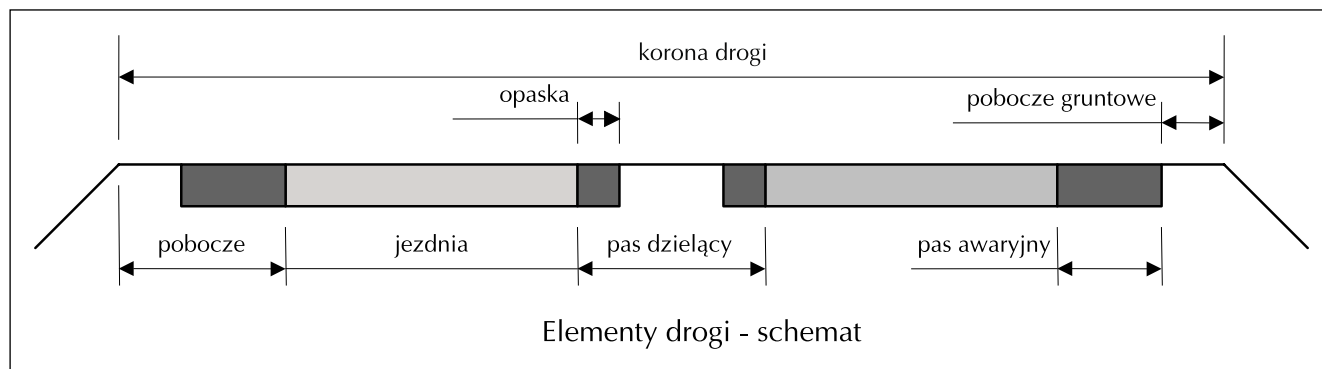
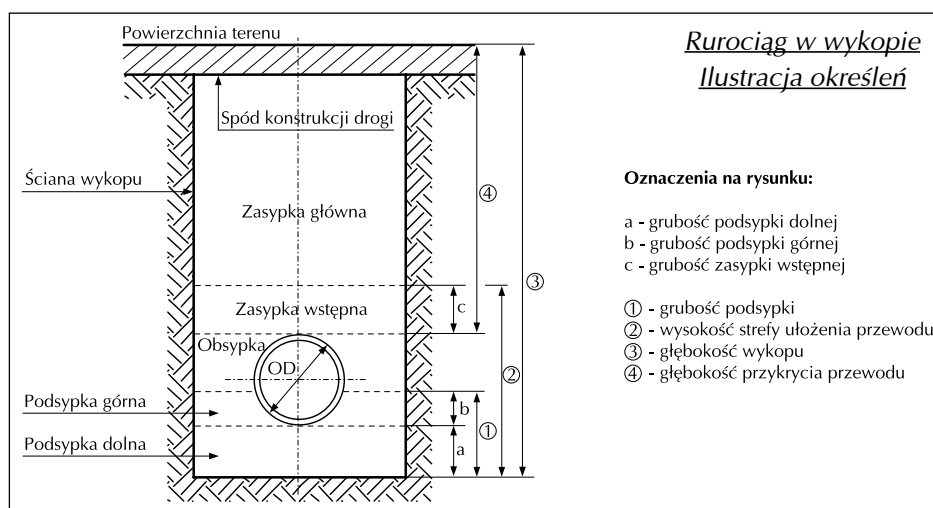
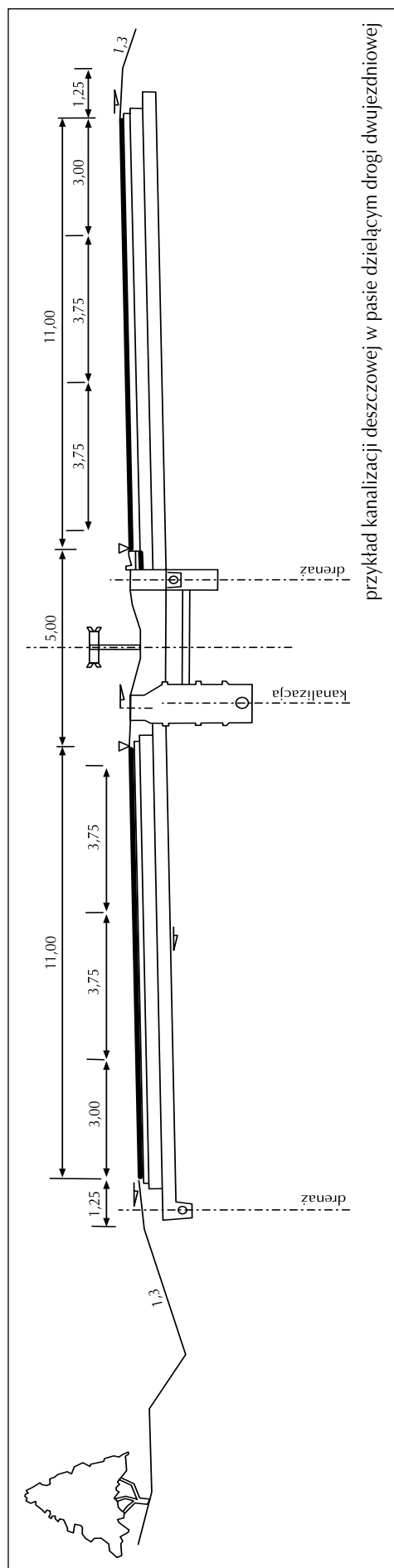


Tabela nr 1 - Definicje

Nazwa	Definicja
Grunt rodzimy	grunt wydobyty z wykonanego wykopu
Jezdnia	część korony drogi, zwykle utwardzona, przeznaczona do ruchu pojazdów
Kanał, przewód kanalizacyjny	liniowy obiekt inżynierski, przeznaczony do grawitacyjnego odprowadzania ścieków. <u>Nieprzełazowy</u> – kanał zamknięty o wysokości wewnętrznej mniejszej niż 1,0m.
Kanał boczny	kanał doprowadzający ścieki do kolektora
Kategoria ruchu	określenie obciążenia drogi ruchem samochodowym wyrażone w ilości osi obliczeniowych (100kN) na dobę na pas obliczeniowy
Kategorie terenów górniczych	tereny o parametrach deformacji określonych w normie [17]
Kolektor, kanał zbiorczy	kanał przeznaczony do zbierania ścieków z co najmniej dwóch kanałów bocznych
Korpus drogowy	budowla ziemna ograniczona od góry koroną drogi, a z boków skarpami nasypów lub wewnętrznymi skarpami rowów przydrożnych
Korona drogi	jezdnia wraz z poboczeniami, chodnikami, zatokami postojowymi, a przy drogach dwujezdniowych – również z pasami awaryjnego postoju i pasem dzielącym jezdnie
Obsypka	materiał gruntowy przykrywający podsypkę w strefie ułożenia przewodu
Pas awaryjny	część pobocza, służąca do zatrzymania się i postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych
Pas dzielący	część korony drogi stanowiąca fizyczne rozdzielenie jezdni przeznaczonych dla przeciwnych kierunków ruchu (kierunkowy) lub o różnych funkcjach (boczny)

Nazwa	Definicja
Pas drogowy	wydzielony teren, przeznaczony pod drogę oraz urządzenia związane z obsługą i ochroną drogi, obsługą ruchu i ochroną środowiska, a także zawierający rezerwę pod przyszłą rozbudowę drogi
Pobocze	część korony drogi przyległa do jezdni, wykorzystywana do ruchu pieszych i zwierząt, a w szczególnych przypadkach do ruchu i postoju pojazdów. <u>Pobocze utwardzone</u> wyposażone jest w nawierzchnię o nośności wystarczającej do postoju i ruchu pojazdów. <u>Pobocze nieutwardzone</u> przeznaczone jest również do umieszczania znaków drogowych i zabezpieczenia ruchu.
Podłoże gruntowe	grunt rodzimy lub nasypowy leżący bezpośrednio pod nawierzchnią lub innym obiektem budowlanym
Podłoże przewodu	część konstrukcyjna wykopu utrzymująca przewód między dnem wykopu, a obsypką lub zasypką wstępną.
Podsypka dolna	konstrukcyjna część podłoża przewodu pomiędzy dnem wykopu, a spodem przewodu, a gdy przewód jest układany na dnie wykopu – dno wykopu jest dolną podsypką.
Podsypka górna	konstrukcyjna część podłoża przewodu pomiędzy podsypką dolną, a obsypką. Jej grubość i stopień zagęszczenia należy określić w projekcie.
Przewód	rurociąg złożony z odcinków rur, kształtek i łączny między studzienkami kanalizacyjnymi lub innymi obiektami technicznymi
Przykanalik	kanal boczny, krótki przewód odprowadzający ścieki z wpustu ściekowego lub innego urządzenia służącego odwodnieniu drogi do kolektora
Standard Dimension Ratio (SDR)	stosunek średnicy zewnętrznej rury do grubości jej ścianki
Strefa ułożenia przewodu	wypełnienie otoczenia przewodu obejmujące podsypkę, obsypkę i zasypkę wstępną do wysokości 30cm ponad wierzch przewodu
Studzienka kanalizacyjna	studzienka rewizyjna, obiekt na kanale nieprzełazowym przeznaczony do kontroli i prawidłowej eksploatacji kanałów
Szywność obwodowa, pierścieniowa (SN)	podawana w kN/m ² zdolność rury do przejmowania obciążeń zewnętrznych zależna od wymiarów geometrycznych przekroju poprzecznego i modułu sprężystości materiału
Średnica nominalna (DN)	liczbowe oznaczenie wymiaru elementu, które jest liczbą całkowitą w przybliżeniu równą wymiarowi średnicy rzeczywistej w mm. Średnica nominalna może odnosić się do średnicy wewnętrznej (DN/ID) lub zewnętrznej (DN/OD)
Wpust ściekowy	urządzenie odbierające i odprowadzające wodę powierzchniową do przewodu kanalizacyjnego
Zasypka główna	wypełnienie gruntem między górną powierzchnią zasypki wstępnej, a powierzchnią terenu, nasypu lub spodem konstrukcji drogi
Zasypka wstępna	warstwa wypełniającego materiału gruntowego tuż nad wierzchem rury





2.2 Lokalizacja w pasie drogowym

Ułożenie przewodu kanalizacyjnego w pasie drogowym, niezależnie od sprawdzenia jego wytrzymałości na zdolność do przeniesienia obciążeń zewnętrznych, należy każdorazowo uzgodnić zarówno z inwestorem, właścicielem drogi, jak też z przyszłym użytkownikiem przewodu, a w przypadku budowy na terenach górniczych kategorii II ÷ V (patrz. norma [17]), również z właściwym Okręgowym Urzędem Górniczym. Wynika to z trudności jakich przysparza naprawa rurociągów podziemnych. Wymaga bowiem wykonania wykopu i aby to zrealizować niezbędne jest czasowe wyłączenie części pasa drogowego, a czasem również większego odcinka jezdni z ruchu. Z tego powodu lokalizacja przewodów podziemnych w poboczach utwardzonych, w pasie awaryjnym oraz w jezdniach dróg musi być nie tylko zgodna z obowiązującymi przepisami w tym zakresie w szczególności w odniesieniu do autostrad, dróg ekspresowych, dróg w kategoriach KR5 i KR6, ale również wymaga konsultacji z władzami, w szczególności z władzami drogowymi.

Zalecenia i wymagania odnośnie ułożenia przewodów kanalizacyjnych zebrano w oparciu o ustawy, rozporządzenia i normy wymienione w rozdziale IV - Zarządzenia, normy i dokumenty związane. Niestety, materiały te nie zawsze są zgodne między sobą. W przypadku rozbieżności co do wymagań, w niniejszym opracowaniu przyjęto za decydujące te, które zostały określone w dokumentach dotyczących drogownictwa.

2.2.1 Odległości między przewodami i obiektami

Przewody kanalizacyjne biegnące wzdłuż pasa drogowego należy prowadzić nie bliżej niż:

- 15.0m - od pomników przyrody,
 - 2.5m - od drzew,
 - 2.5m - od krawędzi jezdni,
 - 2.0m - od innych przewodów kanalizacyjnych,
 - 1.5m - od wodociągów,
 - 1.5m - od linii rozgraniczających i ogrodzeń,
 - 1.0 ÷ 1.25m - od kabli elektroenergetycznych o napięciu 132 ÷ 400kV,
 - 1.0m - od słupów elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych,
 - 1.0m - od przewodów ciepłowniczych,
 - 1.0m - od kanalizacji kablowej,
 - 0.75 ÷ 1.0m - od kabli elektroenergetycznych o napięciu 20 ÷ 132kV
 - 0.5m - od innych kabli elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych
- przy czym wszystkie te odległości należy rozumieć jako minimalne, mierzone między zewnętrznymi obrysami rur, studzienek lub obiektów.

Odległości jakie należy zachować od rurociągów gazowych określają rozporządzenie [2] i norma [27].

Jeżeli przewód kanalizacyjny nie jest związany z funkcją drogi wówczas należy zachować znacznie większe odległości, które ustawa [1] określa zależnie od klasy drogi i zabudowy terenów przyległych na (patrz Tabela nr 2):

Tabela nr 2 - Odległości obiektów od dróg

Rodzaj drogi	Tereny miejskie	Tereny poza zabudową
autostrady	30 m	50 m
drogi ekspresowe	20 m	40 m
drogi krajowe	10 m	25 m
drogi wojewódzkie	8 m	20 m
drogi lokalne	6 m	15 m

Rozporządzenia [3] i [4] ograniczają również możliwości ułożenia kolektorów i wpustów ściekowych kanalizacji deszczowej w pasie drogowym – muszą one być cofnięte poza krawędź nawierzchni i nie mogą być usytuowane w jezdni, w pasie awaryjnym, w poboczu utwardzonym lub na opasce. Jedynie przy przebudowie lub remoncie ulic klasy G i niższych dopuszczalne jest lokalizowanie wpustów ściekowych w jezdni, przy krawężniku.

2.2.2 Głębokości ułożenia przewodów

Rozporządzenia [3] i [4] wymagają, aby strop kolektora i przykanalików był zagłębiony poniżej głębokości przemarzania gruntu, a gdyby to było niemożliwe, należy przewidzieć odpowiednią izolację termiczną. Głębokości przemarzania określa norma [12], z której zaczerpnięto poniższą mapę podziału terenu Polski na związane z tym strefy.



2.2.3 Średnice i spadki przewodów

Norma [29] określa minimalne średnice kolektorów deszczowych stosowanych w drogownictwie na:

- 250mm na terenach zabudowanych
- oraz 200mm poza nimi.

Natomiast w przypadku autostrad płatnych rozporządzenie [4] określa minimalną średnicę na 300mm.

Minimalne spadki kolektorów deszczowych służących odwodnieniu dróg określa norma [29]:

Tabela nr 3 - Minimalne spadki drogowej kanalizacji deszczowej

Średnica kanału [mm]	Spadek minimalny [‰]	Uwagi
200	5.0	tylko za miastem
250	4.0	wszędzie
300	3.3	wszędzie
350	3.0	wszędzie
400	2.5	wszędzie
450	2.2	wszędzie

Uzależnione są one od średnicy przewodu, ale przy napełnieniach mniejszych niż połowa średnicy niezbędne jest również sprawdzenie możliwości samooczyszczania przewodu (patrz pkt. 2.3. - Wymiarowanie hydrauliczne). Za kryterium przyjęto w tym przypadku wielkość naprężeń stycznych $\tau = 2.5\text{N/m}^2$. Kryterium to powoduje konieczność projektowania kanałów z dużymi spadkami. Wieloletnie doświadczenia zebrane przez WAVIN Metalplast-Buk z eksploatowanych rurociągów dowodzą, że spadki te mogą być mniejsze. Również normy państw skandynawskich stawiają w tym względzie łagodniejsze wymagania. Patrz również pkt. 2.3.3 Samooczyszczanie.

Rozporządzenia [3] i [4] nie określają minimalnego spadku podłużnego, ale wymagają, aby prędkość przepływu nie była mniejsza niż 0,5m/s.

W odniesieniu do maksymalnych spadków przewodów wymagania są różnie formułowane. norma [11] określa następujące dopuszczalne spadki przewodów z tworzyw sztucznych:

- dla średnic $\leq 150\text{mm}$ 15%,
- dla średnicy 200mm 10%,
- dla średnic $\geq 250\text{mm}$ 8%,

a rozporządzenia [3] i [4] wymagają, aby maksymalne spadki przewodów nie przekraczały:

- dla średnicy 300mm 3%,
- dla średnic $\geq 1000\text{mm}$ 1%,
- a dla średnic pośrednich – spadek wynikający z interpolacji z powyższych wartości.

Z kolei norma [29] narzuca warunek, aby maksymalna prędkość w przewodzie nie przekraczała 7m/s.

2.2.4 Przykanaliki i wpusty ściekowe

Minimalną średnicę przykanalików wpustów ściekowych rozporządzenie [4] i norma [29] określają na 150mm. Włączenie przykanalików do kolektora powinno mieć miejsce w studziencie rewizyjnej.

Minimalne spadki podłużne norma [11] określa na: 0,8% dla DN 150 i 0,5% dla DN 200.

Wymagania odnośnie spadków maksymalnych są takie same jak dla kolektorów (patrz. p.2.2.3.).

Norma [29] wymaga również, aby napełnienie przykanalików nie przekraczało połowy średnicy.

Rozmieszczenie wpustów ściekowych nie jest jednoznacznie uregulowane. Wskazane jest w tej sytuacji wykonanie obliczeń rozstawu wpustów wg Wytycznych Projektowania Ulic (WPU) [40] lub Podręcznika [62] dla deszczu miarodajnego. Dla takich warunków może dojść do rozlewu wody na jezdnię o szerokości nie przekraczającej 50cm, a wpusty ściekowe powinny przejąć cały opad.

Studzienki wpustów ściekowych powinny być wyposażone w osadnik, a jeśli ich nie mają, to osadnik należy umieścić w pierwszej studzience kolektora, do którego włączony jest przykanalik. Ponadto, jeżeli wpusty ściekowe włączone są do sieci ogólnospławnej wymagany jest syfon na przykanaliku. Poziom wody w studzience wpustu lub w syfonie powinien być obniżony w stosunku do terenu nie mniej niż głębokość przemarzania, o ile nie jest przewidziane dodatkowe ocieplenie studzienki i przykanalika.

2.2.5 Inne wymagania

Przekroczenia jezdni należy projektować prostoliniowo, pod kątem w stosunku do osi jezdni zbliżonym do 90° i nie mniejszym niż 75°.

Studzienki rewizyjne i inspekcyjne należy lokalizować w miejscach połączeń przewodów, zmiany średnicy, spadku lub kierunku. Rozporządzenie [4] wymaga też, aby między studzienkami zachować odległości nie większe niż:

- 40m na przewodach o średnicy do 600mm,
- 50m na przewodach o średnicy do 800mm,
- 60m na przewodach o średnicy do 1000mm,
- 100m na przewodach o średnicy do 1500mm.

Stosowanie studzienek i rur z tworzyw sztucznych pozwalają na odstępstwa od powyższych reguł. Często bowiem zmiany średnicy lub kierunku następują w sąsiedztwie studzienki, a nie w samej studzience. Nowoczesny sprzęt używany do przeglądów i czyszczenia kanałów pozwala na takie odstępstwa, a ponadto możliwe jest dzięki niemu, zwiększenie odległości między studzienkami (do 80, a nawet do 100m przy średnicy 200mm).

Norma [20] dopuszcza stosowanie studzienek o średnicy DN/ID < 800, niewłazowych, umożliwiających wprowadzenie sprzętu czyszczącego, kontrolnego i badawczego bez dostępu personelu.

2.3 Wymiarowanie hydrauliczne

Kanalizację związaną z funkcją drogi stanowi kanalizacja deszczowa odbierająca wodę z wpustów ściekowych i innych urządzeń służących odwodnieniu nawierzchni drogowej (ścieki, drenaże). Wielkość przepływu miarodajnego, na podstawie którego wymiarowane są tego rodzaju przewody, decyduje natężenie deszczu nawalnego zwanego też deszczem miarodajnym.

Prawdopodobieństwa wystąpienia deszczu nawalnego dla różnych rodzajów dróg opisują rozporządzenia [3] i [4], natomiast czas jego trwania jak również algorytm obliczeń służący określeniu natężenia deszczu i ilości wód spływających ze zlewni drogowych opisane są szczegółowo w normie [29]. Metodyka obliczeń podana w tej normie oparta jest na metodzie granicznych natężeń deszczu.

