


Obliczenia statyczno- wytrzymałościowe rurociągów wg metodologii Molina oraz metodologii ATV

Autor

Mateusz.Dybiec@pipelife.com

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek
z Tworzyw Sztucznych



The image features a dark blue background on the left side, transitioning to white on the right. On the left, there are several abstract geometric shapes: a large blue arrow pointing upwards and to the right, a yellow diagonal bar, and a blue horizontal bar. A light blue shape is also visible at the bottom left. The text is positioned on the white background on the right side.

ODDZIAŁYWANIE
MIĘDZY GRUNTEM
I ELASTYCZNĄ RURĄ
UMIESZCZONĄ
W GRUNCIE

RÓŻNICE W KLASYFIKACJI RUR

Podstawowym kryterium określającym zachowanie przewodów ułożonych w gruncie jest dopuszczalne odkształcenie względne ścianki przewodu (ε) wyrażone w procentach. Odkształcenia względne nie należy mylić z dopuszczalnym ugięciem przekroju poprzecznego przewodu. Przewody ułożone w gruncie możemy podzielić ze względu na dopuszczalne odkształcenie względne ścianek na:

- ▶ Sztywne
- ▶ Półsztywne
- ▶ Elastyczne (podatne)



RÓŻNICE W KLASYFIKACJI RUR

Przewody sztywne

- ▶ Odształcenie względne ścianki wynosi ($\sim 0\%$)
- ▶ Beton, kamionka, żeliwo
- ▶ Decydującym kryterium projektowym są naprężenia

Przewody półsztywne

- ▶ Odształcenia względne ścianki ($\sim 0,5\%$)
- ▶ Rury z żywic epoksydowych wzmocnianych włóknem szklanym
- ▶ Oprócz samej wytrzymałości materiału na naprężenia istotne są parametry zagęszczenia gruntu

Przewody elastyczne

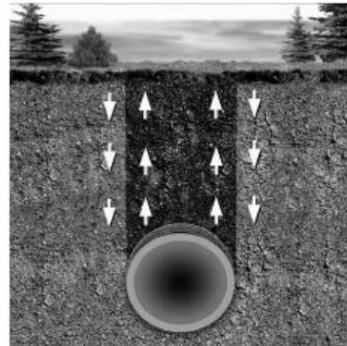
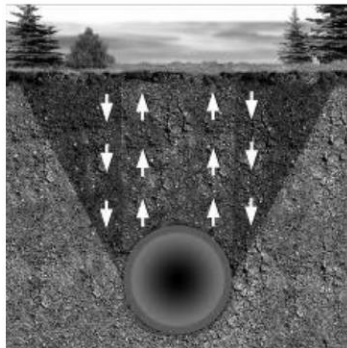
- ▶ Odształcenia względne ścianek ($< 5\%$)
- ▶ PVC-U, PE i PP
- ▶ Przewody te współpracują z ośrodkiem gruntowym i wspólnie stanowią układ statyczny

	Sztywne	Półsztywne	Elastyczne (podatne)
Czynniki określające nośność układu	Wytrzymałość materiału rury	Wytrzymałość materiału rury + sztywność gruntu	Sztywność obwodowa rury + sztywność gruntu
Charakterystyka statyczna układu	Rura stanowi samodzielny układ statyczny		Rura i grunt stanowią współpracujący układ statyczny
Dopuszczalne odkształcenie względne [%]	~ 0	~ 0,5	< 5
Kryteria projektowe	Naprężenie	Naprężenie / odkształcenie względne	Odkształcenie + stateczność



RÓŻNICE W PRZEKAZYWANIU OBCIĄŻENIA

- ▶ Obciążenie pionowe przekazywane na przewody jest uzależnione od wielu czynników, takich jak: rodzaj gruntu, wymiary geometryczne wykopu lub nasypu, sposób ułożenia przewodu, poziom wody gruntowej, odkształcenia przekroju poprzecznego przewodu.



RÓŻNICE W PRZEKAZYWANIU OBCIĄŻENIA

- ▶ Rury sztywne ułożone w gruncie przenoszą wszystkie obciążenia samodzielnie. Jeżeli obciążenie przekroczy wartość graniczną uzależnioną od wytrzymałości właściwej materiału, to rura sztywna ulegnie zniszczeniu.
- ▶ W przeciwieństwie do rur sztywnych rury elastyczne uginają się pod wpływem obciążenia bez pęknięcia, przy czym ugięcia mogą osiągać duże wartości.



Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe rur

Podczas projektowania systemów rur z materiałów sztywnych, półelastycznych oraz elastycznych można ocenić wytrzymałość konstrukcji w oparciu o stosowane metodyki obliczeniowe stanów granicznych oraz naprężeń krytycznych

1. Metodyka Molina tzw. Skandynawska
2. Metodyka niemiecka w oparciu o normę ATV-DVWK-A 127

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe rur

- ▶ **Metoda ATV** jest uniwersalna i dotyczy obliczania przewodów sztywnych oraz elastycznych z tworzyw sztucznych. W metodzie tej wpływ obciążenia na przewód, obliczany jest za pomocą teorii wytrzymałości belki na ściskanie. Wynikający nacisk jest podstawą do obliczenia momentów zginających, sił osiowych, naprężeń i odkształceń. W metodzie tej zawarty jest szeroki zakres obliczeń, do których trzeba przyjąć różnego rodzaju współczynniki, ażeby dojść do teoretycznych wartości ugięć rur w zależności od warunków wykonania montażu, kształtu wykopów, rodzaju gruntów itp.
- ▶ Znacznie łatwiejszą w użyciu jest **metoda skandynawska**, w której obliczenia ograniczają się do ustalenia ugięć teoretycznych wywołanych ciężarem gruntu i obciążeniem od nacisków dynamicznych wynikających z ruchu kołowego oraz dodaniu do tych ugięć, szacunkowych ugięć wynikających z warunków montażu i jakości podłoża.

The image features a dark blue background on the left side, which contains a large, stylized blue number '2'. A bright yellow diagonal bar extends from the top left towards the center. Below this bar, there are several overlapping geometric shapes: a dark blue trapezoidal shape, a light blue trapezoidal shape, and a white trapezoidal shape. The text 'Metoda Molina (skandynawska)' is positioned in the upper right area of the image.

Metoda Molina (skandynawska)

Ugięcie rur z tworzyw

Dla rur z tworzyw ugięcie przewodu wywołane obciążeniem od gruntu oraz od ruchu może być obliczone ze wzoru Spangler'a

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_q = \frac{0,083 * q}{16 * S_r + 0,122 * E'_s}$$

gdzie:

δ - strzałka ugięcia rury w przekroju poprzecznym [m]

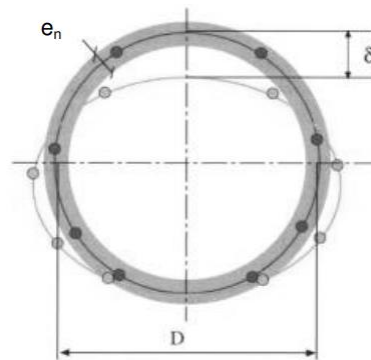
D - średnica rury mierzona w obojętnej osi zginania [m]

$\frac{\delta}{D}$ - ugięcie względne rury [%]

q - obciążenie pionowe [kN/m²]

S_r - sztywność obwodowa rury [kN/m²]

E'_s - moduł sieczny gruntu [kN/m²]



Obciążenia od gruntu

Obciążenie pionowe rury zasypem gruntowym można obliczyć z wyrażenia

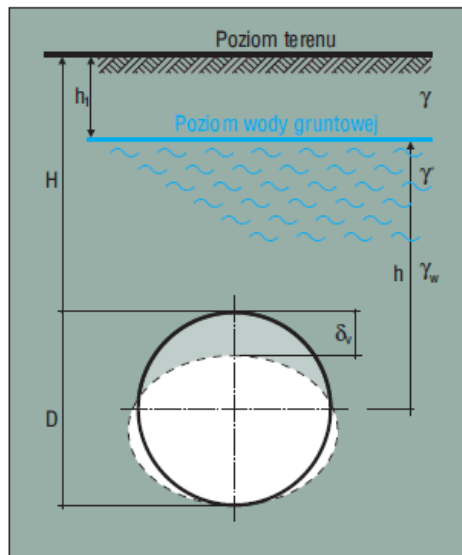
$$q_n = q_z + q_w$$

q_z - pionowe obciążenie gruntem [kN/m²]

$$q_z = \gamma \cdot h_1 + \gamma' \cdot (H - h_1)$$

q_w - ciężar wody [kN/m²]

$$q_w = \gamma_w \cdot h$$



Gdzie:

