

DOBÓR KSZTAŁTEK DO SYSTEMÓW RUROWYCH. SZTYWNOŚCI OBWODOWE

1. WPROWADZENIE

W branży związanej z projektowaniem i budową systemów kanalizacyjnych, istnieją sprzeczne opinie na temat doboru kształtek do określonej klasy rur. Problem dotyczy rur i kształtek gładkościennych PVC-U, PP i PE do budowy grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych. Wynika to z faktu, że w przypadku kształtek gładkościennych litych, sztywność obwodową można określać na podstawie grubości ścianki lub na podstawie badań. Ponieważ są to zazwyczaj dwie różne wielkości, zachodzi pytanie, którą z nich kierować się przy stosowaniu kształtek z rurami o określonej klasie sztywności. Zagadnienie to, nie dotyczy kształtek o ściance strukturalnej, gdzie sztywność obwodowa określana jest wyłącznie na podstawie badań. W niniejszym referacie przedstawiono zapisy odnośnych norm i wyniki przeprowadzonych badań, które pozwolą na jednoznaczną weryfikację panujących opinii.

2. SPRZECZNE OPINIE

Opinie na temat doboru kształtek, można generalnie podzielić na dwie grupy, wynikające z odmiennej interpretacji norm oraz odmiennych preferencji. Pierwsza grupa wyraża przekonanie, że kształtki powinny posiadać taką samą grubość ścianki oraz klasę sztywności obwodowej jak rury. Druga grupa twierdzi, że należy przede wszystkim kierować się realną sztywnością obwodową kształtki, wyznaczoną na podstawie badań.

Żeby rozstrzygnąć kto ma rację, w pierwszej kolejności sięgniemy do odnośnych polskich norm.

3. NORMY

Poniżej przedstawiono fragmenty polskich norm odnoszących się do sztywności obwodowych kształtek, poprzedzone terminami i definicjami używanymi w normach.

3.1. Terminy i definicje

3.1.1. Stosunek wymiarów znormalizowanych SDR

Liczbowe oznaczenie, które jest dogodną liczbą zaokrągloną i w przybliżeniu równą ilorazowi nominalnej średnicy zewnętrznej d_n , i nominalnej grubości ścianki e_n .

3.1.2. Seria S

Liczbowe oznaczenie, które wiąże się z SDR następującą zależnością:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

3.1.3. Sztywność obwodowa rury

Właściwość mechaniczna rury, która stanowi miarę odporności na ugięcie obwodowe wywołane siłą zewnętrzną, wyznaczana zgodnie z EN ISO 9969.

3.1.4. Sztywność obwodowa kształtki

Właściwość mechaniczna kształtki, która stanowi miarę odporności na ugięcie obwodowe wywołane siłą zewnętrzną, wyznaczana zgodnie z ISO 13967.

3.1.5. Klasa sztywności obwodowej (nominalna sztywność obwodowa) SN

Liczbowe oznaczenie sztywności obwodowej rury lub kształtki, które jest dogodną liczbą zaokrągloną i określa minimalną wymaganą sztywność obwodową rury lub kształtki, w kiloniutonach na metr kwadratowy (kN/m²).

3.1.6. Rura i kształtka gładkościenna o litej ściance

Rura lub kształtka o gładkiej powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej, z tego samego tworzywa/receptury na przekroju ścianki.

3.1.7. Rura i kształtka gładkościenna o ściance strukturalnej

Rura lub kształtka o gładkiej powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej, której ścianki zewnętrzne i wewnętrzne połączone są żebrami lub pośrednimi termoplastycznymi warstwami spienionymi lub niespienionymi (typ A wg PN-EN 13476-2).

3.2. PN-EN 1401-1:2009

Norma dotyczy rur i kształtek gładkościennych, litych z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PVC-U) stosowanych w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych.

Fragmety normy odnośnie sztywności obwodowej kształtek:

„Kształtka spełniająca wymagania niniejszej Normy Europejskiej i mająca taką samą grubość ścianki jak odpowiadająca jej rura, ze względu na geometrię wykazuje sztywność co najmniej równą sztywności takiej rury. W konsekwencji, kształtki klasyfikowane są sztywnościami odpowiadających im rur. Rzeczywista wartość sztywności kształtki może być oznaczona zgodnie z ISO 13967”.