Norma ta podaje również niezbędne do obliczeń współczynniki spływu dla różnych pokryć terenów oraz wymagania w zakresie minimalnych średnic i spadków przewodów. Dopuszcza też stosowanie innych metod obliczeniowych np. opartej o stałe natężenie deszczu zgodnie z normą [24].

2.3.1 Symbole i oznaczenia

Tabela nr 4 - Symbole i oznaczenia hydrauliczne

Symbol	Jedn. miary	Wielkość
ID	m	średnica wewnętrzna kanału
f	m ²	pole powierzchni przekroju części kanału napełnionej ściekami
F	m ²	całkowite pole przekroju kanału $F=\pi \cdot ID^2/4$
h	m	napełnienie kanału
i	m/m	spadek podłużny kanału
k	mm	chropowatość bezwzględna ścian kanału
Q	m ³ /s	natężenie przepływu ścieków, przepływ
Q _o	m ³ /s	przepustowość kanału - przepływ przy całkowitym napełnieniu kanału
R	m	promień hydrauliczny $R=f/U$
U	m	obwód zwilżony - długość obwodu kanału stykająca się ze ściekami
v	m/s	średnia prędkość przepływu
γ	N/m ³	ciężar właściwy ścieków $\gamma_w \approx 10,0 \text{ kN/m}^3$
τ	N/m ²	naprężenie tarcia, naprężenia styczne

2.3.2 Przepływ

Podstawowymi formułami służącymi hydraulicznemu wymiarowaniu przewodów są:

- dla przewodów całkowicie wypełnionych - wzór Colebrook'a - White'a

$$Q_o = -6.95 \cdot \log \left(\frac{0.74}{ID \cdot \sqrt{ID \cdot i} \cdot 10^6} + \frac{k}{3.71 \cdot ID} \right) \cdot ID^2 \cdot \sqrt{ID \cdot i} \quad (1)$$

- dla przewodów częściowo wypełnionych - wzór Bretting'a

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.46 - 0.5 \cdot \cos \left(\pi \cdot \frac{h}{ID} \right) + 0.04 \cdot \cos \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{h}{ID} \right) \quad (1a)$$

W oparciu o te wzory, dla wygody projektantów, spółka WAVIN opracowała dla swoich wyrobów nomogramy i program komputerowy [54] do obliczeń rur z PVC-U, PP i PE w pełnym zakresie średnic.

Przepływ miarodajnych wód deszczowych, zgodnie z przepisami drogowymi (norma [29]) może odbywać się przy całkowitym napełnieniu kanału.

Natomiast projekt normy [16] zaleca, aby przepustowość kanałów służących do odprowadzania ścieków i wód infiltracyjnych, do których podłączone są przykanaliki była co najmniej 2 razy większa od przepływu miarodajnego, a dla przewodów tranzytowych, tzn. bez podłączeń przykanalików, nie może być mniejsza od przepływu miarodajnego.

2.3.3 Samooczyszczanie

Oprócz obliczenia przepustowości kanału niezbędne jest również sprawdzenie warunku samooczyszczania poprzez obliczenie naprężeń ścinających: $\tau = \gamma \cdot R \cdot i$ (2)

Norma [29] wymaga takiego sprawdzenia dla przewodów kanalizacyjnych prowadzących ścieki deszczowe przy napełnieniach mniejszych niż połowa średnicy. Narzuca przy tym warunek, aby dla tych małych napełnień naprężenia ścinające były nie mniejsze niż 2.5N/m². Wartość ta jest duża i powoduje, że wymagane spadki są znacznie większe, aniżeli przy stosowaniu zalecanej w normach [11] i [24], powszechnie używanej formuły $i[\%]=100/ID[\text{mm}]$.

Normy innych państw np. duńska norma dla instalacji odpływowych DS 432, wymaga, aby naprężenia styczne przekraczały wielkość 2.45N/m² w przypadku kanalizacji sanitarnej i ogólnospławnej, a dla kanalizacji deszczowej - 1.47N/m². Ponadto, norma ta dopuszcza obniżenie tych wymagań o 10% przy stosowaniu przewodów z tworzyw sztucznych tj. do wartości odpowiednio 2.21N/m² i 1.32N/m². Dla tych parametrów wymagane minimalne spadki są mniejsze niż obliczane zgodnie z normą [29].

2.4 Analiza wytrzymałościowa

Nowa polska norma [34] wprowadza dwie metody obliczeń przewodów podziemnych:

- „niemiecką” wg ATV A-127:1988
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und –leitungen,
- „skandynawską” opracowaną przez J.Molina.

W niniejszej instrukcji proponowana jest metoda oparta na metodzie opracowanej przez J.Molina, ze względu na łatwość jej stosowania i prostotę obliczeń. Szersze opisy tej metody można znaleźć w opracowaniu [55], [63] i normach skandynawskich (DS 430 [33], VAV-P70).

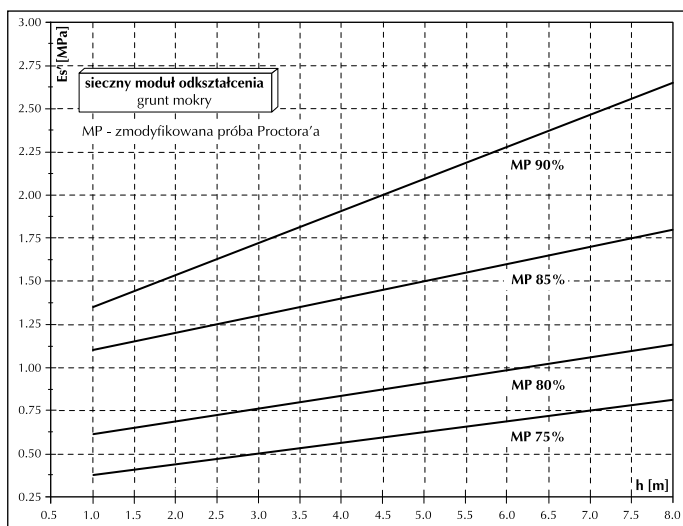
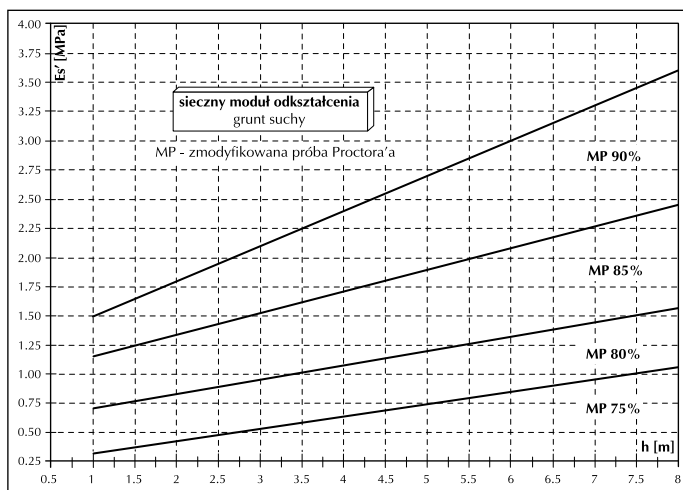
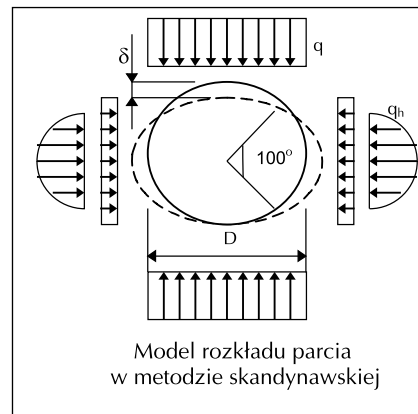
Metoda ta zakłada, że pod wpływem obciążenia pionowego q przewód elastyczny ulega spłaszczeniu, jego pionowa średnica ulega zmniejszeniu o δ , i przybiera kształt elipsy. Odształcająca się rura wywiera boczny nacisk na grunt, co powoduje powstanie oporu gruntu q_h i przejęcie przez niego części naprężeń spowodowanych obciążeniem pionowym. Model ten przyjmuje, że opór gruntu z boków przewodu ma rozkład paraboliczny. Im większa będzie siła oporu gruntu, tym lepsze są parametry geotechniczne gruntu, tym mniejszym deformacjom ulegnie przewód. Oddziaływanie pomiędzy sztywnością gruntu, a sztywnością rury opisuje wzór Spangler’a:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f(q)}{SN + S_s} \quad (3)$$

Sztywność gruntu S_s określa sieczny moduł odkształcenia E_s' . Dla normalnie stosowanych gruntów zasyпки, żwiru lub piaski o ciężarze objętościowym $\gamma \approx 19 \text{ kN/m}^3$, zależny jest on głównie od stopnia zagęszczenia gruntu wokół rury i głębokości ułożenia przewodu. Wartości prezentowane na wykresach (osobno dla gruntów suchych i nawodnionych) zaleca J.Molin, a zaczerpnięto je z opracowania [63].

Norma [33] wymaga sprawdzenia odkształcenia przewodu w przypadkach wykraczających poza zakres powszechnego doświadczenia, a za takie uznawane są:

- maksymalne przykrycie przewodu nie większe niż 6m,
- minimalne przykrycie przewodu 1m przy obciążeniu naziemu ruchem drogowym,
- wykonanie warstwy wyrównującej obsypki i zasyпки wstępnej wokół rury, z piasku lub żwiru z ziarnami mniejszymi niż 0.075mm w ilości nie większej niż 15%. Minimalne zagęszczenie gruntu w strefie ułożenia przewodu 90% zmodyfikowanej próby Proctor’a (badanie wg normy [14]),
- rury są gładkie i bez uszkodzeń mechanicznych oraz deformacji kształtu przekroju poprzecznego,
- kanał wykonany z rur z PVC-U o SDR < 44, albo z rur PEHD lub PP o SDR < 25,
- największe dopuszczalne odkształcenie początkowe bezpośrednio po zakończeniu robót nie przekracza
 - 8% rury z PVC-U,
 - 9% rury z PEHD lub PP.



2.4.1 Symbole i oznaczenia

Tabela nr 5 - Symbole i oznaczenia wytrzymałościowe

Symbol	Jedn.	Wielkość
α	-	współczynnik redukcyjny
B_i	%	składowa wykonawstwa - empiryczna wielkość określająca wpływ wykonawstwa na odkształcenie rury
C	-	współczynnik obciążenia ruchem drogowym zależny od klasy drogi i klasy obciążeń
OD	m	średnica zewnętrzna rury
E	kPa	moduł sprężystości materiału rury
E'_s	kPa	sieczny moduł odkształcenia gruntu
E_2	MPa	wtórny moduł odkształcenia gruntu
F	-	współczynnik bezpieczeństwa
h	m	miąższość warstwy gruntu
H	m	zagłębienie rury poniżej poziomu terenu
h_w	m	wysokość zwierciadła wody gruntowej ponad rurą
$\varepsilon(\%)$	%	odkształcenie względne rury
I_f	%	składowa podłoża - empiryczna wielkość określająca wpływ przygotowania podłoża i kontroli robót na odkształcenie rury
$\varepsilon_o(\%)$	%	ostateczne odkształcenie względne rury po długim czasie
$\varepsilon_p(\%)$	%	względne odkształcenie początkowe rury, po zakończeniu robót
I_s	%	wskaźnik zagęszczenia gruntu
P	kN	nacisk koła na powierzchnię jezdni
P_{kr}	kPa	krytyczne naprężenia przy wyboczeniu ścianek rury
q	kPa	obciążenie pionowe
q_h	kPa	obciążenie poziome będące wynikiem odkształcenia rury
q_r	kPa	obciążenie pionowe ruchem drogowym
q_w	kPa	obciążenie pionowe słupem wody gruntowej
q_z	kPa	obciążenie pionowe gruntem
R	m	odległość rury od koła pojazdu
SN	kN/m ²	szytywność obwodowa rury w badaniu krótkotrwałym (3min)
S_s	kN/m ²	szytywność gruntu
δ	m	zmniejszenie pionowej średnicy rury, ugięcie rury
γ	kN/m ³	ciężar objętościowy gruntu
γ'	kN/m ³	ciężar objętościowy gruntu pod wodą
γ_w	kN/m ³	ciężar objętościowy wody $\gamma_w \approx 10,0 \text{ kN/m}^3$

2.4.2 Obciążenie zasypką i wodą gruntową

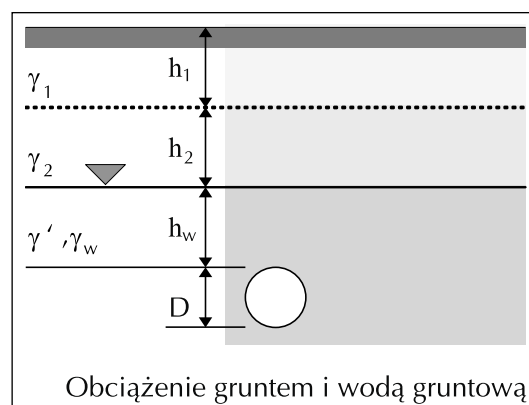
Obciążenie rury zasypką wynika z nacisku sumy warstw gruntów zalegających powyżej rury:

$$q_z = \sum_{i=1}^n \gamma_i * h_i \quad (4)$$

Poniżej zwierciadła wody gruntowej należy posługiwać się ciężarem objętościowym gruntu pod wodą γ' zamiast ciężarem objętościowym gruntu γ i dodać obciążenie pionowe wynikające z parcia wody.

Obciążenie pionowe słupem wody gruntowej

$$q_w = \gamma_w * h_w \quad (5)$$



Jeśli woda gruntowa nie występuje powyżej poziomu ułożenia przewodu, a różnice w ciężarach objętościowych warstw zasypki są nieznaczne, można posłużyć się jednym, uśrednionym dla wszystkich warstw, ciężarem objętościowym γ .

2.4.3 Obciążenie ruchem drogowym

W różnych krajach przyjmowane są różne wielkości standardowego obciążenia nawierzchni drogowej. Niżej instrukcję oparto na polskich przepisach – rozporządzeniach [3] i [5] oraz normie [28] opisujących szczegółowo obciążenia pojazdami konstrukcji mostowych. W oparciu o nie należy przyjąć jako obciążenie ruchem drogowym, miarodajny pojazd o trzech osiach dających naciski o wartościach 60kN (oś przednia) + 2 x 120kN (dwie osie tylne), a nacisk od kół rozłożony jest na prostokąt o wymiarach 20 x 60cm.

Norma ta uzależnia wielkości obliczeniowe od klasy obciążeń

Tabela nr 6 - Klasy obciążeń drogowych

Klasa obciążeń	Nacisk na oś			Poprzeczna odległość między pojazdami	Zastosowanie dla dróg
	przednią - P ₁	tylną - P ₂	tylną - P ₃		
	kN	kN	kN		
A	60	120	120	1.00	autostrady, drogi ekspresowe oraz główne (GP i G)
B	60	120	120	1.25	zbiorcze i lokalne
C	60	120	120	1.50	dojazdowe
D	80	120	-	1.50	
E	50	100	-	1.50	

Dla wymagań w klasach obciążeń A, B i C przeprowadzono analizę obciążeń przewodu w zależności od przykrycia rury. Posłużono się przy tym wzorem Boussinesq'a:

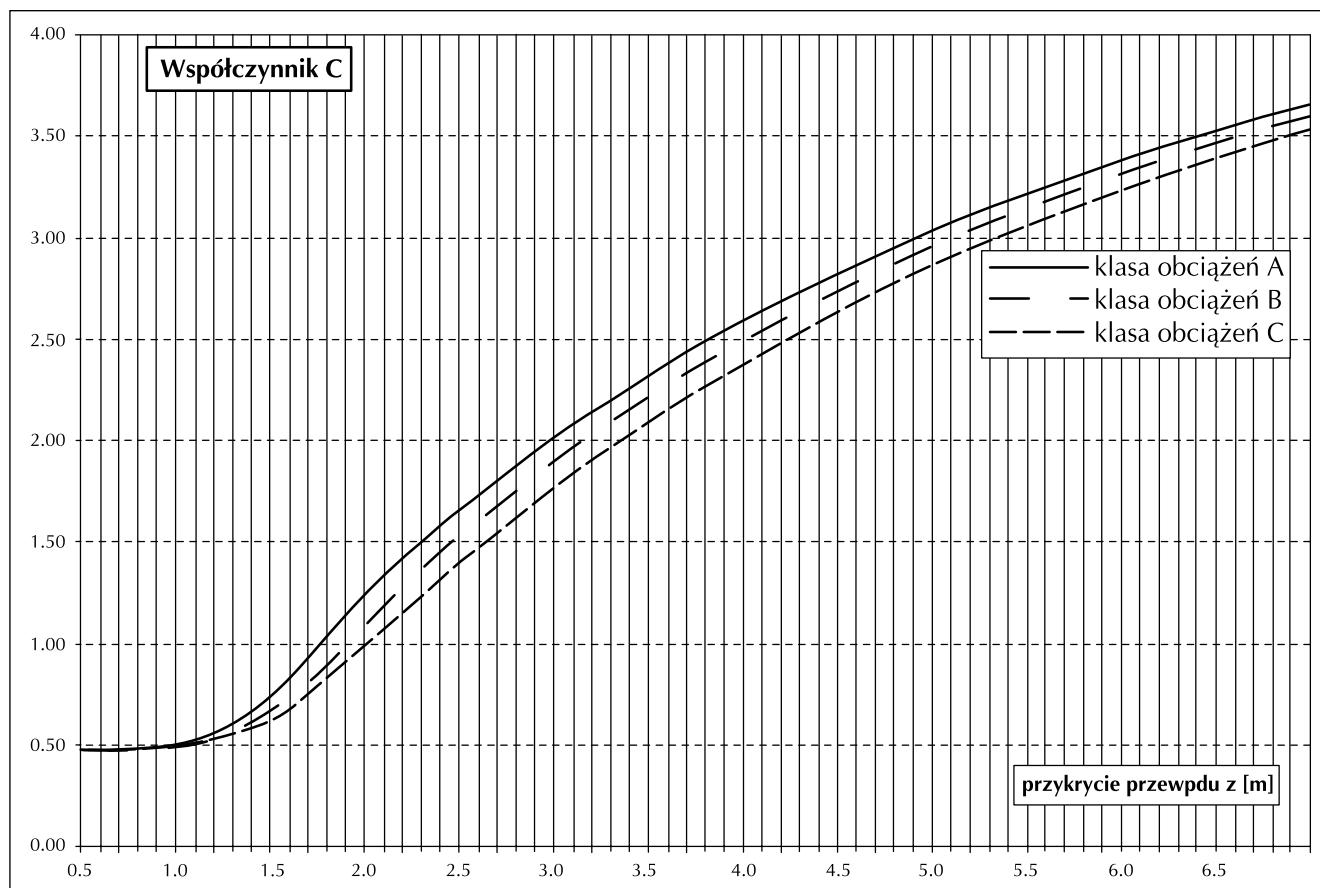
$$q_r = \frac{3 * P * H^3}{2 * \pi * R^5} \quad [\text{kPa}] \quad (6),$$

w którym:

- P nacisk koła [kN],
- H przykrycie przewodu [m],
- R odległość punktu przyłożenia siły od rozpatrywanego punktu [m].

Z przekształcenia tego wzoru ustalono zależność $q_z = C * P / H^2 \quad (7)$

i dla występującego w tym wzorze współczynnika C sporządzono wykres.



Obciążenie ruchem należy uwzględnić w obliczeniach stosując współczynnik obciążenia 1,5.

Wspomniana norma [28] dopuszcza, aby przy przykryciu analizowanej konstrukcji większej niż 1.0m poniżej poziomu nawierzchni, nie uwzględniać dynamicznego współczynnika bezpieczeństwa.

2.4.4 Odształcenia rury

Odształcenie względne średnicy

Znając całkowite obciążenie pionowe $q = q_z + q_w + q_r$ (patrz. p. 2.4.2. i 2.4.3.) oraz sztywność gruntu określoną siecznym modułem odkształcenia E_s' możemy określić względne odkształcenie rury

$$\varepsilon(\%) = \frac{\delta}{OD} \cdot 100\% = \frac{8.3 \cdot q}{16 \cdot SN + 0.122 \cdot E_s'} \quad (8)$$

Obliczone odkształcenie $\varepsilon(\%)$ należy powiększyć o empirycznie określone składowe instalacji I_f i podłoża B_f . Wartości podane w poniższej tabeli należy traktować jako orientacyjne, gdyż są one właściwe jedynie dla wykopów wypełnionych dobrze zagęszczonym żwirem ewentualnie piaskiem średnio- lub gruboziarnistym.