γ - ciężar właściwy gruntu zasypki [kN/m³]

γ' - ciężar właściwy gruntu zasypki z uwzględnieniem siły wyporu [kN/m³]

γ_w - ciężar właściwy wody

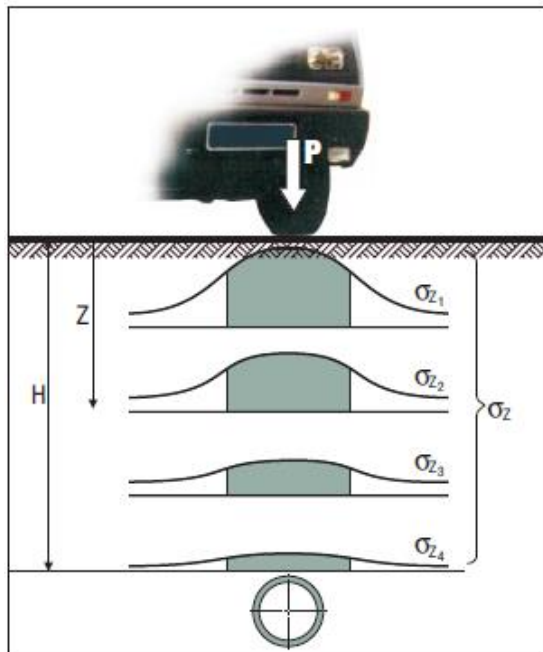
H - miąższość warstwy zasypki powyżej rury

h_1 - odległość pomiędzy zwierciadłem wody gruntowej, a powierzchnią terenu

Obciążenia od ruchu kołowego

Wpływ ruchu kołowego w obciążeniach działających na rurę jest uwzględniany przez rozkład nacisków zgodnie z teorią Boussinesq'a.

Przyjmuje się model obciążeń zgodny z założeniem: Nacisk na 1 koło wynosi 130 kN, na oś z dwoma kołami wynosi 260 kN. Powierzchnia styku koła 0,6 x 0,2 m



Stan graniczny użytkowania - ugięcie

Dla rur ułożonych w gruncie ugięcie uwarunkowane jest przez zewnętrzne obciążenie, sztywność rury, jakość obsypki i podłoża oraz przez rodzaj zastosowanej technologii montażu.



Wpływ warunków wykonawstwa

- ▶ Ugięcie początkowe, spowodowane zewnętrznym obciążeniem pionowym, dla rur zasypywanych gruntem sypkim (np. piaskiem lub żwirem) wynosi zazwyczaj 2% do 4%.
- ▶ Z wieloletnich obserwacji terenowych wynika, że znaczna część ugięcia spowodowana jest pracami wykonawczymi. Z tego powodu w celu określenia maksymalnego odkształcenia początkowego, do odkształcenia obliczonego od obciążeń należy dodać ugięcie wynikające z zastosowanej metody montażu oraz warunków podłoża.

$$\left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{mp} = \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_q \cdot 100 + I_f + B_f$$

Gdzie:

$\left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{mp}$ - maksymalne ugięcie

początkowe [%]

$\left(\frac{\delta_v}{D}\right)_q \cdot 100$ - obliczeniowe

teoretyczne ugięcie wywołane obciążeniem gruntu i naziomu [%]

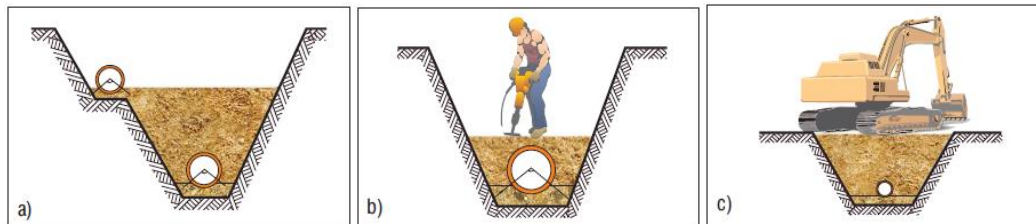
I_f - składowa ugięcia rury wynikające z warunków montażu [%]