„Kształtki zgodne z niniejszą normą ze względu na geometrię mają sztywność większą niż sztywność odpowiadających im rur. Stąd też poniższe ma zastosowanie:

- a) kształtki cechowane SDR 41 mogą być stosowane z rurami do klasy SN 8 (SDR 34) włącznie;*
- b) kształtki o DN ≥ 400 cechowane SDR 51 mogą być stosowane z rurami do klasy SN 4 (SDR 41) włącznie”.*

3.3. PN-EN 12666-1:2007

Norma dotyczy rur i kształtek gładkościennych, litych z polietylenu (PE) stosowanych w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych.

Fragmety normy odnośnie sztywności obwodowej kształtek:

„Kształtka spełniająca wymagania niniejszej normy i mająca taką samą grubość ścianki jak odpowiadająca jej rura, ze względu na geometrię wykazuje sztywność co najmniej równą sztywności takiej rury. Rzeczywista wartość sztywności kształtki może być oznaczana zgodnie z EN ISO 13967”.

3.4. PN-EN 13476-1:2009

Norma dotyczy rur i kształtek o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) stosowanych w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych.

Fragmety normy odnośnie sztywności obwodowej kształtek:

„Ze względu na swą geometrię kształtki o litych ściankach mają większą sztywność niż odpowiadające im rury z tej samej serii. Dlatego zalecane klasy sztywności/serie grubości ścianek kształtek stosowanych z rurami o ściankach strukturalnych podano w Tablicy B.2.”

Tablicę B.2. przytoczono poniżej (patrz Tablica 1).

Tablica 1. Minimalne klasy kształtek zalecane do stosowania z rurami o ściankach strukturalnych

| Klasa sztywności rury | Minimalna sztywność kształtek zgodnie z: | | Minimalne serie grubości ścianek kształtek zgodne z: | | |
|-----------------------|--|----------------------------|--|---------------------------|----------------------------|
| | EN 13476-2 i EN 13476-3 | EN 14758-1 ^[33] | EN 1852-1 ^[31] | EN 1401-1 ^[30] | EN 12666-1 ^[32] |
| SN 2 | SN 2 | SN 4 | S 20 | SDR 51 | SDR 33 |
| SN 4 | SN 4 | SN 4 | S 20 | SDR 51 | SDR 33 |
| SN 8 | SN 8 | SN 8 | S 16 | SDR 41 | SDR 26 |
| SN 16 | SN 16 | - | S 11.2 lub S 13.3 | SDR 34 | SDR 21 |

3.5. PN-EN 1852-1:2009

Norma dotyczy rur i kształtek gładkościennych litych z polipropylenu (PP) stosowanych w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych.

Fragmety normy odnośnie sztywności obwodowej kształtek:

„Kształtka spełniająca wymagania niniejszej normy i mająca taką samą grubość ścianki jak odpowiadająca jej rura ze względu na geometrię wykazuje sztywność co najmniej równą sztywności takiej rury. Rzeczywista wartość sztywności kształtki może być oznaczana zgodnie z ISO 13967”.

3.6. Wnioski

Z przytoczonych norm wynika, że minimalna sztywność obwodowa rur i kształtek gładkościennych litych, może być określona na podstawie wartości SDR (klasa sztywności), lub na podstawie przeprowadzonych badań (sztywność rzeczywista). Rzeczywistą sztywność obwodową rur wyznacza się wg EN ISO 9969, natomiast kształtek wg EN ISO 13967. Stwierdza się, że kształtka posiadająca taką samą grubość ścianki jak odpowiadająca jej rura, ze względu na geometrię (konstrukcję, kształt) wykazuje sztywność co najmniej równą sztywności rury. Dwie z przytoczonych norm (PN-EN 1401-1 oraz PN-EN 13476-1) dopuszczają stosowanie kształtek o niższej klasie sztywności obwodowej (mniejszej grubości ścianki) niż łączone z nimi rury.

W tablicy 2 zestawiono dopuszczone do stosowania przez normy, minimalne klasy sztywności obwodowej kształtek gładkościennych litych z odpowiadającymi im klasami sztywności rur gładkościennych litych i gładkościennych o ściance strukturalnej.