Tabela nr 7 - Empiryczne współczynniki ułożenia przewodu

Składowe instalacji I_f		Składowe podłoża B_f		
Rury układane we wspólnym wykopie		Bez nadzoru	staranne	zwykłe
- bez kontroli	1 ÷ 2%	- dno wykopu bez kamieni	2%	4%
- z kontrolą	0%	- dno wykopu z kamieniami	3%	5%
Duży ruch pojazdów budowlanych przy $H < 1.5m$	1 ÷ 2%	Z kontrolą	staranne	zwykłe
Zagęszczanie zasyпки ciężkim sprzętem ($Q > 0.6kN$)	0 ÷ 1%	- dno wykopu bez kamieni .	1%	2%
		- dno wykopu z kamieniami	2%	3%

Początkowe odkształcenie względne rury, po zakończeniu robót, wyniesie:

$$\varepsilon_p(\%) = \varepsilon(\%) + I_f + B_f \leq \varepsilon_{dop}(\%) \quad (9)$$

Zazwyczaj odkształcenie to nie przekracza 5%, ale odkształcenie dopuszczalne $\varepsilon_{dop}(\%)$ określone jest na:

- 8% - dla rur z polichlorku winylu (PVC-U),
- 9% - dla rur z polipropylenu (PP) lub polietylenu (PE).

W wyniku osiadań i przemieszczeń, tak rury jak i otaczającego ją gruntu, zwiększy się również względne odkształcenie rury do wartości $\varepsilon_o(\%) = 2 * \varepsilon(\%) + I_f + B_f \leq 15\%$ (10).

Praktyka i doświadczenia skandynawskie dowodzą, że tak obliczone maksymalne odkształcenie względne rury ustali się w czasie nie przekraczającym 3 lat eksploatacji i nie powinno przekroczyć 15%.

Wyboczenie

Zewnętrzne ciśnienie gruntu lub wody gruntowej powoduje powstanie w rurze sił obwodowych, które, przy przekroczeniu krytycznej ich wartości, mogą doprowadzić do wyboczenia jej ścianek. W gruncie w stanie luźnym lub na powietrzu deformacje te przybierają kształt zbliżony do krzywej Cassiniego (pozioma elipsa z zapadniętymi wierzchołkami górnym i dolnym). Duże wartości sztywności obwodowej rury oraz modułu odkształcenia gruntu zapobiegają temu zjawisku. W gruntach średnio i dobrze zagęszczonych odkształcenie to przybiera postać wielu drobnych fal, które pojawiają się na całym obwodzie.

Naprężenie krytyczne przy wyboczeniu możemy określić ze wzorów:

a) dla rury niezasypanej $P_{kr} = 24 * SN \quad (11)$

b) dla rury w gruntach słabo zagęszczonych, luźnych lub spoistych $P_{kr} = 24 * SN + 2/3 * S_s \quad (12)$
przy czym wymagana jest $SN > 0.025 * S_s \quad (13)$

c) dla rury idealnie okrągłej $P_{kr} = 5.63 * \sqrt{SN * S_s} \quad (14)$

d) dla rury odkształconej do kształtu eliptycznego $P_{kr} = \alpha * 5.63 * \sqrt{SN * S_s} \quad (15)$ gdzie $\alpha = 1 - 0.03 * \varepsilon_o(\%) \quad (16)$

e) dla płytko zagłębionych rur poddanych obciążeniu dużego ruchu drogowego

$$P_{kr} = \frac{64 * SN}{\left(1 + 3.5 * \frac{\delta}{OD}\right)^3} \quad (17)$$

We wzorach tych jako wartość sztywności gruntu Autorzy opracowań [55] i [63] zalecają stosowanie styczego modułu odkształcenia gruntu, którego wartość określają jako $S_s = 2 * E'_s$.

Dla rur ułożonych na dużych głębokościach lub w gruntach słabo zagęszczonych, luźnych ewentualnie spoistych lub trudnozagęszczalnych należy posługiwać się długotrwałą sztywnością obwodową.

Tabela nr 8 - Zależności sztywności obwodowych

krótkotrwała sztywność obwodowa [kN/m ²]	4,0	8,0	16,0
długotrwała sztywność obwodowa [kN/m ²]			
rury z polichlorku winylu (PVC-U)	1.5	3.5	6.5
rury z polietylenu (PEHD) lub polipropylenu (PP)	1,0	2,5	4,5

Żeby nie doszło do wyboczenia rury wymagany jest współczynnik bezpieczeństwa $F = P_{kr}/q \geq 2$

Praktyka dowodzi, że dla typowych rur umieszczonych w dobrze zagęszczonym gruncie, rzadko się zdarza, aby wyboczenie było decydującym czynnikiem przy projektowaniu.

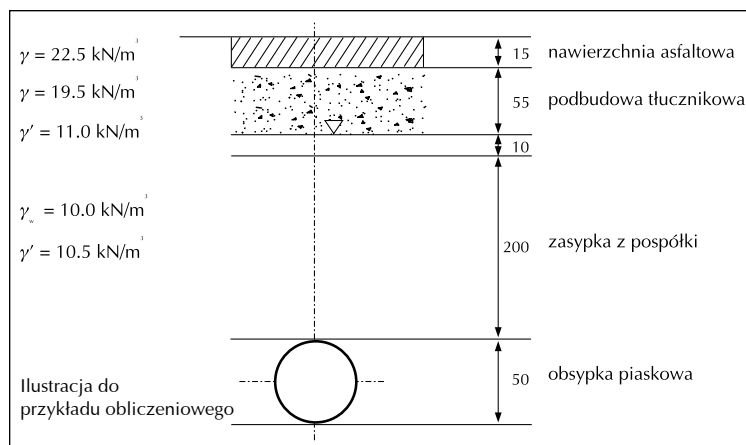
2.5 Przykład obliczeniowy

Przewód kanalizacyjny

PVC-U $\phi 500 \times 12,3\text{mm}$ klasy N (SN = 4 kPa)

ułożony pod drogą kategorii ruchu KR5

Przykład ten dowodzi, że w przypadku starannego, kontrolowanego ułożenia przewodu i wykonania robót ziemnych możliwe jest stosowanie również pod drogami rur o sztywnościach obwodowych $SN < 8,0 \text{ kN/m}^2$



Krok	Wzór	Symbol	Określenie	Wynik	Jedn.
1.	4	q_z	obciążenie zasypką $22,5 \times 0,15 + 19,5 \times 0,55 + 11,0 \times 0,10 + 10,5 \times 2,00 =$	36,20	kPa
	5	q_w	obciążenie wodą gruntową $10,0 \times (0,10 + 2,00) =$	21,00	kPa
2.	wykres tab. nr 6	C P	obciążenie ruchem drogowym w klasie obciążeń A dla zagłębienia $z = 2,80\text{m}$ $120/2 =$	1,86 60,00	- kN
	7	q_r	współczynnik obciążenia = $1,50 \times 1,86 \times 60,00 \times 1/2,80^2 =$	1,50 21,352	- kPa
3.		q	obciążenie całkowite $36,20 + 21,00 + 21,352 =$	78,552	kPa
4.	wykres 8 tab. nr 7	E'_s $\varepsilon(\%)$ I_f B_f	odkształcenie względne przewodu dla gruntu nawodnionego zagęszczonego do $I_s=0,97$ $(8,3 \times 78,552)/(16 \times 4,00 + 0,122 \times 750,00) =$ współczynniki ułożenia przewodu: - rury układane pod kontrolą - zagęszczenie zasypki lekkim sprzętem składowa instalacji = - staranne ułożenie pod kontrolą w wykopie z kamieniami w podłożu składowa podłoża =	750,00 4,193 0 0 0 2 2	kPa % % % % %
5.	9 10	$\varepsilon_p(\%)$ $\varepsilon_o(\%)$	początkowe odkształcenie względne rury $4,19 + 0,00 + 2,00 =$ maksymalne, długotrwałe odkształcenie względne rury $2 \times 4,19 + 0,00 + 2,00 =$ przewód spełnia warunki dopuszczalnych odkształceń: - początkowe odkształcenie względne - maksymalne odkształcenie względne	6,19 10,39 < 8,00 < 15,00	% % % %
6.	16 tab. nr 8 15	α P_{kr} F	wyboczenie $1 - 0,03 \times 10,39 =$ długotrwała sztywność obwodowa $0,688 \times 5,63 \times (1,5 \times 2 \times 750,00)^{1/2} =$ $183,85 / 78,55 =$ sztywność przewodu jest wystarczająca dla zabezpieczenia go przed wyboczeniem gdyż $F > 2,00$	0,688 1,50 183,85 2,34	- kPa kPa -

III. WARUNKI WYKONANIA I BADANIA ODBIORCZE

3.1 Roboty ziemne

3.1.1 Materiały

Wymagania dla materiałów gruntowych wypełnienia wykopów określają normy [26] i [30].

Materiał gruntowy w strefie ułożenia przewodu (podłoże, obsypka i zasypka wstępna) może być gruntem rodzimym lub/i innym gruntem sytkim zapewniającym stałą stabilizację i nośność przewodu zasypanego w gruncie oraz spełniającym poniższe warunki:

- musi być zgodny z projektem,
- nie może szkodliwie lub niszcząco oddziaływać na przewód, jego materiał lub wodę gruntową,
- wbudowywany materiał nie może być zamrożony lub zbrylony,
- nie może być gruntem wysadzinowym z grupy III (patrz. tabela nr 9)
- nie może zawierać materiałów organicznych, śmieci, korzeni drzew itp.,
- nie może zawierać materiałów mogących uszkodzić przewód np. gruzu, kamieni dużych lub o ostrych krawędziach itp.,
- maksymalna wielkość ziaren nie może przekraczać:

22mm dla średnic przewodu $DN \leq 200mm$ lub 40mm dla średnic większych,

- powinien umożliwiać dobre jego zagęszczenie.

W stosunku do materiału użytego na zasypkę główną należy zadbać, aby był on:

- zgodny z projektem,
- powinien umożliwiać dobre jego zagęszczenie,
- nie może zawierać materiałów organicznych, śmieci, korzeni drzew itp.,
- wbudowywany materiał nie może być zamrożony lub zbrylony,
- maksymalna wielkość ziaren nie może być większa od 300mm, ale nie może również przekraczać grubości zasypki wstępnej oraz 1/2 grubości warstwy zagęszczania.

3.1.2 Strefa ułożenia przewodu

Zależnie od rodzaju gruntu w miejscu ułożenia przewodu w pasie drogowym oraz poziomym występowania swobodnej wody gruntowej poniżej poziomu posadowienia możliwe jest posadowienie bezpośrednie lub grunt podłoża należy wymienić zgodnie z tabelą nr 9. Określone w niej grubości podsypki dolnej nie powinny być mniejsze niż 1/4 średnicy zewnętrznej przewodu, a w gruntach grupy III (grunty wysadzinowe) - 1/2 średnicy.

Tabela nr 9 - Grubość dolnej podsypki piaskowej

L.p.	Rodzaj podłoża	Poziom wody gruntowej poniżej poziomu ułożenia przewodu		
		≤ 1m	1 ÷ 2m	≥ 2m
I Grunty niewysadzinowe:				
1	• rumosze niegliniaste	10cm	10cm	10cm
2	• żwiry i pospółki (z ziarnami powyżej 22/40mm) ¹⁾ • żużle nierozpadowe	10cm	10cm	10cm
3	• żwiry i pospółki (z ziarnami do 22/40mm) ¹⁾ • piaski grubo-, średnio- i drobnoziarniste	bezpośrednio na gruncie, bez podsypki		
II Grunty wątpliwe:				
4	• piaski pylaste	10cm	bezpośrednio	bezpośrednio
5	• zwietrzeliny i rumosze gliniaste, żwiry i pospółki gliniaste (z ziarnami powyżej 22/40mm) ¹⁾	15cm	15cm	10cm
6	• żwiry i pospółki gliniaste (z ziarnami do 22/40mm) ¹⁾	15cm	15cm	10cm
III	Grunty wysadzinowe ²⁾			
7	• gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste zwięzłe, • ropy, ropy piaszczyste, ropy pylaste	20cm	15cm	15cm
8	• piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły • gliny, gliny piaszczyste i pylaste • ropy warwowe	30cm	20cm	15cm

Uwagi do tabeli:

¹⁾ - zależnie od średnicy układanego przewodu zgodnie z warunkami określonymi w p. 3.1.1. i 3.1.3.

²⁾ - w stanie zwartym, półzwartym lub twardoplastycznym ($I_p \leq 0,25$); grunty te w stanie miękkoplastycznym lub plastycznym wymagają indywidualnej oceny

Podsypkę, obsypkę i zasypkę wstępną stanowią mogą piaski grubo-, średnio- lub drobnoziarniste. Piaski pylaste mogą być wykorzystane do tego celu, gdy będą wbudowane poniżej strefy przemarzania, przy poziomie wody gruntowej stabilizującym się co najmniej 1.0m poniżej spodu podsypki.

Podsypkę i obsypkę należy układać równomiernie z obu stron przewodu i zagęścić niezwłocznie po wbudowaniu w taki sposób, aby nie spowodować odkształcenia rur zarówno w planie jak i w ich przekroju poprzecznym. Zagęszczenie tych warstw oraz zasypki wstępnej do wysokości 300mm ponad wierzch przewodu, ale nie mniej niż 3/4 jego średnicy powinno przebiegać ręcznie (warstwami nie grubszymi niż 15cm) lub lekkim sprzętem (warstwami do 30cm grubości) - niedopuszczalne jest stosowanie sprzętu ciężkiego. Strefa ułożenia przewodu ma, bowiem, największe znaczenie dla wytrzymałości kanału i dlatego nie wolno dopuścić do wystąpienia pustych przestrzeni szczególnie w dolnej części rury, a zagęszczenie nie może być mniejsze niż 85% zmodyfikowanej próby Proctor'a.

Warstwa podsypki dolnej o grubości 5cm układana bezpośrednio pod przewodem nie powinna być zagęszczana bardziej niż do stanu średniego zagęszczenia. Zostanie ona dogęszczona podczas zagęszczania kolejnych warstw konstrukcyjnych w strefie ułożenia przewodu i pozwoli na jego elastyczne ułożenie. Pod złączami należy wykonać, tam gdzie to jest konieczne, zagłębienia pod kielichy, aby przewody nie opierały się na złączach.

Zagęszczona podsypka górna powinna być ułożona warstwami do wysokości połowy przewodu.

Wykonanie obsypki można rozpocząć po zakończeniu układania i zagęszczania podsypki górnej.

Ponadto, w przypadku ułożenia przewodu pod drogą, naturalne podłoże gruntowe, podsypka oraz zasypka wstępna w strefie ułożenia przewodu powinny spełniać wymagania w zakresie wskaźnika zagęszczenia I_s oraz wtórnego modułu odkształcenia E_2 wynikające z głębokości ułożenia przewodu pod jezdnią, typu drogowej konstrukcji ziemnej (wykop, nasyp) oraz kategorii ruchu (patrz rysunek w pkt. 3.1.3). Grubość warstw i procedurę zagęszczania należy dostosować do wymaganej całkowitej grubości i posiadanego sprzętu. Wilgotność zagęszczanej podsypki nie może odbiegać od wilgotności optymalnej o więcej niż $\pm 2\%$.

Niedopuszczalne jest układanie gruntów w stanie upłynnionym, a w przypadku konieczności odwadniania podłoża na czas budowy niezbędne jest wykonanie projektu odwodnienia oraz prowadzenie tych robót w taki sposób, aby nie dopuścić do pogorszenia nośności gruntu rodzimego.

W celu zabezpieczenia przed przenikaniem gruntu rodzimego do strefy ułożenia przewodu może być konieczne zaprojektowanie warstwy geowłókniny separacyjnej lub filtru odwrotnego szczególnie wtedy, gdy występuje woda gruntowa.

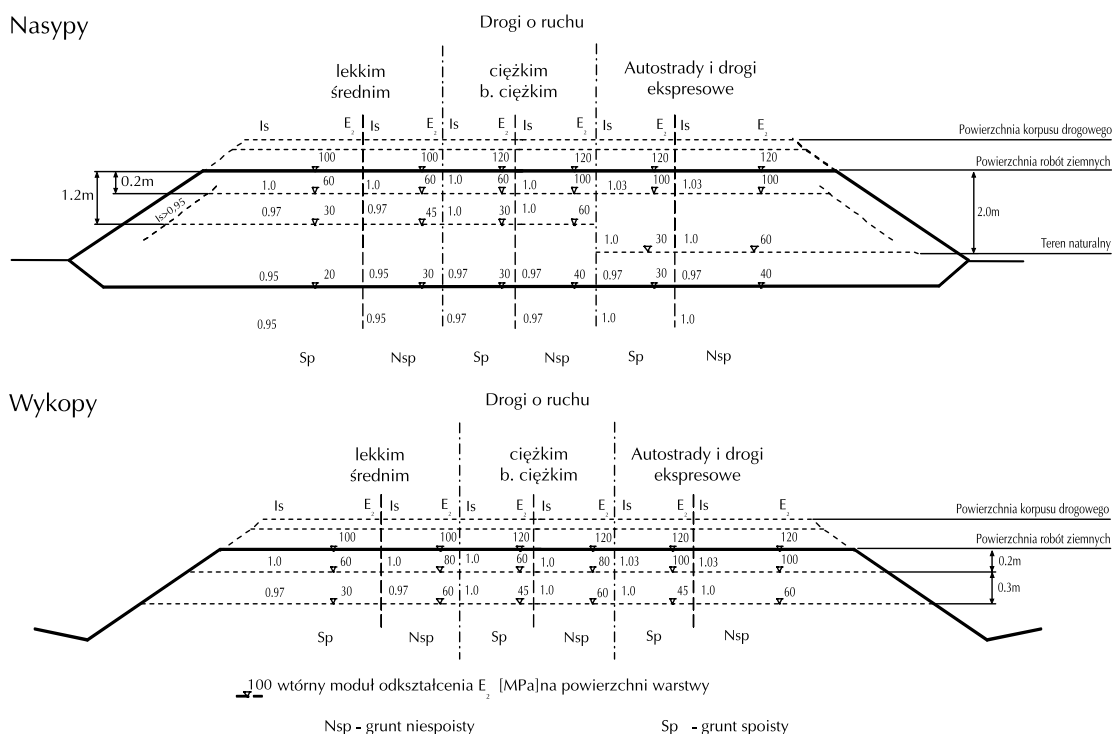
3.1.3 Zasypka główna

W strefie zasypki głównej wskazane jest wykorzystanie gruntu rodzimego, o ile spełnia on wymagania określone w p. 3.1.1. Ta część zasypki powinna wyrównać niedostatki nośności podłoża wynikające z ewentualnej wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu.

Na zasypkę główną wykopu w strefie drogowej konstrukcji ziemnej (patrz. rys. poniżej) należy użyć grunty sypkie niewysadzinowe, takie jak stosowane do wykonania podsypki.

Zasypkę należy wznosić równomiernie, a grunt należy zagęszczać niezwłocznie po wbudowaniu, warstwami, o grubości dostosowanej do posiadanego sprzętu i wilgotności zbliżonej do optymalnej w granicach $\pm 2\%$. Grubość warstw nie powinna przekraczać 15cm przy zagęszczaniu ręcznym lub 30cm przy mechanicznym. Niedopuszczalne jest układanie gruntów w stanie upłynnionym. Do zagęszczania warstw leżących do 1.0m powyżej wierzchu przewodu należy używać tylko sprzętu lekkiego, aby nie spowodować niezamierzonego odkształcenia przewodu.

Po osiągnięciu właściwych parametrów zagęszczenia warstwy można przystąpić do układania kolejnej warstwy. Ocenę zagęszczenia dokonywać na podstawie wskaźnika zagęszczenia I_s . Wymagane wartości tych parametrów w zależności od poziomu lokalizacji warstwy, typu konstrukcji ziemnej (nasyp, wykop) oraz kategorii ruchu pokazano na poniższych rysunkach.