B_f - składowa ugięcia rury wynikająca z warunków podłoża [%]

Składowa montażu I_f

Na wartość składowej montażu I_f wpływają warunki budowy:

- ▶ rzeczywisty kształt montażu wykopu
- ▶ metoda i rodzaj użytego sprzętu do zagęszczenia
- ▶ natężenie ruchu podczas budowy

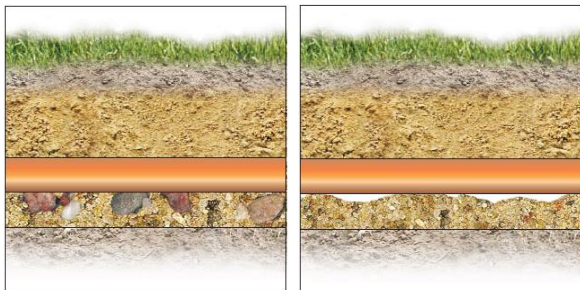


Orientacyjne wartości składowej montażu rur I_f	
Metoda montażu	Składowa montażu I_f [%]
Rura w wykopach stopniowych - bez nadzoru - z nadzorem	1 - 2 0
Duże obciążenie ruchem pojazdów budowlanych i $H < 1.5$ m	1 - 2
Zagęszczenie zasypki wykopu powyżej rury przy pomocy ciężkiego sprzętu, $P > 0.6$ kN	0 - 1

Składowa podłoża B_f

Na wartość składowej ugięcia B_f Składają się:

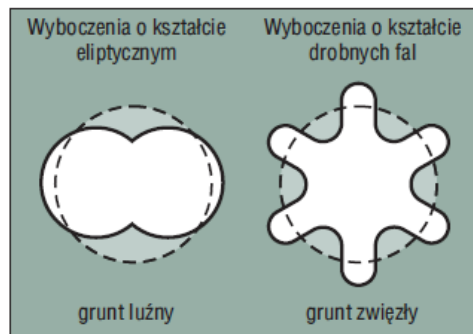
- ▶ Warunki w dnie wykopu
- ▶ Jakość wykonawstwa, umiejętności ekipy montażowej



Orientacyjne wartości składowej podłoża B_f		
Warunki w dnie wykopu (jakość podłoża)	Składowa podłoża B_f [%]	
	Wykonawstwo	
	Staranne	Zwykłe
Bez nadzoru		
- bez kamieni	2	4
- grunt z kamieniami i gładzami	3	5
Z nadzorem		
- bez kamieni	1	2
- z kamieniami	2	3

Stan graniczny nośności – wyboczenie

Pod wpływem zewnętrznego ciśnienia gruntu powstają siły ściskające działające obwodowo na ściankę rury. Jeżeli siły te są duże, mogą spowodować uszkodzenie powstałe w wyniku wyboczenia ścianki rury.



Minimalna niezbędna wartość stosunku grubości ściany do średnicy rury (e/D), dla rury z PVC ze względu na ryzyko wystąpienia wyboczenia wynosi:

Ruch drogowy	(e/D)
Nie występuje	0,02
Występuje	0,025
	0,03

Przykład obliczeniowy

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Parametry rury:

Typ rury: PP gładka
Średnica rury: 400 [mm]
Moduł Younga rury: 1150 [MPa]
Sztwność obwodowa rury SN: 16 [kPa]
Limit ugięcia krótkotrwałego: 9,00 [%]
Limit ugięcia długotrwałego: 15,00 [%]
Ruch kołowy: Ciężarowy

Parametry gruntu i otoczenia:

Ilość warstw: 1
Warstwa 1: Żwirny i pospółki, ciężar właściwy: 19,0 [kN/m³]
Instalacja: Wykop stopniowy bez nadzoru (współczynnik lf = 1,5 [%])
Podłoże: Z nadzorem, bez kamieni, wyk. zwykle (współczynnik Bf = 2,0 [%])
Zagęszczenie gruntu wokół rury w/g ZMP: 90 [%]