Tablica 2

| Rury | Kształtki | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|
| | PVC-U wg PN-EN 1401-1 | | | PP wg PN-EN 1852-1 | | |
| PVC-U wg PN-EN 1401-1 | SN | SDR | S | SN | SDR | S |
| SN2 | 2 | 51 | 25 | 2 | 41 | 20 |
| SN4 | 4 (2*) | 41 (51*) | 20 (25*) | 4 (2*) | 33 (41*) | 16 (20*) |
| SN8 | 4 | 41 | 20 | 4 | 33 | 16 |
| PVC-U i PP typ A wg PN-EN 13476-2 | PVC-U wg PN-EN 1401-1 | | | PP wg PN-EN 1852-1 | | |
| | SN | SDR | S | SN | SDR | S |
| SN2 | 2 | 51 | 25 | 2 | 41 | 20 |
| SN4 | 2 | 51 | 25 | 2 | 41 | 20 |
| SN8 | 4 | 41 | 20 | 4 | 33 | 16 |
| SN16 | 8 | 34 | 16,5 | 8 | 27,6 | 13,3** |

* - dla kształtek o DN ≥ 400 mm

** - dla kształtek wtryskowych

4. WYZNACZANIE RZECZYWISTEJ SZTYWNOŚCI OBWODOWEJ

Procedury wyznaczania rzeczywistej sztywności obwodowej rur i kształtek są odmienne i przebiegają według różnych dokumentów odniesienia. Porównanie obydwu procedur pozwala zrozumieć końcowe wyniki, świadczące o wiele większej sztywności kształtek w porównaniu z rurami wykonanymi z tego samego materiału i o tej samej wartości SDR.

4.1. Wyznaczanie sztywności obwodowej rur

Badanie przebiega zgodnie z PN-EN ISO 9969 „Rury z tworzyw termoplastycznych. Oznaczanie sztywności obwodowej”.

Sztywność obwodową wyznacza się na podstawie badania trzech próbek i wylicza jako średnią z trzech wartości. Próbkę jest ściskana ze stałą prędkością. Rejestrowana jest siła i odkształcenie aż do osiągnięcia odkształcenia minimum 0,03 średnicy wewnętrznej.

Sztywność obwodową danej próbki wylicza się ze wzoru:

$$S = \frac{(0,0186 + 0,025 \frac{y}{d_i}) \cdot F}{L \cdot y} \cdot 10^6 \quad (1)$$

gdzie:

F - siła odpowiadająca 3 % ugięciu rury

y - ugięcie rury

d_i - średnica wewnętrzna rury

L - długość próbki (rury)

Dla rur o średnicy nominalnej do 1500 mm włącznie, L = 300 ±10 mm

Podstawiając $\frac{y}{d_i} = 0,03$ i przekształcając wzór, otrzymamy:

$$S = \frac{(18600 + 750) \cdot F}{L \cdot y} \quad (2)$$

4.2. Wyznaczanie sztywności obwodowej kształtek

Badanie przebiega zgodnie z ISO 13967 „Kształtki z tworzyw termoplastycznych. Oznaczanie sztywności obwodowej”.

Sztywność obwodową danego typu kształtki, podobnie jak dla rur, wyznacza się na podstawie badania trzech kształtek i wylicza jako średnią z trzech wartości. Kształtka jest ściskana ze stałą prędkością. Rejestrowana jest siła i odkształcenie aż do osiągnięcia odkształcenia minimum 0,03 średnicy wewnętrznej.

Sztywność obwodową danej kształtki wylicza się ze wzoru:

$$S = \frac{18600 \cdot F}{L \cdot y} \quad (3)$$

gdzie:

F - siła odpowiadająca 3 % ugięciu kształtki

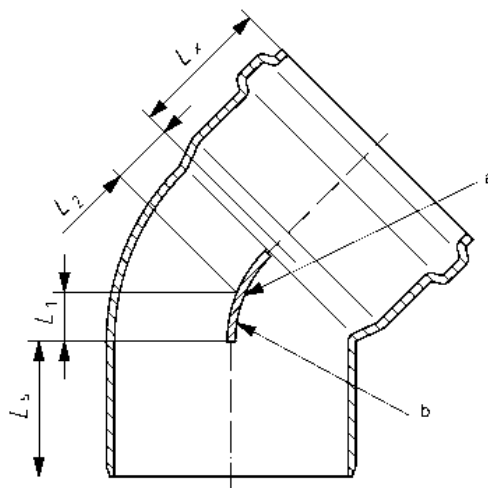
y - ugięcie kształtki

L - długość obliczeniowa

Długość obliczeniowa zależy od rodzaju kształtki. Poniżej przedstawiono sposoby wyznaczania długości obliczeniowej dla kolana i trójkąta

Długość obliczeniowa dla kolana (patrz rys.1):

$$L = L_1 + L_2$$



Rys.1. Wyznaczanie długości obliczeniowej dla kolana

Oznaczenia dla rysunku 1:

Ls – długość białego końca kształtki

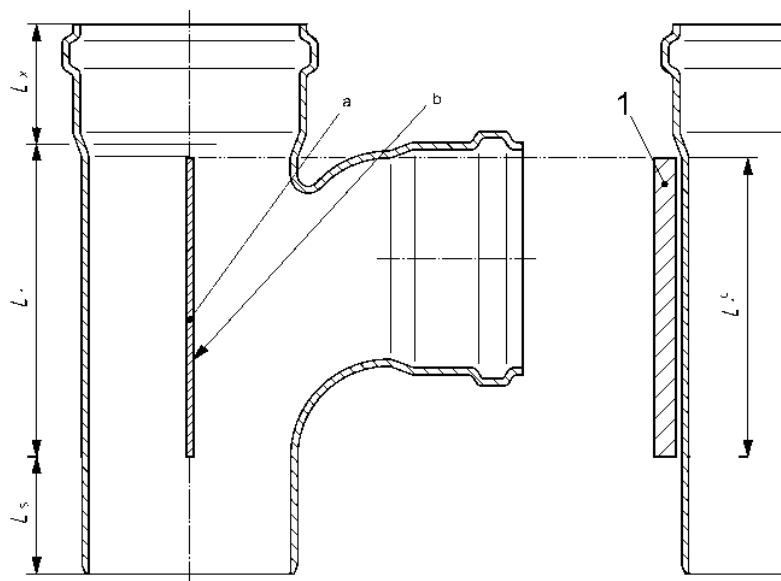
Lx – głębokość kielicha

a – punkt pomiaru ugięcia

b – długość obszaru przyłożenia siły

Długość obliczeniowa dla trójnika (patrz rys.2):

$$L = L_1$$



Rys.2. Wyznaczanie długości obliczeniowej dla trójnika

Oznaczenia dla rysunku 2:

- 1 – płyta dociskająca
- Ls – długość bosego końca kształtki
- Lx – głębokość kielicha
- a – punkt pomiaru ugięcia
- b – długość obszaru przyłożenia siły

4.3. Porównanie metod wyznaczania sztywności obwodowej rur i kształtek

Porównując przebieg badań i wzory do wyliczania sztywności widzimy, że głównym parametrem różnicującym obydwie metody jest długość obliczeniowa L.

W przypadku rur o średnicach do 1500 mm długość obliczeniowa wynosi około 300 mm, natomiast w przypadku kształtek jest wyznaczana i zależy od rodzaju kształtki. Analizując rysunki 1 i 2 pochodzące z normy EN ISO 13967, możemy zauważyć, że długość obliczeniowa kształtek nie obejmuje długości kielicha kształtki i jej bosego końca. Porównując geometrię poszczególnych rodzajów kształtek widzimy, że największe długości obliczeniowe posiadają trójniki, dużo mniejsze wartości występują w kolanach, a najmniejszymi wartościami charakteryzują się złączki, nasuwki czy redukcje.

Ze wzoru (3) wynika, że czym mniejsza długość obliczeniowa kształtki, tym większą posiada ona sztywność obwodową. W następnym punkcie przedstawiono wyniki badań rzeczywistej sztywności obwodowej kształtek kanalizacyjnych, przeprowadzone przez firmy stowarzyszone w PRiK (Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych).