3.2 Badania odbiorcze

W celu sprawdzenia zgodności z dokumentacją techniczną oraz wymaganiami norm, badania odbiorcze winny być prowadzone na bieżąco jako odbiory częściowe podczas układania przewodu, wykonywania zasypki i innych prac, które spowodują zakrycie i niedostępność niektórych elementów. Po zakończeniu budowy należy dokonać odbioru końcowego całej budowli. Zasady prowadzenia badań określają normy [26] i [30] podane w p.4.

Badania i sprawdzenia przewodu i studzienek winny być poprzedzone:

- sprawdzeniem odkryć wykopaliskowych i nie przewidzianych urządzeń,
- sprawdzeniem robót pomiarowych,
- sprawdzeniem robót przygotowawczych,

i uzupełnione badaniami podłoża oraz robót ziemnych związanych z zasypaniem wykopu lub wznoszeniem nasypu.

3.2.1 Badania podłoża

Program badań podłoża winien obejmować:

- badanie gruntów podłoża naturalnego i/lub gruntów do wykonania podsypki,
- badanie zagęszczenia podłoża,
- kontrolę rzędnych,
- projektowane głębokości i wielkości przykrycia przewodu,
- odległości od sąsiadujących budowli i jej zabezpieczenia.

3.2.2 Badania przewodu i studzienek

Badania te winny obejmować:

- ułożenie przewodu na podłożu,
- odchylenie w planie osi przewodu, zmiany kierunku w planie i w profilu,
- różnice rzędnych w profilu podłużnym,
- prawidłowości połączeń elementów i użytych materiałów,
- szczelność odcinka przewodu wraz z podłączeniami i studzienkami kanalizacyjnymi.

3.2.3 Badania robót ziemnych

Badania robót ziemnych obejmują badania podłoża, podsypek i obsypek wykonywanych wokół rury oraz zasypek wykopu lub warstw wznoszonego nasypu. Należy je powiązać z innymi badaniami robót ziemnych prowadzonymi na budowanej drodze.

Zakres tych badań powinien obejmować co najmniej:

- sprawdzenie zgodności z dokumentacją,
- badanie odkształcalności podłoża,
- badanie przydatności gruntów do wbudowania,
- badanie zagęszczenia układanych warstw ziemnych,
- kontrola pochylenia podłoża.

IV ZARZĄDZENIA, NORMY I DOKUMENTY ZWIĄZANE

Ustawy i rozporządzenia

- [1] Ustawa o drogach publicznych. - Dz.U. nr 14/85 poz.60 (tekst jednolity Dz.U. 71/2000 poz.838)
- [2] Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu w sprawie warunków technicznych jakim winny odpowiadać sieci gazowe. - Dz.U. nr139/95 poz.686
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 02.03.99r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. - Dz.U. nr 43/99 poz. 430
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 16.01.02r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. - Dz.U. nr 62/02 poz.116
- [5] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30.05.2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. – Dz.U. nr 63/2000 poz. 735

Normy

- [11] PN-B-01707:1992 Instalacje kanalizacyjne. Wymagania w projektowaniu.
- [12] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienia budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [13] PN-B-04452:1974 Grunty budowlane. Badania polowe.
- [14] PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [15] PN-B-06050:1999 Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [16] PN-B-10710:proj. Kanalizacja. Obliczenia hydrauliczne kanałów ściekowych.
- [17] PN-B-10727:1992 Przewody kanalizacyjne na terenach górniczych. Wymagania i badania przy odbiorze.
- [18] PN-B-10729:1999 Kanalizacja. Studzienki kanalizacyjne.
- [19] PN-B-10736:1999 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.
- [20] PN-EN 476:2001 Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji grawitacyjnej.
- [21] PN-EN 752-1:2000 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Pojęcia ogólne i definicje.
- [22] PN-EN 752-2:2000 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Wymagania.
- [23] PN-EN 752-3:2000 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Planowanie.
- [24] PN-EN 752-4:2001 Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Obliczenia hydrauliczne i oddziaływanie na środowisko.
- [25] PN-EN 1401-1:1999 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne bezciśnieniowe systemy przewodowe z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu.
- [26] PN-EN 1610:2002 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.
- [27] PN-M-34501:1991 Gazociągi i instalacje gazownicze. Skrzyżowania gazociągów z przeszkodami terenowymi. Wymagania.
- [28] PN-S-10030:1985 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [29] PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- [30] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

- [31] BN-8931-02:1964 Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą.
- [32] BN-8931-05:1970 Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika nośności gruntu jako podłoża nawierzchni podatnych.
- [33] DS 430 The laying of underground flexible pipelines of Plastic
- [34] PN-EN 1295-1:2002 Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia. Część 1: Wymagania ogólne.
- [35] prEN 13476-1 Plastic piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system.
Wydawnictwa Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad
- [40] Wytyczne projektowania ulic - 1992r.

Aprobaty techniczne

- [41] AT/2000-04-0880 Elementy systemu kanalizacyjnego Drokan DV: rury z PEHD i PP, kształtki oraz studzienka. - IBDiM Warszawa.
- [42] AT/2000-02-0961-02 Rury z PVC-U ze ścianką z rdzeniem spienionym do sieci kanalizacyjnych bezciśnieniowych. - COB-RTI INSTAL Warszawa.
- [43] AT/98-03-500 Rury kanalizacyjne WAVIN PVC-U wraz z kształtkami - IBDiM Warszawa wraz ze zmianą nr 1/2002.
- [44] AT/2001-02-1136 Rury i kształtki o ściance strukturalnej z PE-HD i PP do sieci kanalizacji zewnętrznej bezciśnieniowej. - COB-RTI INSTAL Warszawa.

Wydawnictwa WAVIN Metalplast Buk:

- [50] Katalog techniczny. System kanalizacji grawitacyjnej i drenażu z rur PE/PP – październik 2001r.
- [51] Katalog techniczny. Studzienki rewizyjne Tegra 1000, Tegra 600 oraz $\phi 315$ i $\phi 425$ – czerwiec 2002r.
- [52] Kanalizacja zewnętrzna. Informacje techniczne – styczeń 2002r.
- [53] Katalog techniczny. Kanalizacja zewnętrzna. Zestawienie wyrobów - styczeń 2002r.
- [54] Program komputerowy – Wavin-Dobór rurociągów v.1.1. – Instalsoft 2001r.
- [55] L.E. Janson, J. Molin. Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych - 1991r.
- [56] PE Instrukcja montażowa układania w gruncie rurociągów z PE produkowanych przez WAVIN Metalplast-Buk oraz rury i kształtki z PE – odporność na transportowane płyny – marzec 2000r.
- [57] PVC Instrukcja montażowa układania w gruncie rurociągów z PVC produkowanych przez WAVIN Metalplast-Buk oraz rury i kształtki z PVC – odporność na transportowane płyny – maj 2000r.

Inne

- [61] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. - IBDiM – Warszawa 1997r.
- [62] R. Edel. Odwodnienie dróg. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności - Warszawa 2000r.
- [63] L.E.Janson. Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal. Borealis – Stockholm 1996r.

Rury drenarskie systemu WAVIN

Instrukcja stosowania w pasie drogowym

*Sposób wykorzystania rur kanalizacyjnych w pasie drogowym został uzgodniony
z Zakładem Geotechniki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie.*

Opracował: mgr inż. Bogusław MYSZKIEWICZ
upr. w zakresie sieci sanitarnych nr Wa-617/94



Warszawa, listopad 2002 r.

Spis treści

I. WSTĘP	31
1.1. Przedmiot i zakres opracowania.....	32
1.2. Definicje	32
II. OPIS	34
2.1. Przeznaczenie i elementy składowe systemu.....	34
2.2. Wymagania dla drenaży w pasie drogowym	36
2.3. Obliczenia hydrogeologiczne drenaży wgłębnych.....	38
2.3.1. Symbole i oznaczenia.....	38
2.3.2. Parametry hydrogeologiczne.....	39
2.3.3. Drenaż zupełny	39
2.3.4. Drenaż niezupełny	39
2.3.5. Drenaż w warstwie o napiętym zwierciadle wody	40
2.3.6. Wodochłonność drenażu	40
2.4. Dobór filtra	40
2.5. Drenaże płytke.....	41
2.5.1. Drenaż poprzeczny	42
2.5.2. Drenaż podłużny	42
2.5.3. Drenaż ukośny.....	42
2.6. Analiza wytrzymałościowa.....	42
2.6.1. Symbole i oznaczenia.....	44
2.6.2. Obciążenie zasypką i wodą gruntową	45
2.6.3. Obciążenie ruchem drogowym.....	45
2.6.4. Odkształcenia rury.....	46
2.7. Przykład obliczeniowy	48
III. WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU	49
3.1. Roboty ziemne	49
3.1.1. Materiały	49
3.1.2. Strefa ułożenia przewodu	49
3.1.3. Zasypka główna.....	51
3.2. Badania odbiorcze	52
3.2.1. Badania podłoża.....	52
3.2.2. Badania przewodu i studzienek	52
3.2.3. Badania robót ziemnych	52
IV. ZARZĄDZENIA, NORMY I DOKUMENTY ZWIĄZANE	53

1 WSTĘP

Szybkie zmiany jakie następują w Polsce w zakresie:

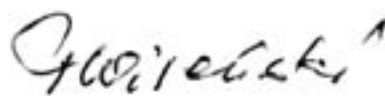
- przetwórstwa tworzyw sztucznych, stosowanych materiałów i surowców,
- metod produkcji rur, kształtek i studzienek z tworzyw sztucznych,
- przepisów i norm związanych z projektowaniem i wykonawstwem różnego rodzaju rurociągów,

a także powszechność stosowania wyrobów z tworzyw sztucznych w wykonawstwie drenaży spowodowały, że opracowana w 1998r **Instrukcja ...** straciła szybko swą aktualność. Obecne wydanie ma na celu dostosowanie treści **Instrukcji ...** do zmian jakim podlegają zarówno projektowanie i wykonawstwo jak również polskie normy i przepisy w związku z ujednoliceniem ich z normami obowiązującymi w krajach Unii Europejskiej.

Pomimo licznych zmian w przepisach nie doprowadzono jeszcze do pełnej zgodności różnych przepisów branżowych; wiele z nich jest niespójna z innymi. W Instrukcji, podobnie jak w poprzednim jej wydaniu, utrzymano zasadę, że w przypadku rozbieżności co do wymagań, za decydujące przyjęto te, które zostały określone w dokumentach dotyczących drogownictwa.

Instrukcji tej nie należy jednak traktować jako pełnego opracowania rozwiązującego wszystkie problemy związane z budową rurociągów drenarskich z tworzyw sztucznych. Nadal wiele z decyzji o sposobie wbudowania tego typu elementów będzie zależało od projektantów, inwestorów i służb eksploatacyjnych. Mamy jednak nadzieję, że Instrukcja ... ułatwi rozwiązywanie tych problemów.

*Sposób wykorzystania rur drenarskich w pasie drogowym uzgodniono z
Zakładem Geotechniki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie*



inż. Piotr WILEŃSKI

1.1 Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest instrukcja stosowania w pasie drogowym rur i kształtek drenarskich systemu WAVIN wytwarzanych z polichlorku winylu (PVC-U), polietylenu (PEHD) i polipropylenu (PP). Instrukcja określa warunki stosowania przewodów WAVIN w pasie drogowym, zasady obliczeń wytrzymałościowych przewodów oraz warunki wykonania i odbioru robót związanych z układaniem rur.

Instrukcja nie określa metody obliczeń hydraulicznych przewodów, gdyż jest to dogłębnie opisane w literaturze technicznej poświęconej hydraulice, kanalizacji, melioracjom, a nawet drogownictwu jak np. w [41] lub [43].

Ponadto instrukcja nie określa wymagań dla surowców używanych do produkcji, parametrów geometrycznych, fizycznych i mechanicznych, prób laboratoryjnych i sprawdzeń, transportu oraz składowania i montażu elementów, gdyż zagadnienia te są ujęte zarówno w normach międzynarodowych (EN) i krajowych (PN) jak też w procedurach stosowanego przez WAVIN Metalplast-Buk systemu zarządzania jakością w zakresie projektowania, produkcji i sprzedaży systemów instalacyjnych z tworzyw sztucznych zgodnie z wymaganiami normy PN-ISO 9001:1996 oraz działania na rzecz ochrony środowiska zgodnie z przyjętymi Politykami Jakości i Środowiskową PN-EN ISO 14001:1998.

1.2 Definicje

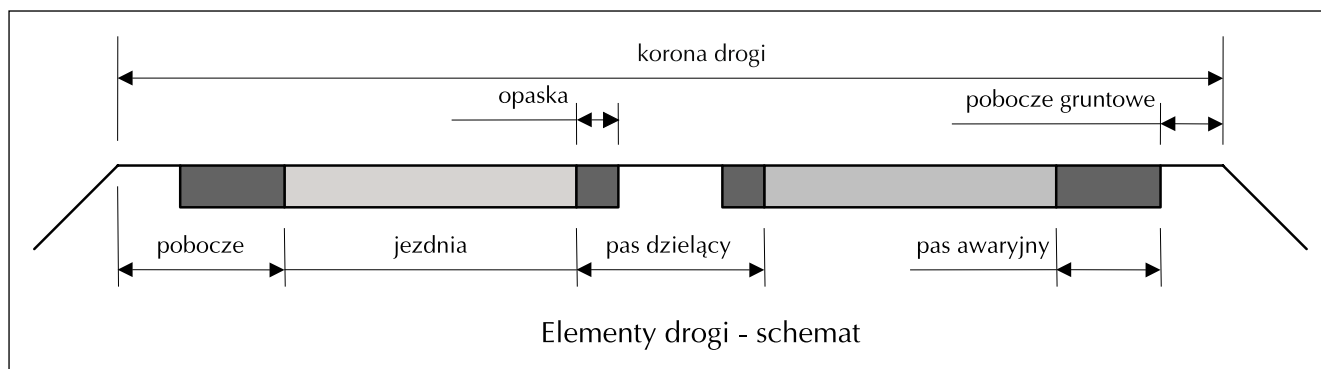
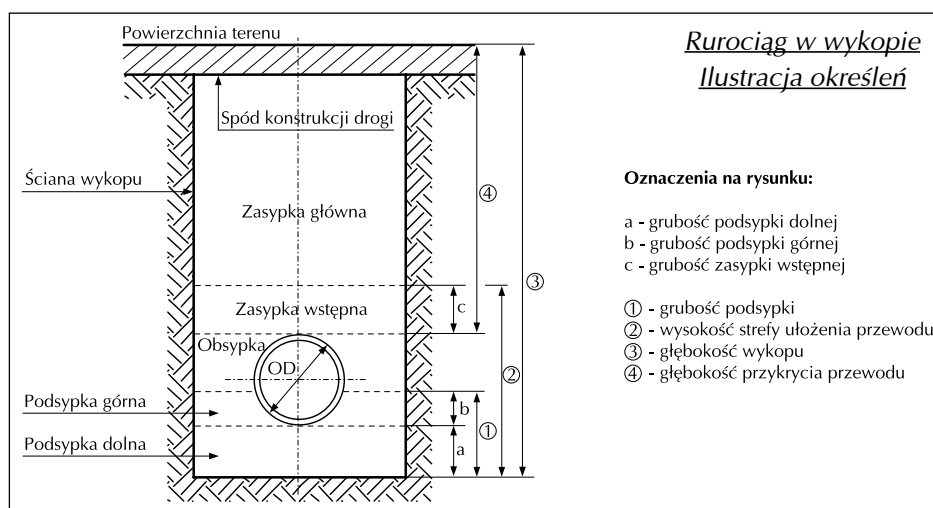


Tabela nr 1 - Definicje

Nazwa	Definicja
Dren, ciąg drenarski	sączek z rurami drenarskimi w dnie, ułatwiającymi przepływ wody do jego wylotu lub zbieracza
Drenaż niezupełny	drenaż o niepełnym działaniu, założony w warstwie wodonośnej powyżej jej spągu
Drenaż zupełny	drenaż ułożony na stropie warstwy nieprzepuszczalnej
Dział drenarski	obszar, z którego woda odprowadzana jest do jednego wylotu
Grunt rodzimy	grunt wydobyty z wykonanego wykopu
Jezdnia	część korony drogi, zwykle utwardzona, przeznaczona do ruchu pojazdów
Kategoria ruchu	określenie obciążenia drogi ruchem samochodowym wyrażone w ilości osi obliczeniowych (100kN) na dobę na pas obliczeniowy
Korpus drogowy	budowla ziemna ograniczona od góry koroną drogi, a z boków skarpami nasypów lub wewnętrznymi skarpami rowów przydrożnych
Korona drogi	jezdnia wraz z poboczami, chodnikami, zatokami postojowymi, a przy drogach dwujezdniowych - również z pasami awaryjnego postoju i pasem dzielącym jezdnie
Obsypka	materiał gruntowy przykrywający podsypkę w strefie ułożenia przewodu
Pas awaryjny	część pobocza, służąca do zatrzymania się i postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych
Pas dzielący	część korony drogi stanowiąca fizyczne rozdzielenie jezdni przeznaczonych dla przeciwnych kierunków ruchu (kierunkowy) lub o różnych funkcjach (boczny)

Nazwa	Definicja
Pas drogowy	wydzielony teren, przeznaczony pod drogę oraz urządzenia związane z obsługą i ochroną drogi, obsługą ruchu i ochroną środowiska, a także zawierający rezerwę pod przyszłą rozbudowę drogi
Pobocze	część korony drogi przyległa do jezdni, wykorzystywana do ruchu pieszych i zwierząt, a w szczególnych przypadkach do ruchu i postoju pojazdów. <u>Pobocze utwardzone</u> wyposażone jest w nawierzchnię o nośności wystarczającej do postoju i ruchu pojazdów. <u>Pobocze nieutwardzone</u> przeznaczone jest również do umieszczania znaków drogowych i zabezpieczenia ruchu.
Podłoże gruntowe	grunt rodzimy lub nasypowy leżący bezpośrednio pod nawierzchnią lub innym obiektem budowlanym
Podłoże przewodu	część konstrukcyjna wykopu utrzymująca przewód między dnem wykopu, a obsypką lub zasypką wstępną.
Podsypka dolna	konstrukcyjna część podłoża przewodu pomiędzy dnem wykopu, a spodem przewodu, a gdy przewód jest układany na dnie wykopu – dno wykopu jest dolną podsypką.
Podsypka górna	konstrukcyjna część podłoża przewodu pomiędzy podsypką dolną, a obsypką. Jej grubość i stopień zagęszczenia należy określić w projekcie.
Standard Dimension Ratio (SDR)	stosunek średnicy zewnętrznej rury do grubości jej ścianki
Strefa ułożenia przewodu	wypełnienie otoczenia przewodu obejmujące podsypkę, obsypkę i zasypkę wstępną do wysokości 30cm ponad wierzch przewodu
Sączek	rowek wypełniony materiałem przepuszczalnym, służący do głębokiego odprowadzenia wody
Sztywność obwodowa, pierścieniowa (SN)	podawana w kN/m ² zdolność rury do przejmowania obciążeń zewnętrznych zależna od wymiarów geometrycznych przekroju poprzecznego i modułu sprężystości materiału
Ściek	zagłębienie do 30cm zbierające i odprowadzające wodę
Średnica nominalna (DN)	liczbowe oznaczenie wymiaru elementu, które jest liczbą całkowitą w przybliżeniu równą wymiarowi średnicy rzeczywistej w mm. Średnica nominalna może odnosić się do średnicy wewnętrznej (DN/ID) lub zewnętrznej (DN/OD)
Zasypka główna	wypełnienie gruntem między górną powierzchnią zasypki wstępnej, a powierzchnią terenu, nasypu lub spodem konstrukcji drogi
Zasypka wstępna	warstwa wypełniającego materiału gruntowego tuż nad wierzchem rury
Zbieracz	dren zbierający wodę z kilku ciągów drenarskich; <u>zbieracz główny</u> odprowadza wodę do wylotu, a <u>zbieracz drugorzędny</u> - do zbieracza głównego



II. OPIS

2.1 Przeznaczenie i elementy składowe systemu

Systemy drenaży produkcji WAVIN Metalplast-Buk przeznaczone są do budowy różnego rodzaju sieci melioracji wodnych zarówno rolniczych jak też budowlanych, a w tym również drenaży drogowych.

Rury i kształtki produkowane są z

- niezmiękczonego polichlorku winylu - PVC-U,
- polietylenu wysokiej gęstości PEHD,
- polipropylenu PP.