Parametry wykopu:

Zagłębienie: -1,10 [m]
Poziom wody: -8,00 [m]

Wyniki obliczeniowe ugięć:

Obciążenie sumaryczne: 135,70 [kPa]
Ugięcie początkowe: 5,85 [%]
Ugięcie długotrwałe: 8,21 [%]

Maksymalne obciążenie ze względu na wyboczenia:

Współczynnik bezpieczeństwa: 2,0
Pmax - dla gruntów zwięzłych: 680,09 [kPa]
Pmax - dla gruntów luźnych: 1408,00 [kPa]

A large, stylized number '3' is positioned on the left side of the slide. It is composed of several overlapping geometric shapes: a dark blue background, a yellow diagonal bar, a dark blue horizontal bar, and a light blue vertical bar. The text 'Metoda ATV' is located to the right of the graphic.

Metoda ATV

Metoda ATV

Przeznaczona jest do obliczeń statycznych kanałów i przewodów kanalizacyjnych układanych w gruncie

Przedstawia sposób obliczeń odpowiadający aktualnemu stanowi wiedzy, który pozwala na przeprowadzenie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych rur o różnych sztywnościach różnych warunkach zasypywania i posadowienia

Pozwala na wybór różnych parametrów obliczeniowych. Podane tutaj charakterystyki materiałów konstrukcyjnych i podłoża są dostosowane do sposobów prowadzenia obliczeń, tak aby zapewniona była dobra zgodność z wynikami badań elementów budowli.

Rodzaje gruntów

G1: grunty niespoiste:

- ▶ Żwir o nieciągłym uziarnieniu (GE); Żwir o ciągłym uziarnieniu, pospółka (GW); Pospółka o nieciągłym uziarnieniu (SE); Piaski o ciągłym uziarnieniu, pospółka (SW), Pospółka (SI)

G2: grunty słabospoiste:

- ▶ Żwir ilasty, pospółka ilasta o nieciągłym uziarnieniu (GU); Żwir gliniasty, pospółka gliniasta o nieciągłym uziarnieniu (GT); Piasek ilasty, mieszanka piaskowo-ilasta o nieciągłym uziarnieniu (SU); Piasek gliniasty, mieszanka piaskowo-gliniasta o nieciągłym uziarnieniu (ST)

G3: grunty spoiste mieszane, pył:

- ▶ Żwir ilasty, pospółka ilasta o nieciągłym uziarnieniu (GU); Żwir gliniasty, pospółka gliniasta o nieciągłym uziarnieniu (GT), Piasek ilasty, mieszanka piaskowo-ilasta o nieciągłym uziarnieniu (SU); Piasek gliniasty, mieszanka piaskowo-gliniasta o nieciągłym uziarnieniu (ST); Ił nieorganiczny, piasek drobny, mączka kamienna, piasek gliniasty i ilasty (UL); Gлина nieograniczona, bardzo plastyczna glina (UM)

G4: grunty spoiste:

- ▶ Nieorganiczne gliny, gliny wyraźnie plastyczne (TL), (TA); Organiczny ił i organiczna ilasta glina (OU); Organiczna glina, glina z organicznymi domieszkami (OT), Mieszane grunty ziarniste z domieszką humusu lub kredy (OK); Torf, inne wysoko organiczne grunty

Rodzaje gruntów

Grupa gruntów	Ciężar objętościowy	Ciężar właściwy przy działającej sile wyporu	Kąt tarcia wewnętrz- nego	Moduł odkształcenia E_s [N/mm ²] o stopniu zagęszczenia D_{Pr} [%]						Współczy- nnik redukcyjny dla pełzania
				γ_s [kN/m ³]	γ_s' [kN/m ³]	φ' [°]	85	90	92	
G1	20	11	35	2	6	9	16	23	40	1,0
G2	20	11	30	1,2	3	4	8	11	20	1,0
G3	20	10	25	0,8	2	3	5	8	13	0,8
G4	20	10	20	0,6	1,2	2	4	6	10	0,5