4.4. Wyniki badań

Kształtki kanalizacyjne z polipropylenu (PP) S16; SDR33; klasa sztywności SN4 wg PN-EN 1852-1

Tablica 3

| Kształtka | Sztywność obwodowa [kN/m ²] |
|---|---|
| Kolano DN 160 ką 15 ⁰ | 23,96 |
| Kolano DN 200 ką 45 ⁰ | 13,45 |
| Trójnik DN 200/200 ką 45 ⁰ | 11,66 |
| Trójnik DN 200/200 ką 87,5 ⁰ | 12,33 |
| Trójnik DN 315/160 ką 45 ⁰ | 10,23 |
| Nasuwka DN 200 | 75,28 |
| Złączka DN 160 | 179,80 |
| Złączka DN 250 | 175,30 |

Kształtki kanalizacyjne z PVC-U S20; SDR41; klasa sztywności SN4 wg PN-EN 1401-1

Tablica 4

| Kształtka | Sztywność obwodowa [kN/m ²] |
|---|---|
| Kolano DN 160 ką 15 ⁰ | 33,2 |
| Kolano DN 160 ką 45 ⁰ | 16,3 |
| Kolano DN 160 ką 87,5 ⁰ | 12,8 |
| Kolano DN 200 ką 30 ⁰ | 20,7 |
| Kolano DN 200 ką 45 ⁰ | 16,5 |
| Kolano DN 200 ką 87,5 ⁰ | 14,2 |
| Trójnik DN 160/110 ką 45 ⁰ | 10,3 |
| Trójnik DN 160/160 ką 45 ⁰ | 11,2 |
| Trójnik DN 160/160 ką 87,5 ⁰ | 13,9 |
| Trójnik DN 200/160 ką 45 ⁰ | 10,5 |
| Trójnik DN 200/200 ką 45 ⁰ | 11,6 |

5. PODSUMOWANIE

W zewnętrznych systemach kanalizacyjnych układanych w ziemi, ugięcia kształtek są dużo mniejsze niż ugięcia rur wykonanych z tego samego materiału, o tej samej średnicy i grubości ścianki. Wynika to z małej długości fragmentu kształtki pomiędzy jej połączeniami. Połączenia kształtki z rurami, gdzie bosy koniec pokrywa się z kielichem, tworzą wsparcie dla konstrukcji kształtki i w połączeniu z jej geometrią stanowią o dużej sztywności obwodowej.

Jak widać z załączonych wyników badań (tablica 3 i 4), gładkościennym kształtkom kanalizacyjnym o klasie sztywności SN4 wykazują o wiele większą rzeczywistą sztywność obwodową niż wynika to z ich klasy sztywności. We wszystkich przypadkach przekracza ona wartość 10 kPa, co oznacza, że z powodzeniem możemy je stosować z rurami gładkościennymi o klasie sztywności SN8. Przeprowadzone badania w pełni potwierdzają słuszność zapisów w normach PN-EN 1401-1 i PN-EN 13476-1, które dopuszczają do stosowania z rurami, kształtek o niższej klasie sztywności niż rury.

W przypadku rur gładkościennych o klasach sztywności nieobjętych stosownymi normami, przy doborze odpowiednich kształtek należy kierować się ich minimalną rzeczywistą sztywnością obwodową, jaką uzyskano w wyniku badań dla całego zakresu średnic.

LITERATURA:

1. PN-EN ISO 9969 „Rury z tworzyw termoplastycznych. Oznaczanie sztywności obwodowej”.
2. EN ISO 13967 „Kształtki z tworzyw termoplastycznych. Oznaczanie sztywności obwodowej”.
3. PN-EN 1401-1:2009 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Nieplastifikowany poli(chlorek winylu) (PVC-U). Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i systemu”.
4. PN-EN 13476-1:2008 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastifikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE). Część 1: Wymagania ogólne i właściwości użytkowe”.
5. PN-EN 13476-2:2008 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastifikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE). Część 2: Specyfikacje rur i kształtek o gładkich powierzchniach wewnętrznych i zewnętrznych oraz systemu, typ A”.
6. PN-EN 1852-1:2010 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Polipropylen (PP). Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i systemu”.
7. PN-EN 12666-1:2007 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Polietylen (PE). Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i systemu”.