Rury i kształtki z PVC-U

Z tego tworzywa wytwarzane są karbowane rury drenarskie, jednościenne o średnicach DN/ID od 50 ÷ 180mm łączone na złączki. Rury są fabrycznie perforowane na całym obwodzie. Istnieje możliwość perforowania części obwodu np. 1/2, 1/3 lub 2/3 obwodu. Rury mogą być dostarczane jako gołe lub z nawiniętym filtrem z włókna syntetycznego lub kokosowego.

Charakterystyka rur z PVC-U

DN	OD	ID	SN	ilość otworów	wymiary szczelin	kolor rur
mm	mm	mm	kN/m ²		mm x mm	
50	60	50	≥ 13	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy
			≥ 13	4	2.5 x 5,0	naturalny
65	75	65	≥ 10	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy
			≥ 10	4	2.5 x 5,0	naturalny
80	92	80	≥ 7	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy
			≥ 7	4	2.5 x 5,0	naturalny
113	126	113	≥ 5	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy
			≥ 5	4	2.5 x 5,0	naturalny
145	160	145	≥ 5	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy
			≥ 4	4	2.5 x 5,0	naturalny
180	200	180	≥ 4	4	1.5 x 5,0	pomarańczowy

Rury i kształtki drenarskie z PVC-U otrzymały aprobatę techniczną nr AT/98-03-0499 wydaną przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. oraz wydaną przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL aprobatę nr AT/98-02-0501. Ponadto spełniają one wymagania wprowadzonej nieco później w 1998r. normy [14].

WAVIN dostarcza do tych rur złączki i różnego rodzaju kształtki połączeniowe, a także studzienki rewizyjne i połączeniowe $\phi 315$. Po zastosowaniu odpowiednich dołączników możliwe jest też zastosowanie studzienek kanalizacyjnych $\phi 425$, TEGRA 600 i TEGRA 1000. Studzienki te posiadają stosowne aprobaty techniczne wydane zarówno przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL jak i przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie, a omówione są w odrębnym opracowaniu.

Szczegółowe informacje techniczne na temat tych wyrobów zawarte są w katalogach [38] i [39].

Rury i kształtki z PEHD

Z tego tworzywa wytwarzane są rury drenarskie, karbowane, jednościenne o średnicach DN/ID od 50 ÷ 100mm o sztywności obwodowej SN 4 oraz dwuścienne rury o średnicach DN/ID od 50 ÷ 300mm o sztywności obwodowej SN 8. Rury te są perforowane tylko na górnej połowie i łączone kielichowo.

Charakterystyka rur z PEHD

DN	OD	ID	SN	ilość otworów	szerokość szczelin
mm	mm	mm	kN/m²		mm
Rury jednościenne					
50	60	50	4	4	1,7
80	100	83	4	4	1,7
100	118	104	4	3	1,8
Rury dwuścienne					
50	60	48	8	4	1,7
70	86	69	8	4	1,7
250	296	253	8	2	2,5
300	380	302	8	2	2,5

WAVIN dostarcza do rur złączki i różnego rodzaju kształtki. Możliwe jest również stosowanie różnych studzienek kanalizacyjnych, rewizyjnych i połączeniowych $\phi 315$, $\phi 425$ oraz TEGRA 600 i TEGRA 1000. Studzienki te są omówione w odrębnym opracowaniu.

Szczegółowe informacje techniczne na temat tych wyrobów zawarte są w katalogach [38] i [39].

Rury i kształtki drenarskie z PEHD otrzymały aprobatę techniczną nr AT/98-03-0458 wydaną przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. oraz wydaną przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL aprobatę nr AT/99-02-0594.

Rury i kształtki z PP

Z tego tworzywa wytwarzane są dwuścienne rury drenarskie o średnicach DN/ID od 100 ÷ 200mm o sztywności obwodowej SN 8. Rury te łączone są kielichowo, a owiercona jest tylko górna połówka rury.

Charakterystyka rur z PP

DN	OD	ID	SN	ilość otworów	szerokość szczelin
mm	mm	mm	kN/m²		mm
Rury dwuścienne					
100	110	97	8	3	1,8
150	177	150	8	3	1,9
200	228	197	8	3	1,9

WAVIN dostarcza do rur złączki i różnego rodzaju kształtki. Możliwe jest również stosowanie różnych studzienek kanalizacyjnych, rewizyjnych i połączeniowych $\phi 315$, $\phi 425$ oraz TEGRA 600 i TEGRA 1000. Studzienki te są omówione w odrębnym opracowaniu.

Rury i kształtki drenarskie z PP otrzymały aprobatę techniczną nr AT/98-03-0458 wydaną przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. oraz wydaną przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL aprobatę nr AT/99-02-0594.

Szczegółowe informacje techniczne na temat tych wyrobów zawarte są w katalogach [38] i [39].

Norma [15] wymaga, aby średnica drenów była nie mniejsza niż 50 mm, a zbieraczy - 100 mm. Wspomniana norma nakazuje, aby spód rury drenarskiej znajdował się co najmniej 20 cm ponad spodem warstwy filtracyjnej i wymaga, aby maksymalna szerokość szczelin lub średnica otworów perforacji rur bez filtra nie przekraczała 1.5 mm (patrz też p.2.4 Dobór filtra).

Spadek podłużny дренаżu ułożonego w pasie drogowym, a służącemu odwodnieniu warstw mrozochronnych nie powinien być mniejszy niż 0.2%. Głębokie дренаże służące obniżeniu wód gruntowych na terenach przyległych do drogi można układać zgodnie z zasadami przyjętymi w melioracjach wodnych.

W gruntach podmokłych lub okresowo nadmiernie uwilgoconych, o dużej zawartości związków żelaza (Fe_2O_3) spadki podłużne drenów powinny być nie mniejsze niż:

Tabela nr 2 - Spadki podłużne drenów ze względu na zamulanie związkami żelaza

średnica drenu ID [mm]	50 mm	80 mm	113 mm
minimalny spadek podłużny [%]	0.50	0.45	0.35

Ponadto, w gruntach gliniastych przy zawartości związków żelaza ponad 5.5%, a w gruntach piaszczystych i pylastych już przy 4%, należy układać krótkie odcinki дренаży, do 100m, stosując obsypki filtracyjne. Przy mniejszej zawartości związków żelaza, powyżej 2% w gruntach piaszczystych i pylastych, a 3% w gruntach gliniastych, дренаże mogą być wydłużone do 150m.

Przy zawartości związków żelaza powyżej 6% w gruntach piaszczystych i pylastych lub 8% w gruntach gliniastych oraz w szczególnych warunkach sprzyjających wytrącaniu się związków żelaza, niezależnie od jego zawartości (widocznym tego objawem są duże ilości rdzawych osadów, rdzawa barwa wody i oleista powłoka na jej powierzchni) należy projektować odwodnienie rowami otwartymi.

Prędkości przepływu powinny zapewniać samooczyszczanie przewodu, a za takie uznaje się:

- 0.20 m/s w glinach i łach (wyjątkowo 0.15 m/s),
- 0.35 m/s w gruntach piaszczystych i pylastych.

Maksymalne prędkości w przewodach nie powinny przekraczać:

- 1,2 m/s w piaskach i utworach pyłowych,
- 1,5 m/s w glinach,
- 2,0 m/s na terenach o dużych spadkach i zbitym podłożu.

Optymalne prędkości mieszczą się w granicach $0.5 \div 0.7$ m/s.

Dla właściwej pracy дренаżu koniecznym jest, aby przewód pracował częściowo napełniony. Napełnienia nie powinny być wyższe niż:

- 10% w ciągach дренаży systematycznych,
- $25 \div 30\%$ w zbieraczach drugorzędnych i wylotach z warstwy odsączającej,
- $40 \div 50\%$ w zbieraczach głównych i przewodach magistralnych.

Na długich odcinkach należy lokalizować studzienki w miejscach podłączeń rurociągów do zbieraczy, w miejscach zmiany kierunku, średnicy lub spadku, a na odcinkach prostych nie rzadziej niż co 50m. Studzienki powinny posiadać osadnik o głębokości $20 \div 40$ cm. Wylot ze studzienki powinien być obniżony w stosunku do wlotu o około $3 \div 5$ cm.

Krótkie odcinki drenów, do 50m, mogą być włączone bezpośrednio do zbieraczy:

- a) współosiowo, za pośrednictwem trójników, gdy napełnienie zbieracza nie przekracza 30%. Wskazane jest, aby wejście do zbieracza odbywało się pod kątem $45 \div 90^\circ$.
- b) od góry zbieracza, poprzez trójnik z pionowym kolanem, gdy napełnienie zbieracza przekracza 30%.

Wyloty drenów do rowów otwartych należy sytuować co najmniej 20cm nad dnem rowu i zaopatrywać w kra-ty uniemożliwiające wchodzenie do rur gryzoni. Ponadto, gdy wylot jest usytuowany wysoko, 50cm nad dnem rowu, wówczas odcinek wylotowy o długości co najmniej 2,0m od skarpy należy ułożyć z pełnych rur, bez perforacji.

Rurociągi drenarskie są również narażone na zarastanie przez systemy korzeniowe roślin wieloletnich. Szczególnie dokuczliwe są pod tym względem wierzby, topole, olchy, osiki. Zabezpieczeniem może być:

- lokalizowanie drenażu w odległości 10 m od krzewów i 20 m od drzew,
- stosowanie dodatkowych obsypki o grubości min. 10 cm z żużla sortowanego,
- stosowania pełnych rur kanalizacyjnych z PVC-U, PP lub PEHD do budowy odcinków nie pełniących funkcji odwadniającej, a na pozostałych - w sąsiedztwie drzew.

2.3 Obliczenia hydrogeologiczne drenaży wgłębnych

Przedstawione w tym rozdziale metody obliczeń są metodami analitycznymi i obejmują proste układy hydrogeologiczne co ogranicza zakres ich stosowania. Przy występowaniu bardziej złożonych warunków (grunty niejednorodne i anizotropowe) lub przy wymaganiach dużej dokładności obliczeń, należy posłużyć się dokładniejszymi metodami opisanymi w specjalistycznej literaturze poświęconej hydrogeologii.

Obliczenia hydrogeologiczne drogowych drenaży podłużnych mają na celu określenie rozstawy i wydatków drenów tj. ilości dopływającej wody z warstw wodonośnych do drenów. Zazwyczaj obliczenia prowadzimy metodą kolejnych przybliżeń ze względu na uwikłaną postać wzorów.

Sposoby obliczeń i ich wyniki uzależnione są od poziomu założenia rurowości w stosunku do warstwy nieprzepuszczalnej (drenaże zupełne lub niezupełne) oraz od układu ciśnień w warstwie wodonośnej (zwierciadło wody swobodne lub napięte).

2.3.1 Symbole i oznaczenia

Tabela nr 3 - Symbole i oznaczenia hydrogeologiczne

Symbol	Jednostki	Wielkość
A	m	rozstawa drenów
d_k	mm	średnica cząstek gruntu chronionego, których wraz z mniejszymi jest k%
d_{90}	mm	umowny wymiar porów geowłókniny odpowiadający średnicy cząstek gruntu, które wraz z mniejszymi stanowią 90% masy
D_k	mm	średnica cząstek gruntu filtra, które wraz z mniejszymi stanowią k% masy
h	m	napężenie drenu
H	m	miąższość warstwy wodonośnej
k_i	m/d	współczynnik filtracji (wodoprzepuszczalności) i-tej warstwy gruntu
k_f	m/d	współczynnik filtracji (wodoprzepuszczalności) obsypki
k_w	m/d	współczynnik przepuszczalności geowłókniny
q	$m^3/(d*m)$	dopływ jednostkowy do drenu
q_o	$m^3/(d*m)$	maksymalna chłonność jednostkowa
S	m	wymagane obniżenie zwierciadła wody między drenami
S_o	m	obniżenie zwierciadła wody przy drenie
S_z	mm	szerokość szczelin w rurze
v_d	m/s	prędkość dopuszczalna
w	m/d	infiltracja, wsiąkanie

2.3.2 Parametry hydrogeologiczne

Podstawą do właściwego zwymiarowania drenażu i związanych z nim urządzeń, jest określenie współczynnika filtracji gruntu oraz przyjęcie schematu obliczeniowego. O ile nie dysponujemy wartością współczynnika filtracji z rozpoznania geologicznego na podstawie próbnych wierceń lub badań laboratoryjnych, możemy posłużyć się wzorami empirycznymi np. wg normy [21] (wzorem Krügera lub z tablic Beyera), a w ostateczności danymi literaturowymi.

Wielkość infiltracji w można w przybliżeniu przyjmować:

- na terenach niezabudowanych:
 - w gruntach nieprzepuszczalnych $0.0021 \div 0.0043$ m/d,
 - w gruntach średnio przepuszczalnych $0.0043 \div 0.006$ m/d,
 - w gruntach przepuszczalnych $0.006 \div 0.018$ m/d,
- na obszarze gęsto zabudowanych miast i osiedli skanalizowanych 0.001 m/d,
- na obszarze luźno zabudowanych miast i osiedli skanalizowanych 0.003 m/d,
- na obszarze osiedli i miast nieskanalizowanych, zieleńców, parków, ogrodów 0.007 m/d

2.3.3 Drenaż zupełny

Dla drenażu zupełnego, ułożonego na stropie warstwy nieprzepuszczalnej, w warstwie wodonośnej o swobodnym zwierciadle wody posługujemy się zwykle wzorem Roth'a

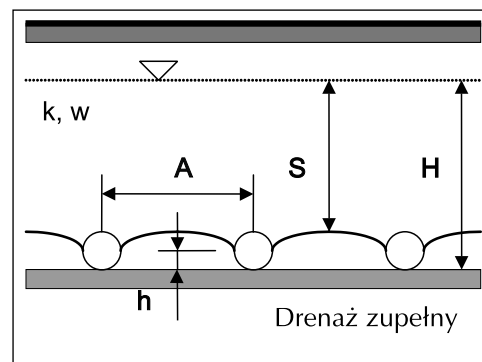
$$A = 2 * \sqrt{\frac{k}{w}} * [(H-S)^2 - h^2] \text{ [m]} \quad (1)$$

przy czym za napełnienie drenu h można przyjąć połowę średnicy drenu ID

Wydatek jednostkowy drenów (na 1 m ich długości określa wzór:

$$q = A * w \quad [\text{m}^3/(\text{d} * \text{m})] \quad (2),$$

a wydatek z całego układu odwadniającego będzie iloczynem wydatku jednostkowego i sumarycznej długości drenów.



2.3.4 Drenaż niezupełny

Drenaż niezupełny w warstwie o swobodnym zwierciadle wody obliczamy zwykle wzorem Awerianowa:

$$A = \sqrt{B_0^2 + (T * B)^2} - T * B \quad [\text{m}] \quad (3)$$

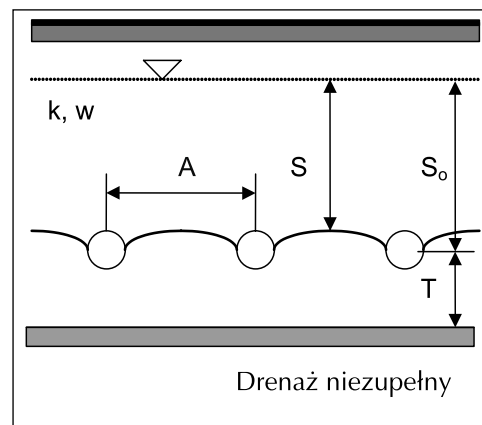
$$\text{gdzie: } B_0 = 2 * (S_0 - S) * \sqrt{\frac{k}{w}} * \left(1 + \frac{2 * T}{S_0 - S}\right) \quad (4)$$

$$B = 2.94 * \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi * 0.5 * ID}{T}} \quad (5)$$

Wydatek jednostkowy drenów (na 1 m ich długości) określa wzór:

$$q = A * w \quad [\text{m}^3/(\text{d} * \text{m})] \quad (6),$$

a wydatek z całego układu odwadniającego będzie iloczynem wydatku jednostkowego i sumarycznej długości drenów.



2.3.5 Drenaż w warstwie o napiętym zwierciadle wody

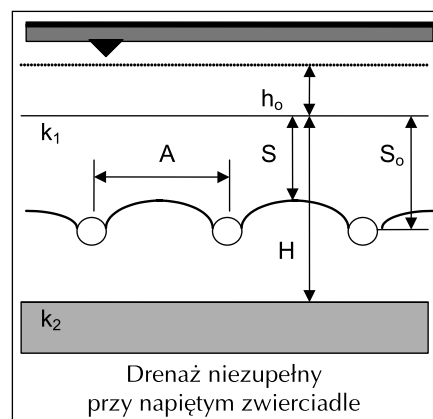
Przy dopływie wody do instalacji drenażowej z warstwy wodonośnej pod ciśnieniem rozstawę drenów określamy ze wzoru Kostiakowa:

$$A = \frac{(S_o - S) * (H - h_o) * 2 * \pi * k_1}{(h_o + S) * \left(\ln \frac{A}{ID} - 1 \right) * k_2} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

Wydatek jednostkowy drenów (na 1 m ich długości określa wzór:

$$q = \frac{2 * \pi * k_1 * (S_o - S)}{\ln \frac{A}{ID} - 1} \quad [\text{m}^3/(\text{d} * \text{m})] \quad (8),$$

a wydatek z całego układu odwadniającego będzie iloczynem wydatku jednostkowego i sumarycznej długości drenów.



2.3.6 Wodochłonność drenażu

Maksymalną chłonność drenażu zasilanego z obu stron z filtrem na całej długości obliczamy z warunku maksymalnej prędkości na styku gruntu i obsypki posługując się wzorem:

$$q_o = (2 * h + b) * v_d \quad [\text{m}^3/(\text{d} * \text{m})] \quad (9)$$

We wzorze tym występują oznaczenia wymiarów pokazane na rysunku obok przy czym szerokość b należy przyjmować jako rzeczywistą szerokość w dnie obsypki w gruncie przepuszczalnym, a przy posadowieniu w gruncie nieprzepuszczalnym jako 0.

Odcinek swobodnego wysączenia obliczymy ze wzoru

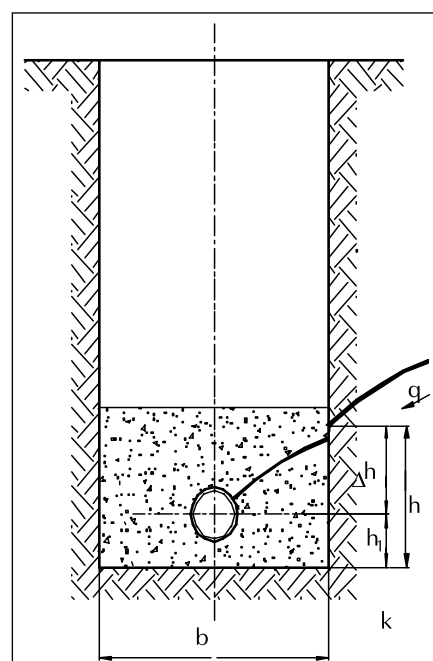
$$\Delta h = 0.22 * q / k \quad (10)$$

Prędkość dopuszczalna może być określona ze wzoru Abramowa

$$V_d = 65 * \sqrt[3]{k} \quad (11)$$

$$\text{lub ze wzoru Sichardta } V_d = 0.0002268 * \sqrt{k} \quad (12).$$

Aby nie doprowadzić do wypłukania i rozluźnienia przyległego gruntu musi być spełniony warunek $q_o > q$. Wskazane jest też, mając na uwadze okres pracy drenażu liczony w dziesiątkach lat, aby dla drenaży podłużnych, układanych w pasie drogowym posługiwać się bezpieczniejszym wzorem na prędkość dopuszczalną - wzorem Sichardta.



2.4 Dobór filtra

Filtry stosujemy wówczas jeżeli średnica d_{50} otaczającego dren gruntu jest mniejsza niż szerokość szczelin lub wodochłonność drenażu jest zbyt mała, albo też drenaż wymaga ochrony z powodu dużej zawartości związków żelaza w gruncie. Dla ochrony drenażu układanego pod nawierzchniami drogowymi lub w ich sąsiedztwie np. w poboczu lub w pasie rozdziału, nie zaleca się stosowania filtrów z włókien kokosowych. Materiał ten jest godny polecenia przy stosowaniu w gruntach gliniastych i torfowych na terenach rolniczych lub miejskich terenach zielonych.