Obciążenia komunikacyjne – pojazdy standardowe

Pojazd standardowy	Ciężar całkowity	Nacisk na jedno koło	Szerokość powierzchni przylegania opony	Długość powierzchni przylegania opony
	kN	kN	m	m
SLW 60	600	100	0,6	0,2
SLW 30	300	50	0,4	0,2
LKW 12	120	Z przodu 20 Z tyłu 40	0,2 0,3	0,2 0,2

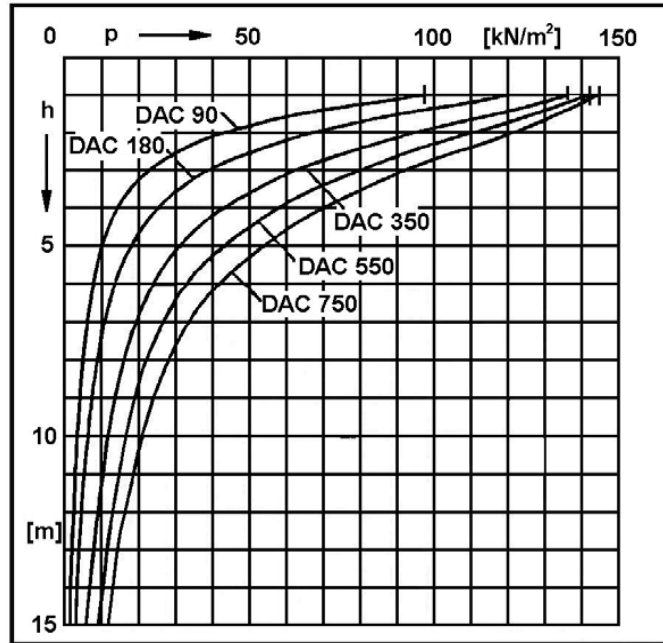
Obciążenia komunikacyjne – tabor kolejowy

Przy określaniu naprężeń pionowych w gruncie wywołanych przez obciążenie taborem kolejowym, uwzględnia się oddziaływanie szyn i podkładów mające wpływ na rozkład naprężeń.

h	p w kN/m ²	
	1 tor	2 i więcej torów
m		
1,50	48	48
2,75	39	39
5,50	20	26
≥10,00	10	15
Wartości pośrednie uzyskuje się przez interpolację liniową		

Obciążenia komunikacyjne – obciążenia samolotami

Dla określenia obciążeń
miarodajne są schematy
DAC 90 do DAC 750
opracowane przez
Stowarzyszenie
Niemieckich Portów
Lotniczych lub dane
odpowiednich zarządów
lotnisk



Warunki zasypywania wykopów kanalizacyjnych

- A1** Warstwowe zagęszczenie wykopu połączone z zagęszczeniem każdej warstwy, przy ścianach wykopu z gruntu rodzimego (bez kontroli stopnia zagęszczenia; obowiązuje również dla wykopów zabezpieczonych metodą berlińską)
- A2** Przy zastosowaniu obudowy pionowej wykopu z użyciem niskich profili stalowych, wyciąganych dopiero po wypełnieniu wykopu.
Przy zastosowaniu obudowy przenośnej lub przesuwnej wyciąganej stopniowo podczas wypełniania wykopu.
Wypełnianie wykopu bez zagęszczenia.
Zamulanie wykopu (tylko przy gruntach G1)
- A3** Przy zastosowaniu pionowej obudowy wykopu ze ścianek szczelnych, lekkich ścianek szczelnych, bali drewnianych, płyt przenośnych lub przesuwnych wyciąganych dopiero po wypełnieniu wykopu
- A4** Warstwowe zagęszczenie wykopu połączone z zagęszczeniem każdej warstwy przy ścianach wykopu z gruntu rodzimego ze sprawdzeniem stopnia zagęszczenia; obowiązuje również dla ścianek zabezpieczonych metodą berlińską. Warunek A4 nie ma zastosowania do gruntów G4