Filtry gruntowe

Filtr gruntowy wydłuża powierzchnię styku z gruntem i poprawia warunki dopływu do drenu poprzez zmniejszenie prędkości dopływu. Jako materiał powinny być używane piaski i żwiry kwarcowe o ziarnach kulistych i gładkich. Zawartość frakcji drobniejszych niż 0.02mm nie powinna przekraczać 5%, a substancji organicznych 0.5%.

Grubość jednowarstwowej obsypki filtracyjnej powinna wynosić:

- min. 15cm w gruntach piaszczystych (dobrze przepuszczalnych),
- 15 ÷ 20cm w gruntach piaszczysto-gliniastych (średnioprzepuszczalnych),
- min. 20cm w gruntach gliniastych i ilastych.

W filtracyjnych obsypkach wielowarstwowych grubość każdej z warstw nie może być mniejsza od 10cm.

Współczynnik filtracji obsypki filtracyjnej lub gruntu bezpośrednio otaczającego rurę nie powinien być większy od 8 m/d.

Uziarnienie obsypki powinno spełniać następujące warunki:

$$D_{50} = 4 \div 5 d_{50} \quad 4 * d_{85} \geq D_{15} \geq 4 * d_{15} \quad D_{60} / D_{10} \leq 5 \quad D_{15} \geq 1,2 * S_z$$

Czasem, aby spełnić powyższe warunki, istnieje potrzeba stosowania obsypki wielowarstwowych lub, aby tego uniknąć stosujemy

Filtry z geowłóknin

Pierwszą warstwę geowłókniny, położoną na styku z gruntem rodzimym, dobieramy w oparciu o następujące kryteria:

- w gruntach gliniastych i pylastych

$$d_{90} < 10 * d_{60} \quad k_w > 100 * k,$$

- w gruntach piaszczystych

$$d_{90} < 6 * d_{60} \quad k_w > 10 * k.$$

Druga warstwa geowłókniny, otaczająca bezpośrednio dren powinna spełniać następujące warunki:

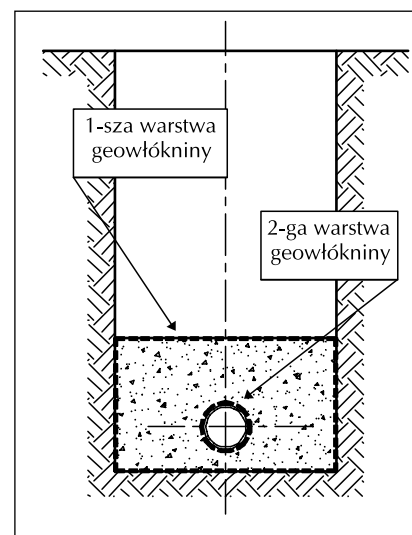
- w gruntach drobnoziarnistych (piaski drobne i pylaste)

$$d_{90} < 2 * d_{85} \quad k_w > 10 * k,$$

- w gruntach grubszych $d_{90} < d_{85} \quad k_w > k,$

Należy przy tym mieć na uwadze, że przepuszczalność geowłókniny zmienia się w zależności od nacisku spoczywającego na niej gruntu; im większy nacisk, tym mniejsza przepuszczalność.

Ponadto, należy dobrać masę powierzchniową geowłókniny pod względem odporności na przebicie zrzucającą na nią zasypkę według zaleceń producenta.



2.5 Drenaże płytkie

Znaczne ilości wody powstającej z topniejących przerostów lodowych w gruntach wysadzinowych zalegających pod konstrukcją nie mogą odsączyć się przez zamrożone pobocza prowadzą do obniżenia nośności nawierzchni i powstania przełomów. Drenaż płytki ma za zadanie wczesne przejęcie i odprowadzenie tych wód. Powinien więc być ułożony w poziomie lub nieco poniżej koryta drogi z dużym spadkiem w kierunku odbiornika. Drenaż ten ma również za zadanie odwodnienie pobocza. Z pełnionych funkcji wynika konieczność ułożenia go z dużym spadkiem w kierunku odbiornika. Odbiornikiem wód może być rów przydrożny, podłużny drenaż głęboki lub kanalizacja deszczowa.

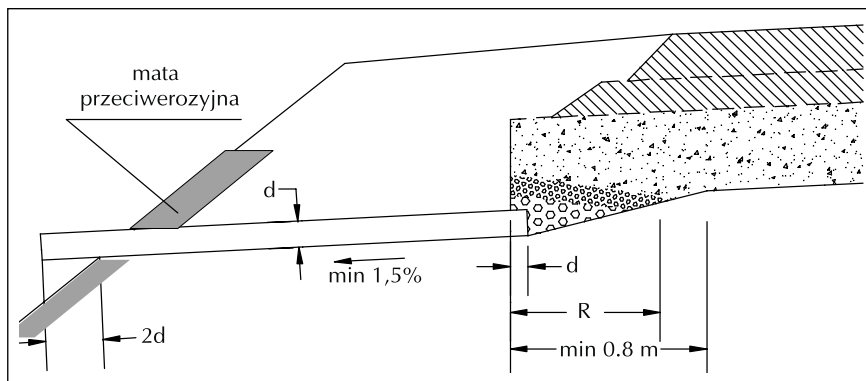
Dreny oraz związane z nim obsypki filtracyjne należy lokalizować poniżej koryta drogi, co wynika z technologii układania warstw mrozochronnych i konstrukcyjnych podbudowy jezdni.

Ilości wód odprowadzanych z warstw mrozochronnych określone są na drodze laboratoryjnej lub z opracowanych dla tego celu tabel publikowanych w specjalistycznej literaturze np. w [41] i [43].

Wymagania w zakresie spadków i wylotów podano w p. 2.2. Wymagania dla drenaży w pasie drogowym.

2.5.1 Drenaż poprzeczny

Dreny tego rodzaju, o minimalnej średnicy ID 80, układa się z pod kątem $75 \div 90^\circ$ w stosunku do osi drogi z minimalnym spadkiem 1,5%. Wlot do drenów należy zabezpieczyć obsypką filtracyjną dostosowaną do uziarnienia odwadnianej warstwy zgodnie z p. 2.4. Dobór filtra.

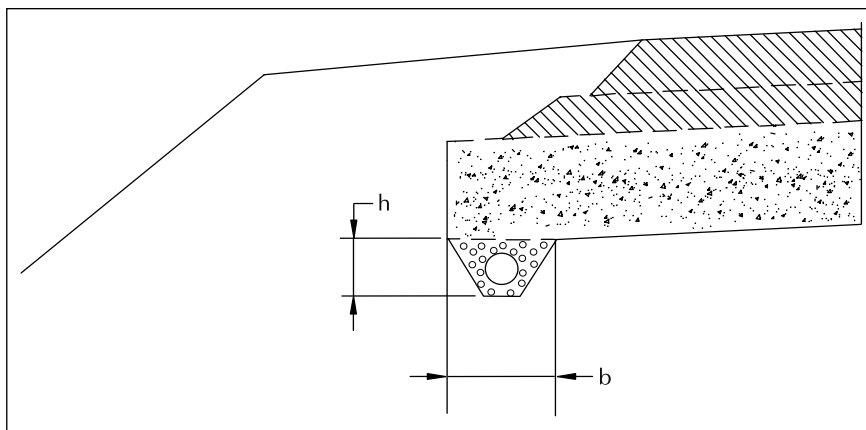


Obszar filtra przed wlotem nie powinien być mniejszy niż $R = 10$ cm. Przy promieniu $R \leq 25$ cm należy stosować obsypkę jednowarstwową, a przy większych - dwuwarstwową. W każdym wypadku należy sprawdzić czy prędkość przepływu na wlocie do drenu nie spowoduje wymywania filtra.

Odległości między drenami uzależnione są od szerokości jezdni, konstrukcji warstwy mrozochronnej (odsączającej) i jej współczynnika filtracji oraz rozwiązania sączka sprowadzającego odsączoną wodę do drenu.

2.5.2 Drenaż podłużny

Drenaż ten jest podobny do wglębnego drenażu podłużnego, ale jego zadaniem jest osuszenie warstw mrozochronnych, a nie obniżenie zwierciadła wody w otaczającym terenie. Z tego powodu drenaż ten jest płytko ułożony w poboczu, albo też wzdłuż jednej lub dwóch krawędzi nawierzchni z rurek o ID 80 lub 113 mm, ze spadkiem podłużnym od $0.3 \div 2\%$. Rowek pod dren, mieszczący również całą obsypkę filtracyjną ($b \times h$ na rysunku), powinien być umieszczony poniżej warstwy mrozochronnej.



Wyloty należy lokalizować co $250 \div 300$ m.

Jest to bardzo sprawnie działające urządzenie przy spadkach niwelety drogi do 2%.

2.5.3 Drenaż ukośny

Przy spadkach niwelety większych od 2%, a szczególnie przy niestarannym wykonaniu koryta drogi, gdy pozostają w nim podłużne koleiny, następuje podłużny ruch wody, a nie w kierunku ciągów drenarskich lub sączków zlokalizowanych przy krawędziach. Prowadzi to do rozmiękczenia gruntu podłoża szczególnie na łukach wklęsłych. Zapobiegają takiemu zjawisku dreny ukośne o średnicy ID $80 \div 113$ mm ułożonych pod kątem 45° w stosunku do osi drogi.

2.6 Analiza wytrzymałościowa

Nowa polska norma [22] wprowadza dwie metody obliczeń przewodów podziemnych:

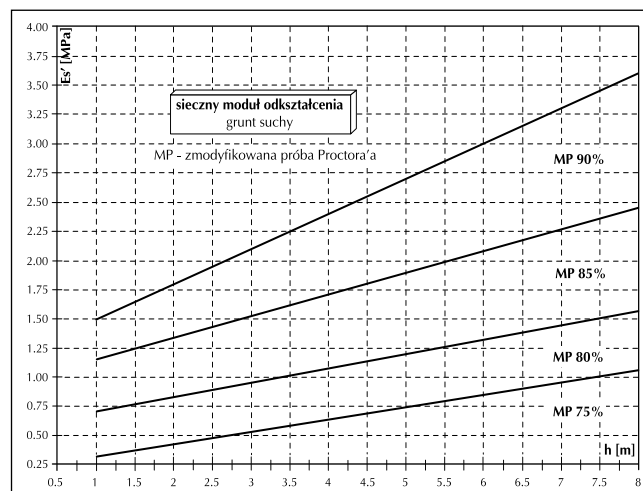
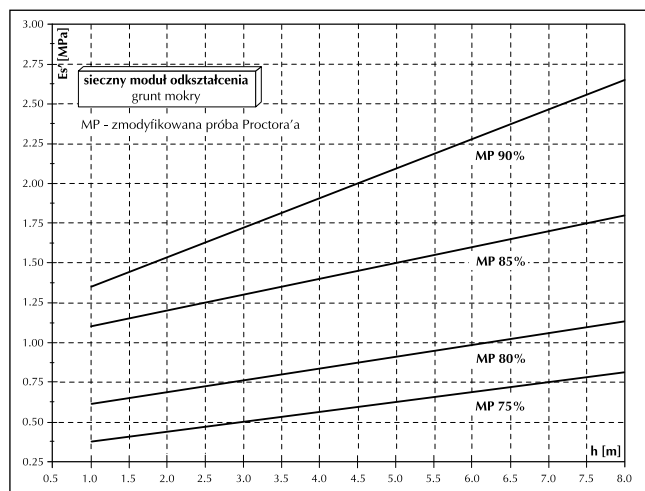
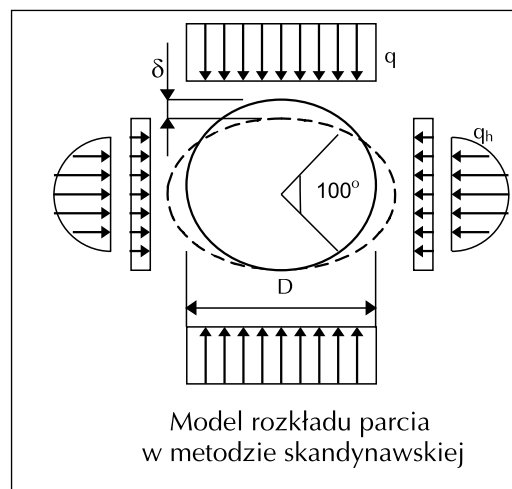
- „niemiecką” wg ATV A-127:1988 Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen,
- „skandynawską” wg szwedzkiej normy VAV-P70:1992 Markavloppsror av plast självfallsledning i jord (Przewody kanalizacji grawitacyjnej z tworzyw sztucznych ułożonych w ziemi).

W niniejszym opracowaniu proponowana jest metoda oparta na pracach J.Molina stanowiących podstawę metody „skandynawskiej”. Zaletami jej są łatwość stosowania i prostota obliczeń. Szersze opisy tej metody można znaleźć w opracowaniu [36], [42] i normach skandynawskich.

Metoda ta zakłada, że pod wpływem obciążenia pionowego q przewód elastyczny ulega spłaszczeniu, jego pionowa średnica ulega zmniejszeniu o δ , i przybiera kształt elipsy. Odształcającą się rura wywiera boczny nacisk na grunt, co powoduje powstanie odporu gruntu q_h i przejście przezeń części naprężeń spowodowanych obciążeniem pionowym. Model ten przyjmuje, że odpór gruntu z boków przewodu ma rozkład paraboliczny. Im większa będzie siła odporu gruntu, im lepsze są parametry geotechniczne gruntu, tym mniejszym deformacjom ulegnie przewód. Oddziaływanie pomiędzy sztywnością gruntu, a sztywnością rury opisuje wzór Spangler’a:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f(q)}{SN + S_s} \quad (13)$$

Sztywność gruntu S_s określa sieczny moduł odkształcenia E_s' . Dla normalnie stosowanych gruntów zasyпки, żwiru lub piaski o ciężarze objętościowym $\gamma \approx 19 \text{ kN/m}^3$, zależny jest on głównie od stopnia zagęszczenia gruntu wokół rury i głębokości ułożenia przewodu. Wartości podane na wykresach zaleca J.Molin, a zaczerpnięto je z Opracowania [42].



Norma duńska (DS 430) wymaga sprawdzenia odkształcenia przewodu w przypadkach wykraczających poza zakres powszechnego doświadczenia, a za takie uznawane są:

- maksymalne przykrycie przewodu nie większe niż 6m,
- minimalne przykrycie przewodu 1m przy obciążeniu naziemu ruchem drogowym,
- wykonanie warstwy wyrównującej i zasyпки z piasku lub żwiru z ziarnami mniejszymi niż 0.075mm w ilości nie większej niż 15%. Minimalne zagęszczenie zasyпки 90% zmodyfikowanej próby Proctor’a (badanie wg normy [7]),
- rury są gładkie i bez uszkodzeń mechanicznych oraz deformacji kształtu przekroju poprzecznego,
- kanał wykonany z rur z PVC-U o $SDR < 44$, albo z rur z PEHD lub PP o $SDR \leq 25$,
- największe dopuszczalne odkształcenie początkowe bezpośrednio po zakończeniu robót nie przekroczyć 8% (PVC-U) lub 9% (PEHD, PP)

2.6.1 Symbole i oznaczenia

Tabela nr 4 - Symbole i oznaczenia wytrzymałościowe

Symbol	Jedn. miary	Wielkość
α	-	współczynnik redukcyjny
B_f	%	składowa wykonawstwa - empiryczna wielkość określająca wpływ wykonawstwa na odkształcenie rury
E	kPa	moduł sprężystości materiału rury
E'_s	kPa	sieczny moduł odkształcenia gruntu
E_2	MPa	wtórny moduł odkształcenia gruntu
φ	-	dynamiczny współczynnik bezpieczeństwa
F	-	współczynnik bezpieczeństwa
h	m	miąższość warstwy gruntu
H	m	zagłębienie rury poniżej poziomu terenu
h_w	m	wysokość zwierciadła wody gruntowej ponad rurą
$\varepsilon(\%)$	%	odkształcenie względne rury
I_f	%	składowa podłoża - empiryczna wielkość określająca wpływ przygotowania podłoża i kontroli robót na odkształcenie rury
$\varepsilon_o(\%)$	%	ostateczne odkształcenie względne rury po długim czasie
$\varepsilon_p(\%)$	%	względne odkształcenie początkowe rury, po zakończeniu robót
I_s	%	wskaźnik zagęszczenia gruntu
P	kN	nacisk koła na powierzchnię jezdni
P_{kr}	kPa	krytyczne naprężenia przy wyboczeniu ścianek rury
q	kPa	obciążenie pionowe
q_h	kPa	obciążenie poziome będące wynikiem odkształcenia rury
q_r	kPa	obciążenie pionowe ruchem drogowym
q_w	kPa	obciążenie pionowe słupem wody gruntowej
q_z	kPa	obciążenie pionowe gruntem
R	m	odległość rury od koła pojazdu
SDR	-	stosunek średnicy zewnętrznej rury do grubości jej ścianki (Standart Dimension Ratio)
SN	kPa	sztywność obwodowa rury w badaniu krótkotrwałym (3min)
S_s	kPa	sztywność gruntu
δ	m	zmniejszenie pionowej średnicy rury, ugięcie rury
γ	kN/m ³	ciężar objętościowy gruntu
γ'	kN/m ³	ciężar objętościowy gruntu pod wodą
γ_w	kN/m ³	ciężar objętościowy wody $\gamma_w \approx 9.81 \text{ kN/m}^3$

2.6.2 Obciążenie zasypką i wodą gruntową

Obciążenie rury zasypką wynika z nacisku sumy warstw gruntów zalegających powyżej rury:

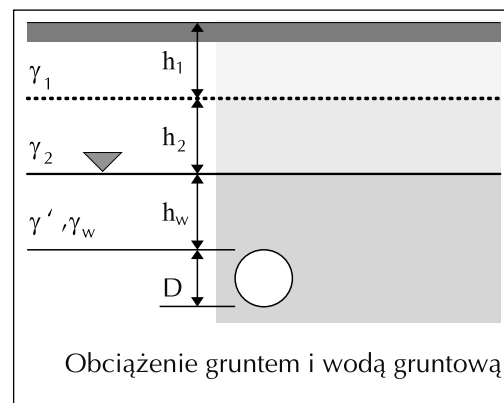
$$q_z = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (14)$$

Poniżej zwierciadła wody gruntowej należy posługiwać się ciężarem objętościowym gruntu pod wodą γ' zamiast ciężarem objętościowym gruntu γ i dodać obciążenie pionowe wynikające z parcia wody.

Obciążenie pionowe słupem wody gruntowej

$$q_w = \gamma_w \cdot h_w \quad (15)$$

Jeśli woda gruntowa nie występuje powyżej poziomego ułożenia przewodu, a różnice w ciężarach objętościowych warstw zasypki są nieznaczne, można posłużyć się jednym, uśrednionym dla wszystkich warstw, ciężarem objętościowym γ .



2.6.3 Obciążenie ruchem drogowym

W różnych krajach przyjmowane są różne wielkości standardowego obciążenia nawierzchni drogowej. Ni-niejszą instrukcję oparto na polskich przepisach – rozporządzeniu [3] i normie [16] opisujących szczegółowo obciążenia pojazdami konstrukcji mostowych. W oparciu o nie należy przyjąć jako obciążenie ruchem drogowym, miarodajny pojazd o trzech osiach dających naciski o wartościach 60kN (oś przednia) + 2x120kN (dwie osie tylne).

Nacisk od kół pojazdu rozłożony jest na prostokąt o wymiarach 20 x 60cm.

Norma ta uzależnia wielkości obliczeniowe od klasy obciążeń:

Tabela nr 5 - Klasy obciążeń drogowych

Klasa obciążeń	Nacisk na oś			Poprzeczna odległość między pojazdami m	Zastosowanie dla dróg
	przednią - P ₁	tylną - P ₂	tylną - P ₃		
	kN	kN	kN		
A	60	120	120	1.00	autostrady, drogi ekspresowe i główne (GP i G)
B	60	120	120	1.25	zbiorcze i lokalne
C	60	120	120	1.50	dojazdowe
D	80	120	-	1.50	
E	50	100	-	1.50	

Dla wymagań w klasach obciążeń A, B i C przeprowadzono analizę obciążeń przewodu w zależności od przykrycia rury. Posłużono się przy tym wzorem Boussinesq'a:

$$q_r = \frac{3 \cdot P \cdot H^3}{2 \cdot \pi \cdot R^5} \quad [\text{kPa}] \quad (16),$$

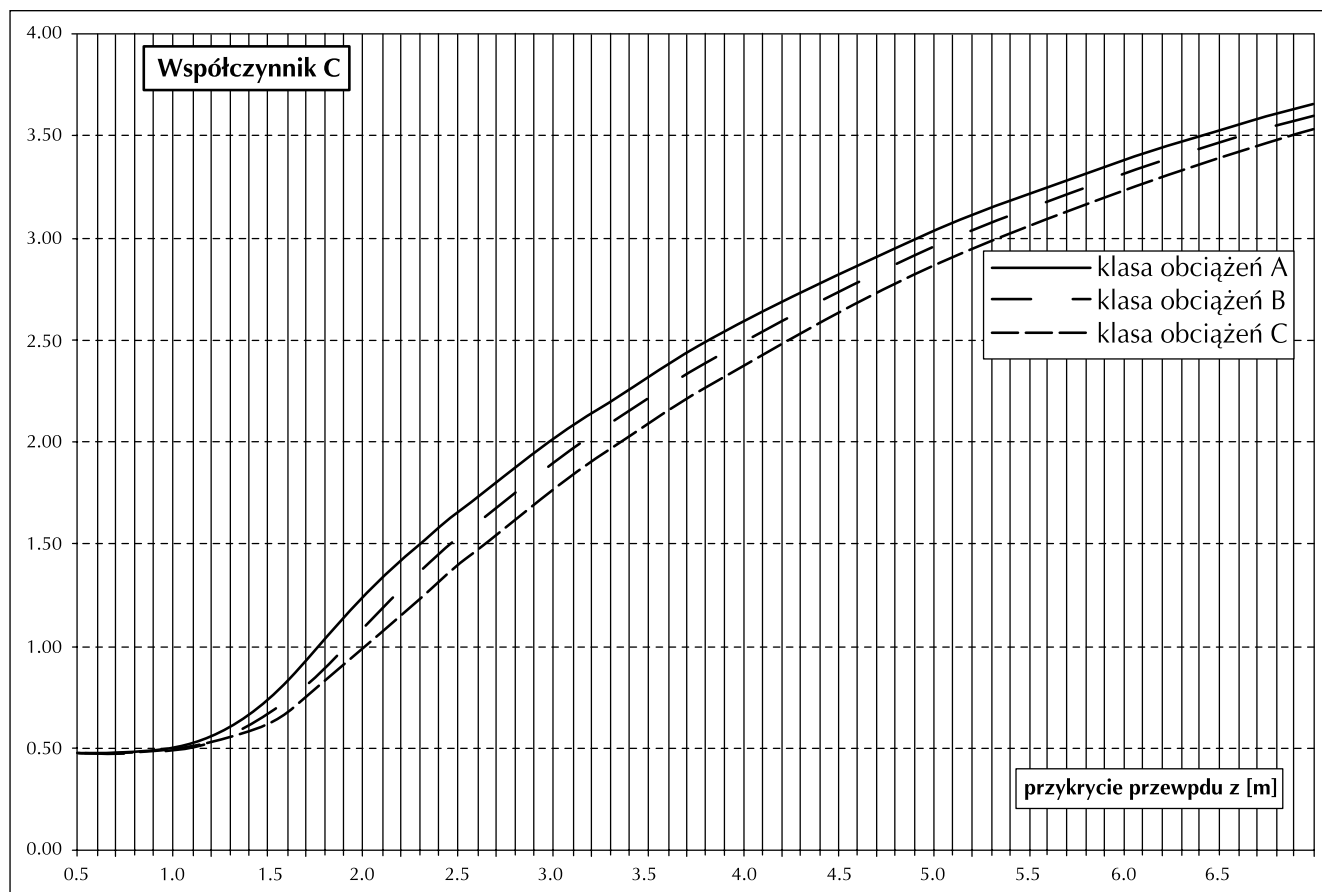
w którym:

P	nacisk koła	[kN],
H	przykrycie przewodu	[m],
R	odległość punktu przyłożenia siły od rozpatrywanego punktu	[m].

Z przekształcenia tego wzoru, dla P = 60 kN ustalono zależność

$$q_z = C \cdot P / H^2 \quad [\text{kPa}] \quad (17)$$

i dla występującego w tym wzorze współczynnika C sporządzono wykres.



Obciążenie ruchem należy uwzględnić w obliczeniach stosując współczynnik obciążenia 1,5.

Wspomniana norma [16] nakazuje uwzględnienie dynamicznego współczynnika bezpieczeństwa φ przy całkowitym przykryciu $\sum h$ analizowanej konstrukcji mniejszym niż 1,0m.

Wielkość tego współczynnika określa wzór:

$$\varphi = 1 + \frac{(1 - \sum h) \cdot 0,35}{0,5} \leq 1,325 \quad (18)$$

2.6.4 Odształcenia rury

Odształcenie względne średnicy

Znając całkowite obciążenie pionowe $q = q_z + q_w + q_r$ (patrz. p. 2.4.2. i 2.4.3.) oraz sztywność gruntu określoną siecznym modułem odkształcenia E_s' możemy określić względne odkształcenie rury

$$\varepsilon(\%) = \frac{\delta}{D} \cdot 100\% = \frac{8,3 \cdot q}{16 \cdot SN + 0,122 \cdot E_s'} \quad (19)$$

Obliczone odkształcenie $\varepsilon(\%)$ należy powiększyć o empirycznie określone składowe instalacji I_i i podłoża B_r . Wartości podane w poniższej tabeli należy traktować jako orientacyjne, gdyż są one właściwe jedynie dla wykopów wypełnionych dobrze zagęszczonym żwirem ewentualnie piaskiem średnio- lub gruboziarnistym.

Tabela nr 6 - Empiryczne współczynniki ułożenia przewodu

Składowe instalacji I_f		Składowe podłoża B_f		
Rury układane we wspólnym wykopie		Bez nadzoru	staranne	zwykłe
- bez kontroli	$1 \div 2\%$	- dno wykopu bez kamieni	2%	4%
- z kontrolą	0%	- dno wykopu z kamieniami	3%	5%
Duży ruch pojazdów budowlanych przy $H < 1.5m$	$1 \div 2\%$	Z kontrolą	staranne	zwykłe
Zagęszczanie zasyпки ciężkim sprzętem ($Q > 0.6kN$)	$0 \div 1\%$	- dno wykopu bez kamieni	1%	2%
		- dno wykopu z kamieniami	2%	3%

Początkowe odkształcenie względne rury, po zakończeniu robót, wyniesie:

$$\varepsilon_p(\%) = \varepsilon(\%) + I_f + B_f \leq \varepsilon_{dop}(\%) \quad (20)$$

Zazwyczaj odkształcenie to nie przekracza 5%, ale odkształcenie dopuszczalne $\varepsilon_{dop}(\%)$ określone jest na:

- 8% - dla rur z polichlorku winylu (PVC-U),
- 9% - dla rur z polipropylenu (PP) lub polietylenu (PE).

W wyniku osiadań i przemieszczeń, tak rury jak i otaczającego ją gruntu, zwiększy się również względne odkształcenie rury do wartości $\varepsilon_o(\%) = 2 * \varepsilon(\%) + I_f + B_f \leq 15\%$ (21)

Praktyka i doświadczenia skandynawskie dowodzą, że tak obliczone maksymalne odkształcenie względne rury ustali się w czasie nie przekraczającym 3 lat eksploatacji i nie powinno przekroczyć 15%.

Wyboczenie

Zewnętrzne ciśnienie gruntu lub wody gruntowej powoduje powstanie w rurze sił obwodowych, które, przy przekroczeniu krytycznej ich wartości, mogą doprowadzić do wyboczenia jej ścianek. W gruncie w stanie luźnym lub na powietrzu deformacje te przybierają kształt zbliżony do krzywej Cassiniego (pozioma elipsa z zapadniętymi wierzchołkami górnym i dolnym). Duże wartości sztywności obwodowej rury oraz modułu odkształcenia gruntu zapobiegają temu zjawisku. W gruntach średnio i dobrze zagęszczonych odkształcenie to przybiera postać wielu drobnych fal, które pojawiają się na całym obwodzie.

Naprężenie krytyczne przy wyboczeniu możemy określić ze wzorów:

a) dla rury niezasypanej $P_{kr} = 24 * SN \quad (22)$

b) dla rury w gruntach słabo zagęszczonych, luźnych lub spoistych przy czym wymagana jest $SN > 0.025 * S_s$ $P_{kr} = 24 * SN + 2/3 * S_s \quad (23)$

c) dla rury idealnie okrągłej $P_{kr} = 5.63 * \sqrt{SN * S_s} \quad (24)$

d) dla rury odkształconej do kształtu eliptycznego $P_{kr} = \alpha * 5.63 * \sqrt{SN * S_s} \quad (25)$

gdzie $\alpha = 1 - 0.03 * \varepsilon_o(\%) \quad (25a)$

e) dla płytko zagłębionych rur poddanych obciążeniu dużego ruchu drogowego

$$P_{kr} = \frac{64 * SN}{\left(1 + 3.5 * \frac{\delta}{D}\right)^3} \quad (26)$$

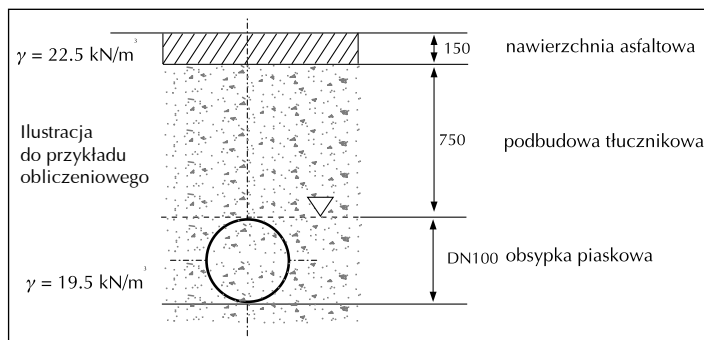
We wzorach tych jako wartość sztywności gruntu Autorzy opracowań [36] i [42] zalecają stosowanie stycznego modułu odkształcenia gruntu, którego wartość określają jako równą $2 * E'_s$. Dla rur ułożonych na dużych głębokościach lub w gruntach słabo zagęszczonych, luźnych ewentualnie spoistych lub trudno zagęszczalnych należy posługiwać się długotrwałą sztywnością obwodową.

Tabela nr 7 - Zależności sztywności obwodowych

krótkotrwała sztywność obwodowa [kPa]	4	8	16
długotrwała sztywność obwodowa [kPa]			
rury z polichlorku winylu (PVC-U)	1.5	3.5	6.5
rury z polietylenu (PEHD) lub polipropylenu (PP)	1.0	2.5	4.5

Żeby nie doszło do wyboczenia karbowanych rur drenarskich wymagany jest współczynnik bezpieczeństwa $F = P_{kr}/q \geq 2,0$ (27)

Praktyka dowodzi, że dla typowych rur umieszczonych w dobrze zagęszczonym gruncie, rzadko się zdarza, aby wyboczenie było decydującym czynnikiem przy projektowaniu.



2.7 Przykład obliczeniowy

Drenaż z rur PP DN 100mm (SN = 8 kPa) ułożony pod drogą o kategorii ruchu KR5

Krok	Wzór	Symbol	Określenie	Wynik	Jedn.
1.	14	q_z	obciążenie nawierzchnią i zasypką $22,5 \times 0,15 + 19,5 \times 0,75 =$	18,00	kPa
	15	q_w	obciążenie wodą gruntową	0,00	kPa
2.	wykres tab. nr 5	C	obciążenie ruchem drogowym w klasie obciążeń A dla zagłębienia $z = 0,90m$ $120/2 =$	0,50	-
		P		60,00	kN
	18	φ	współczynnik obciążenia	1,50	-
	17	q_r	współczynnik dynamiczny $1 + (1-0,15-0,75) \times 0,35/0,5 =$ $1,07 \times 1,50 \times 0,50 \times 60,00 \times 1/0,90^2 =$	1,070 59,444	- kPa
3.		q	obciążenie całkowite $18,00 + 59,444 =$	77,444	kPa
4.	wykres 19 tab. nr 6	E'_s $\varepsilon(\%)$	odkształcenie względne przewodu dla gruntu nawodnionego zagęszczonego do $I_s=1,00$ $(8,3 \times 77,444)/(16 \times 8,00 + 0,122 \times 1300,00) =$	1300,00 2,243	kPa %
		I_f B_f	współczynniki ułożenia przewodu:		
			- rury układane pod kontrolą	0	%
			- duży ruch pojazdów budowlanych	2	%
			- zagęszczenie zasypki ciężkim sprzętem	1	%
			składowa instalacji =	3	%
5.	20 21	$\varepsilon_p(\%)$	początkowe odkształcenie względne rury $2,24 + 3,00 + 2,00 =$	7,24	%
		$\varepsilon_o(\%)$	maksymalne, długotrwałe odkształcenie względne rury $2 \times 2,24 + 3,00 + 2,00 =$	9,486	%
			przewód spełnia warunki dop. odkształceń:		
			- początkowe odkształcenie względne - maksymalne odkształcenie względne	< 9,00 < 15,00	% %
6.	25a tab. nr 7 25 26 27	α	wyboczenie $1 - 0,03 \times 9,49 =$	0,715	-
		P_{kr}	długotrwała sztywność obwodowa $0,715 \times 5,63 \times (8,0 \times 2 \times 1300,00)^{1/2} =$	2,50	kPa
		P_{kr}	$64 \times 8,00 / (1+3,5 \times 0,0207)^3$	324,738	kPa
		F	$324,74 / 77,44 =$	408,142	kPa
			sztywność przewodu jest wystarczająca dla zabezpieczenia go przed wyboczeniem gdyż $F > 2,00$	4,19	-

III WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU

3.1 Roboty ziemne

Zazwyczaj drenaż układany jest w obsypce filtracyjnej, która stanowi bardzo dobrą podsypkę, obsypkę i zasypkę wstępną wykopu w strefie ułożenia przewodu. W przypadku budowy drenażu bez obsypki filtracyjnej należy stosować podłoże, obsypki i zasypki wg zaleceń podanych w tym rozdziale.

Wykonanie obsypki filtracyjnej oprócz wymagań dotyczących doboru uziarnienia podanych w p. 2.4. Dobór filtra, powinno również spełniać warunki stawiane zasypce opisanych w p. 3.1.2. Zasypka wykopu. Dla drenażu wgłębnego układanego w pasie drogowym poza konstrukcją nawierzchni należy stosować obsypkę filtracyjną jako zasypkę wykopu, na całej jego wysokości.

Wskazane jest, aby do rozdziału różnych warstw gruntu takich jak: obsypka filtracyjna, zasypka wykopu, warstwy odsączające, stosować odpowiednio dobrane geowłókniny.

3.1.1 Materiały

Wymagania dla materiałów gruntowych wypełnienia wykopów określa norma [18].

Materiał gruntowy w strefie ułożenia przewodu (podłoże, obsypka i zasypka wstępna) może być gruntem rodzimym lub/i innym gruntem sytkim zapewniającym stałą stabilizację i nośność przewodu zasypanego w gruncie oraz spełniającym poniższe warunki:

- musi być zgodny z projektem,
- nie może szkodliwie lub niszcząco oddziaływać na przewód, jego materiał lub wodę gruntową,
- wbudowywany materiał nie może być zamarznięty lub zbrylony,
- nie może być gruntem wysadzinowym z grupy III (patrz. tabela nr 8)
- nie może zawierać materiałów organicznych, śmieci, korzeni drzew itp.,
- nie może zawierać materiałów mogących uszkodzić przewód np. gruzu, kamieni dużych lub o ostrych krawędziach itp.,
- maksymalna wielkość ziaren nie może przekraczać 22mm dla średnic przewodu $DN \leq 200mm$ lub 40mm dla średnic większych,
- powinien umożliwiać dobre jego zagęszczenie.

W stosunku do materiału użytego na zasypkę główną należy zadbać, aby był on:

- zgodny z projektem,
- powinien umożliwiać dobre jego zagęszczenie,
- nie może zawierać materiałów organicznych, śmieci, korzeni drzew itp.,
- wbudowywany materiał nie może być zamarznięty lub zbrylony,
- maksymalna wielkość ziaren nie może być większa od 300mm, ale nie może również przekraczać grubości zasypki wstępnej oraz 1/2 grubości warstwy zagęszczania.

3.1.2 Strefa ułożenia przewodu

Zależnie od rodzaju gruntu w miejscu ułożenia przewodu w pasie drogowym oraz poziomu występowania swobodnej wody gruntowej poniżej poziomu posadowienia możliwe jest posadowienie bezpośrednio lub grunt podłoża należy wymienić zgodnie z tabelą nr 8. Określone w niej grubości podsypki dolnej nie powinny być mniejsze niż 1/4 średnicy zewnętrznej przewodu, a w gruntach grupy III (grunty wysadzinowe) - 1/2 średnicy.

Podsypkę, obsypkę i zasypkę wstępną stanowić mogą piaski grubo-, średnio- lub drobnoziarniste. Piaski pyliste mogą być wykorzystane do tego celu, gdy będą wbudowane poniżej strefy przemarzania, przy poziomie wody gruntowej stabilizującym się co najmniej 1.0m poniżej spodu podsypki.

Tabela nr 8 - Grubość dolnej podsypki piaskowej

L.p.	Rodzaj podłoża	Poziom wody gruntowej poniżej poziomu ułożenia przewodu		
		≤ 1m	1 ÷ 2m	≥ 2m
I Grunty niewysadzinowe:				
1	rumosze niegliniaste	10cm	10cm	10cm
2	- żwiry i pospółki (z ziarnami powyżej 22/40mm)¹⁾ - żużle nierozpadowe	10cm	10cm	10cm
3	- żwiry i pospółki (z ziarnami do 22/40mm)¹⁾ - piaski grubo-, średnio- i drobnopziarniste	bezpośrednio na gruncie, bez podsypki		
II Grunty wątpliwe:				
4	piaski pylaste	10cm	bezpośrednio	bezpośrednio
5	zwietrzeliny i rumosze gliniaste, żwiry i pospółki gliniaste (z ziarnami powyżej 22/40mm)¹⁾	15cm	15cm	10cm
6	żwiry i pospółki gliniaste (z ziarnami do 20/40mm)¹⁾	15cm	15cm	10cm
III Grunty wysadzinowe ²⁾				
7	- gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste zwięzłe, - iły, iły piaszczyste, iły pylaste	20cm	15cm	15cm
8	- piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły - gliny, gliny piaszczyste i pylaste - iły warwowe	30cm	20cm	15cm
Uwagi:				
¹⁾ - zależnie od średnicy układanego przewodu zgodnie z warunkami określonymi w p. 3.1.1. i 3.1.3.				
²⁾ - w stanie zwartym, półzwartym lub twaroplastycznym ($I_p \leq 0,25$); grunty te w stanie miękoplastycznym lub plastycznym wymagają indywidualnej oceny				

Podsypkę i obsypkę należy układać równomiernie z obu stron przewodu i zagęścić niezwłocznie po wbudowaniu w taki sposób, aby nie spowodować odkształcenia rur zarówno w planie jak i w ich przekroju poprzecznym. Zagęszczenie tych warstw oraz zasypki wstępnej do wysokości 300mm ponad wierzch przewodu, ale nie mniej niż I jego średnicy powinno przebiegać warstwami ręcznie lub lekkim sprzętem - niedopuszczalne jest stosowanie sprzętu ciężkiego. Strefa ułożenia przewodu ma, bowiem, największe znaczenie dla wytrzymałości kanału i dlatego nie wolno dopuścić do wystąpienia pustych przestrzeni szczególnie w dolnej części rury, a zagęszczenie nie może być mniejsze niż 85% zmodyfikowanej próby Proctor'a.

Warstwa podsypki dolnej o grubości 5cm układana bezpośrednio pod przewodem nie powinna być zagęszczana bardziej niż do stanu średniego zagęszczenia. Zostanie ona dogęszczona podczas zagęszczania kolejnych warstw konstrukcyjnych w strefie ułożenia przewodu i pozwoli na jego elastyczne ułożenie. Pod złączami należy wykonać, tam gdzie to jest konieczne, zagłębienia pod kielichy, aby przewody nie opierały się na złączach.