Warunki posadowienia dla przewodu rurowego

- B1** Warstwowe wypełnianie wykopu połączone z zagęszczeniem posadowienia przewodu, przy ścianach wykopu z gruntu rodzimego, względnie warstwowe zagęszczenie posadowienia przewodu w nasypie (bez kontroli stopnia zagęszczenia), dotyczy to również obudowy wykopu typu berlińskiego
- B2** Obudowa pionowa w strefie ułożenia przewodu z użyciem niskich profili stalowych sięgających dna wykopu i ciągnących dopiero po wypełnieniu i zagęszczeniu zasypki. Przenośne lub przesuwne segmentowe elementy obudowy wykopów przy założeniu, że grunt zostanie zagęszczony po jej wyciągnięciu
- B3** Obudowa pionowa w strefie ułożenia przewodu w postaci ścianki szczelnej lub lekkiej ścianki szczelnej i zagęszczenie w obrębie obudowy sięgającej poniżej dna wykopu
- B4** Warstwowe wypełnienie wykopu połączone z zagęszczeniem posadowienia przewodu, przy ścianach wykopu z gruntu rodzimego, względnie warstwowe zagęszczenie posadowienia przewodu w nasypie, z kontrolą stopnia zagęszczenia. Warunek posadowienia B4 nie ma zastosowania przy gruntach grupy G4

Współczynniki bezpieczeństwa z uwagi na utratę nośności

Klasa bezpieczeństwa A

- ▶ Zagrożenie wód gruntowych
- ▶ Negatywny wpływ na użytkowanie sieci kanalizacyjnej
- ▶ Wystąpienie awarii powoduje istotne straty ekonomiczne

Klasa bezpieczeństwa B

- ▶ Brak zagrożenia wód gruntowych
- ▶ Niewielki wpływ na użytkowanie sieci kanalizacyjnej
- ▶ Wystąpienie awarii nie powoduje istotnych strat ekonomicznych

Metoda ATV – współczynniki bezpieczeństwa

Klasa bezpieczeństwa

Różnica pomiędzy 'Klasą bezpieczeństwa A' a 'Klasą bezpieczeństwa B' jest przewidziana w wytycznych ATV-DVWK-A 127 o tyle, że 'Klasa bezpieczeństwa B' może być zakładana tylko wyjątkowo, gdy zachodzą poniższe warunki:

- Brak zagrożenia dla wód gruntowych
- Niewielkie utrudnienia w użytkowaniu
- Awaria przynosi niewielkie straty ekonomiczne

Uwzględnienie odkształcenia wstępnego typu A przy sprawdzaniu odkształcenia

„Wstępne odkształcenie typu A” uwzględnia odkształcenie rury (owalizację) przed zastosowaniem obciążeń, np. przy produkcji, magazynowaniu, transporcie. Wartość tę należy podać, ponieważ tylko wtedy wymagane bezpieczeństwo wybooczenia może zostać zmniejszone do 2,0. Jeśli nie ma więcej dostępnych parametrów, wstępne odkształcenia mogą wynosić 1% zgodnie z ATV-DVWK-A 127.

Mniejszy wsp. bezpieczeństwa dla ściskania

Wytyczne ATV M 127 wymagają mniejszych zapasów bezpieczeństwa dla warunku wydłużeń i ściskania dla rur PE-HD. Obliczając rurę PE-HD można wybrać 'tak (ATV-M 127, tylko dla PE-HD)' pod 'mniejsze wsp. bezpieczeństwa dla ściskania'.