Zagęszczona podsypka górna powinna być ułożona warstwami do wysokości połowy przewodu.

Wykonanie obsypki można rozpocząć po zakończeniu układania i zagęszczania podsypki górnej.

Ponadto, w przypadku ułożenia przewodu pod drogą, naturalne podłoże gruntowe, podsypka oraz zasypka wstępna w strefie ułożenia przewodu powinny spełniać wymagania w zakresie wskaźnika zagęszczenia I_s oraz wtórnego modułu odkształcenia E_2 wynikające z głębokości ułożenia przewodu pod jezdnią, typu drogowej konstrukcji ziemnej (wykop, nasyp) oraz kategorii ruchu (patrz rysunek w pkt. 3.1.3). Grubość warstw i procedurę zagęszczania należy dostosować do wymaganej całkowitej grubości i posiadanego sprzętu. Grubość warstw nie powinna być jednak większa od 15cm przy zagęszczaniu ręcznym i 30cm przy zagęszczaniu mechanicznym. Wilgotność zagęszczanej podsypki nie może odbiegać od wilgotności optymalnej o więcej niż $\pm 2\%$.

Niedopuszczalne jest układanie gruntów w stanie upłynnionym, a w przypadku konieczności odwadniania podłoża na czas budowy niezbędne jest wykonanie projektu odwodnienia oraz prowadzenie tych robót w taki sposób, aby nie dopuścić do pogorszenia nośności gruntu rodzimego.

W celu zabezpieczenia przed przenikaniem gruntu rodzimego do strefy ułożenia przewodu może być konieczne zaprojektowanie warstwy geowłókniny separacyjnej lub filtru odwrotnego szczególnie wtedy, gdy występuje woda gruntowa.

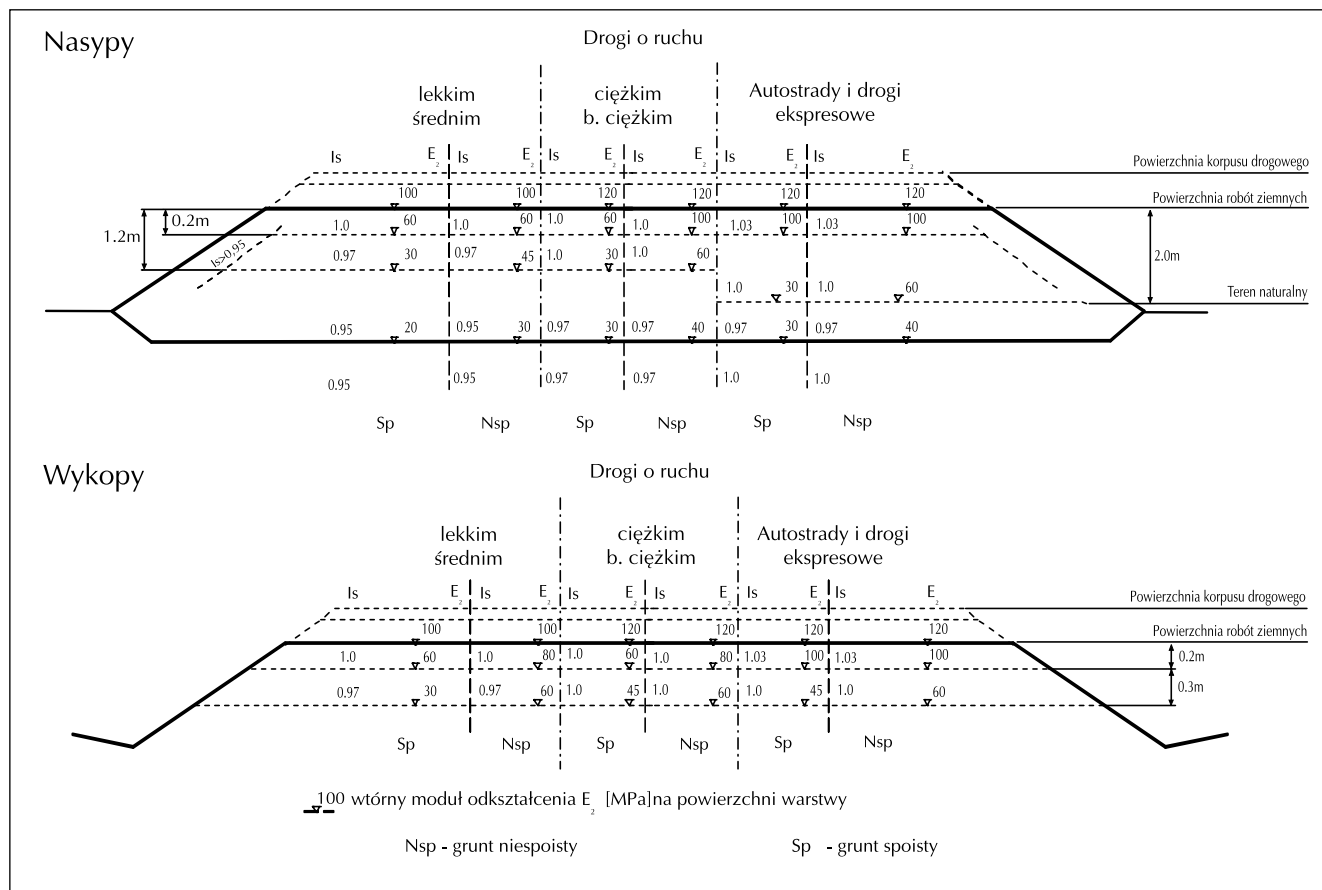
3.1.3 Zasyпка główna

W strefie zasyпки głównej wskazane jest wykorzystanie gruntu rodzimego, o ile spełnia on wymagania określone w p. 3.1.1. Ta część zasyпки powinna wyrównać niedostatki podłoża wynikające z ewentualnej wymiany gruntu w strefie ułożenia przewodu.

Na zasypkę główną wykopu w strefie drogowej konstrukcji ziemnej (patrz. rysunek) należy użyć gruntu sytkie niewysadzinowe, takie jak stosowane do wykonania podsypki.

Zasypkę należy wznosić równomiernie, a grunt należy zagęszczać niezwłocznie po wbudowaniu, warstwami, o grubości dostosowanej do posiadanego sprzętu i wilgotności zbliżonej do optymalnej w granicach $\pm 2\%$. Grubość warstw nie powinna być jednak większa od 15cm przy zagęszczaniu ręcznym i 30cm przy zagęszczaniu mechanicznym. Niedopuszczalne jest układanie gruntów w stanie upłynnionym. Do zagęszczania warstw leżących do 1.0m powyżej wierzchu przewodu należy używać tylko sprzętu lekkiego, aby nie spowodować niezamierzonego odkształcenia przewodu.

Po osiągnięciu właściwych parametrów zagęszczenia warstwy można przystąpić do układania kolejnej warstwy. Ocenę zagęszczenia dokonywać na podstawie wskaźnika zagęszczenia I_s . Wymagane wartości tych parametrów w zależności od poziomu lokalizacji warstwy, typu konstrukcji ziemnej (nasyp, wykop) oraz kategorii ruchu pokazano na rysunkach.



3.2 Badania odbiorcze

W celu sprawdzenia zgodności z dokumentacją techniczną oraz wymaganiami norm, badania odbiorcze winny być prowadzone na bieżąco jako odbiory częściowe podczas układania przewodu i montażu studzienek oraz wykonywania wokół nich podsypek, obsypek, zasypek i innych prac, które spowodują zakrycie i niedostępność niektórych elementów. Po zakończeniu budowy należy dokonać odbioru końcowego całej budowli. Zasady prowadzenia badań określają ustawy, zarządzenia i normy podane w p.4.

Badania i sprawdzenia przewodu i studzienek winny być poprzedzone:

- sprawdzeniem odkryć wykopaliskowych i nie przewidzianych urządzeń,
- sprawdzeniem robót pomiarowych,
- sprawdzeniem robót przygotowawczych,

i uzupełnione badaniami podłoża oraz robót ziemnych związanych z zasypaniem wykopu lub wznoszeniem nasypu.

3.2.1 Badania podłoża

Program badań podłoża powinien obejmować:

- badanie gruntów podłoża naturalnego i/lub gruntów do wykonania podsypki,
- badanie zagęszczenia podłoża i/lub obsypki filtracyjnej,
- badanie zagęszczenia podłoża,
- kontrolę rzędnych,
- kontrolę głębokości i przykrycia przewodu,
- odległości od sąsiadujących budowli i ewentualnego ich zabezpieczenia..

3.2.2 Badania przewodu i studzienek

Badania te powinny obejmować:

- ułożenie drenu na podłożu lub w obsypce filtracyjnej,
- odchylenie w planie osi drenu, zmiany kierunku w planie i w profilu,
- różnice rzędnych w profilu podłużnym,
- prawidłowości połączeń elementów i użytych materiałów,.

3.2.3 Badania robót ziemnych

Badania robót ziemnych obejmują badania podłoża, podsypek, obsypek i zasypek wykonywanych wokół rury i zasypki wykopu lub warstw wznoszonego nasypu. Należy je powiązać z innymi badaniami robót ziemnych prowadzonymi na budowanej drodze.

Zakres tych badań i sprawdzeń powinien obejmować co najmniej następujący zakres:

- sprawdzenie zgodności z dokumentacją,
- badanie gruntów do wykonania podsypek, zasypki i/lub obsypek filtracyjnych,
- badanie zagęszczenia układanych warstw ziemnych,

IV ZARZĄDZENIA, NORMY I DOKUMENTY ZWIĄZANE

Ustawy i rozporządzenia

- [1] Dz.U. nr 12/02 poz. 116 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.
- [2] Dz.U. nr 14/85 poz. 60 - Ustawa o drogach publicznych. (Tekst jednolity Dz.U. nr 71/2000 poz. 838)
- [3] Dz.U. nr 43/99 poz. 43 - Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.

Normy

- [5] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienia budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [6] PN-B-04452:1974 Grunty budowlane. Badania polowe.
- [7] PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [8] PN-B-10729:1999 Kanalizacja. Studzienki kanalizacyjne.
- [9] PN-B-12041:1992 Melioracje wodne. Obszar oddziaływania.
- [10] PN-B-12042:1998 Drenowanie. Projektowanie rozstawy i głębokość drenowania na podstawie kryteriów hydrauliczno-hydrologicznych.
- [11] PN-B-12043:1993 Drenowanie. Wykonawstwo. Roboty przygotowawcze.
- [12] PN-B-12075:1998 Drenowanie. Projektowanie rozstaw i głębokości drenowania na podstawie kryteriów glebowo-rolniczych.
- [13] Pr PN-EN 13252:2001 Geotekstylia i wyroby pokrewne. – Właściwości przy stosowaniu w systemach drenażowych.
- [14] PN-C-89221:1998 Rury z tworzyw sztucznych. Rury drenarskie karbowane z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U).
- [15] PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- [16] PN-S-10030:1985 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [17] PN-S-10040:1999 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania.
- [18] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [19] BN-8931-02:1964 Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą.
- [20] BN-8931-05:1970 Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika nośności gruntu jako podłoża nawierzchni podatnych.
- [21] BN-8950-03:1976 Budownictwo hydrotechniczne. Obliczanie współczynnika filtracji gruntów niespoistych na podstawie uziarnienia i porowatości.
- [22] PN-EN 1295-1:2002 Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia. Część 1: Wymagania ogólne.
- [23] PN-EN 1401:1999 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne bezciśnieniowe systemy przewodowe z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu.
- [24] pr EN 13476-1:2001 Plastic piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system.

Aprobaty techniczne

- [25] AT/98-03-0458 Rury drenarskie z polietylenu HDPE typu SKD i SKR wraz z wyposażeniem dodatkowym oraz studzienki rewizyjne SR/AROT z polietylenu HDPE – IBDiM Warszawa wraz ze zmianą nr 1/2000.
- [26] AT/99-02-0594 Rury drenarskie karbowane typu SKD i SKR i kształtki z polietylenu (PEHD) - COBRTI INSTAL Warszawa
- [27] AT/98-02-0501 Rury drenarskie karbowane i kształtki PVC-U - COBRTI INSTAL Warszawa
- [28] AT/98-03-499 Rury drenarskie WAVIN z PVC-U wraz z kształtkami - IBDiM Warszawa
- [29] AT/98-01-0468 Studzienki kanalizacyjne z PP i PVC - COBRTI INSTAL Warszawa
- [30] AT/98-03-0317 Studzienki niewłazowe WAVIN: kanalizacyjne i drenażowe - IBDiM Warszawa
- [31] AT/98-01-0405 Studzienka włazowa TEGRA z polietylenu - COBRTI INSTAL Warszawa

Wydawnictwa WAVIN Metalplast Buk

- [35] Katalog techniczny. Systemy drenarskie - czerwiec 2001r.
- [36] L.E. Janson, J. Molin. Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych - 1991r.
- [37] Katalog techniczny. Kanalizacja zewnętrzna, zestawienie wyrobów – styczeń 2002r.
- [38] Katalog techniczny. System kanalizacji grawitacyjnej i drenażu z rur PE/PP – październik 2001r.
- [39] Katalog techniczny. Studzienki rewizyjne TEGRA 1000, TEGRA 600 oraz ř315 i ř425 – czerwiec 2002r.

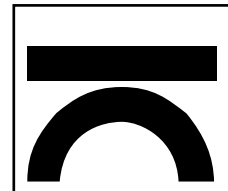
Inne

- [40] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. – IBDiM Warszawa 1997r.
- [41] St. Datka. Odwodnienie dróg i ulic. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności - Warszawa 1970r.
- [42] L.E. Janson. Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal. Borealis - Stockholm 1996
- [43] R. Edel. Odwodnienie dróg. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności - Warszawa 2000r.
- [44] Wskazówki projektowania odwodnienia wykopów budowlanych obiektów hydrotechnicznych. Centralny Urząd Gospodarki Wodnej - Warszawa 1968r.
- [45] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. – IBDiM 2001r.
- [46] Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym. – IBDiM 2002r.

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80

tel. sekr.: (0-22) 811 03 83, fax: (0-22) 811 17 92



APROBATA TECHNICZNA IBDiM

Nr AT/98-03-0500

Nazwa wyrobu: Rury kanalizacyjne WAVIN z PVC-U wraz z kształtkami

Wnioskodawca: WAVIN METALPLAST - BUK Sp. z o.o.

64-320 Buk

ul. Dobieżyńska 43

Termin ważności: 2003-10-31

B. AKCEPTACJA

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 19 grudnia 1994 r. w sprawie aprobat i kryteriów technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (Dz. U. Nr 10 z 1995 r., poz. 48, Dz. U. Nr 136 z 1995 r., poz. 672) w wyniku postępowania akceptacyjnego w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie na wniosek firmy:

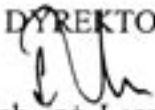
WAVIN METALPLAST - BUK Sp. z o.o.
64-320 Buk
ul. Dobieżyńska 43

stwierdza się przydatność do stosowania w inżynierii komunikacyjnej wyrobu pn.:

Rury kanalizacyjne WAVIN z PVC-U
wraz z kształtkami

w zakresie i na zasadach określonych w niniejszej Aprobacie Technicznej IBDiM.



DYREKTOR

prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

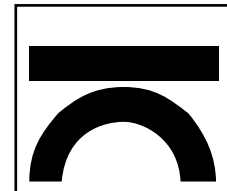
Warszawa, 29 października 1998 r.

K o n i e c

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80

tel. sekr.: (0-22) 811 03 83, fax: (0-22) 811 17 92



APROBATA TECHNICZNA IBDiM

Nr AT/98-03-0499

Nazwa wyrobu: Rury drenarskie WAVIN z PVC-U wraz z kształtkami

Wnioskodawca: WAVIN METALPLAST - BUK Sp. z o.o.

64-320 Buk

ul. Dobieżyńska 43

Termin ważności: 2003-10-31

B. AKCEPTACJA

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 19 grudnia 1994 r. w sprawie aprobat i kryteriów technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (Dz. U. Nr 10 z 1995 r., poz. 48, Dz. U. Nr 136 z 1995 r., poz. 672) w wyniku postępowania akceptacyjnego w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie na wniosek firmy:

WAVIN METALPLAST - BUK Sp. z o.o.

64-320 Buk

ul. Dobieżyńska 43

stwierdza się przydatność do stosowania w inżynierii komunikacyjnej wyrobu pn.:

Rury drenarskie WAVIN z PVC-U

wraz z kształtkami

w zakresie i na zasadach określonych w niniejszej Aprobacie Technicznej IBDiM.



DYREKTOR

prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

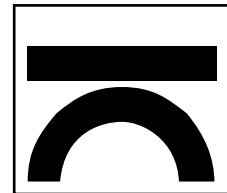
Warszawa, 29 października 1998 r.

K o n i e c

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80

tel. sekr.: (0-22) 811 03 83, fax: (0-22) 811 17 92



APROBATA TECHNICZNA IBDiM

Nr AT/98-03-0458

Nazwa wyrobu: Rury drenarskie z polietylenu HDPE typu SKD i SKR
wraz z wyposażeniem dodatkowym, oraz
studzienki rewizyjne SR/AROT z polietylenu HDPE

Wnioskodawca: AROT POLSKA Sp. z o.o.

64-100 Leszno

ul. Spółdzielcza 2

Termin ważności: 2003-08-31

B. AKCEPTACJA

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 19 grudnia 1994 r. w sprawie aprobat i kryteriów technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (Dz. U. Nr 10 z 1995 r., poz. 48, Dz. U. Nr 136 z 1995 r., poz. 672) w wyniku postępowania akceptacyjnego w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie na wniosek firmy:

AROT POLSKA Sp. z o.o.

64-100 Leszno

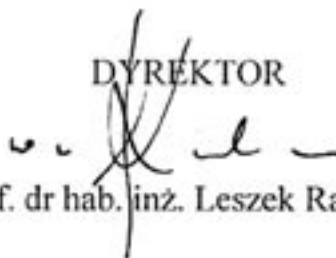
ul. Spółdzielcza 2

stwierdza się przydatność do stosowania w inżynierii komunikacyjnej wyrobu pn.:

Rury drenarskie z polietylenu HDPE typu SKD i SKR
wraz z wyposażeniem dodatkowym, oraz
studzienki rewizyjne SR/AROT z polietylenu HDPE

w zakresie i na zasadach określonych w niniejszej Aprobacie Technicznej IBDiM.



DYREKTOR

prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

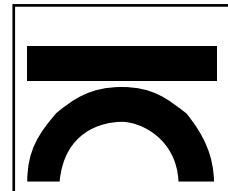
Warszawa, 19 sierpień 1998 r.

K o n i e c

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80

tel. sekr.: (0-22) 811 03 83, fax: (0-22) 811 17 92



APROBATA TECHNICZNA IBDiM

Nr AT/2000-04-0880

Nazwa wyrobu: Elementy systemu kanalizacyjnego Drokan DV:
rury z PEHD i PP, kształtki oraz studzienka

Wnioskodawca: AROT POLSKA Sp. z o.o.

64-100 Leszno

ul. Spółdzielcza 2

Termin ważności: 2005-07-10

B. AKCEPTACJA

Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 19 grudnia 1994 r. w sprawie aprobat i kryteriów technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (Dz. U. Nr 10 z 1995 r., poz. 48, Dz. U. Nr 136 z 1995 r., poz. 672) w wyniku postępowania akceptacyjnego w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie na wniosek firmy:

AROT POLSKA Sp. z o.o.

64-100 Leszno

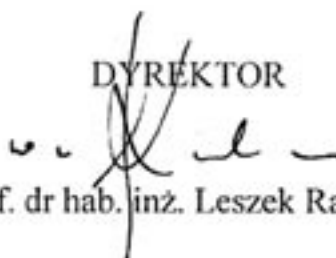
ul. Spółdzielcza 2

stwierdza się przydatność do stosowania w inżynierii komunikacyjnej wyrobu pn.:

Elementy systemu kanalizacyjnego Drokan DV:
rury z PEHD i PP, kształtki oraz studzienka

w zakresie i na zasadach określonych w niniejszej Aprobacie Technicznej IBDiM.



DYREKTOR

prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

Warszawa, 10 lipiec 2000 r.

K o n i e c



Wavin Metalplast-Buk Sp. z o.o.
ul. Dobieżyńska 43, 64-320 Buk
tel. 061/814-04-11
fax 061/814-02-00
internet: www.wavin.pl