Metoda ATV – dopuszczalne ugięcia

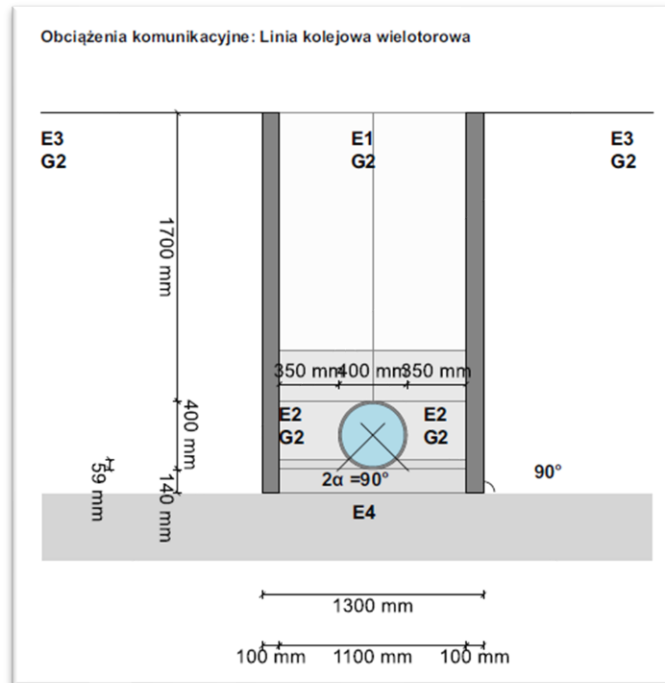
Dopuszczalne odkształcenie

- ▶ Wybór **dopuszczalnego odkształcenia '6%'** lub **'9%'** jest przewidziany w ATV-DVWK-A 127 (dla wykopów otwartych, dla rur tworzywowych)
 - 6% – przypadek standardowy – maksymalny poziom ugięcia dopuszczony w kolejach polskich
 - 9% – uzasadniony przypadek dopuszczalny w uzgodnieniu z Inwestorem

Metoda ATV – przykład obliczeniowy

Dane wejściowe

- ▶ Rura o jednolitej ścianie PP
DN 400
- ▶ Grunt G2
- ▶ Przykrycie 1,7 m
- ▶ Linia kolejowa wielotorowa
- ▶ Warunki zasyпки A3
- ▶ Warunki instalacji B1



Metoda ATV – wyniki obliczeń

Przypadek obciążeń krótkookresowych

Warunek naprężeń

		sklepienie	Oś symetrii	niweleta	
Współczynnik bezpieczeństwa na zewnątrz	γ	-4,704	11,318	-3,289	[-]
Współczynnik bezpieczeństwa wewnątrz	γ	10,084	-6,045	6,347	[-]
(Współczynniki bezpieczeństwa dla ściskania zostały oznaczone minusem)					
Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przez rozerwanie:			erf γ_{RBZ}	2,50	[-]
Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przy ściskaniu:			erf γ_{RBD}	2,50	[-]

Wszystkie obliczone współczynniki bezpieczeństwa dla warunku naprężeń są wystarczające

2.2.2.2 Sprawdzenie odkształcenia

Całkowite odkształcenie pionowe (typ A + typ B):	$\delta_{v,Ges}$	3,02	%
Dopuszczalne odkształcenie:	zul δ_v	6,00	%

Wyznaczone odkształcenie jest mniejsze niż dopuszczalne

Metoda ATV – wyniki obliczeń

Przypadek obciążeń długookresowych

Warunek naprężeń

		sklepienie	Oś symetrii	niweleta	
Współczynnik bezpieczeństwa na zewnątrz	γ	-4,414	16,154	-2,905	[-]
Współczynnik bezpieczeństwa wewnątrz	γ	11,312	-5,867	6,052	[-]
(Współczynniki bezpieczeństwa dla ściskania zostały oznaczone minusem)					
Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przez rozerwanie:			erf γ_{RBZ}	2,50	[-]
Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przy ściskaniu:			erf γ_{RBD}	2,50	[-]

Wszystkie obliczone współczynniki bezpieczeństwa dla warunku naprężeń są wystarczające

2.2.3.2 Sprawdzenie odkształcenia

Całkowite odkształcenie pionowe (typ A + typ B):	$\delta_{v,Ges}$	3,37	%
Dopuszczalne odkształcenie:	zul δ_v	6,00	%

Wyznaczone odkształcenie jest mniejsze niż dopuszczalne

Metoda ATV – wyniki obliczeń

Test stateczności

Obciążenia ziemią i ruchem

Krytyczne sumaryczne obciążenie pionowe:	krit q_v	1 258,6	kN/m ²
Całkowite obciążenie pionowe:	q_v	89,79	kN/m ²
Współczynnik bezpieczeństwa stabilności:	$\gamma_{\text{Stab,rad}}$	14,02	[-]
Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, utrata stateczności:	erf γ_{stab}	2,50	[-]

Wyznaczone współczynniki bezpieczeństwa dla stabilności są wystarczające

Dopiero po sprawdzeniu wszystkich współczynników bezpieczeństwa możemy stwierdzić, że rura jest w stanie pracować w danych warunkach bez problemu



Dziękuję!

Zapraszam do odwiedzenia

www.prik.pl

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek
z Tworzyw Sztucznych

