

# Wpływ posadowienia rur na ich bezpieczeństwo konstrukcyjne

Influence of pipe bedding on their structural integrity

ANDRZEJ KULICZKOWSKI, EMILIA KULICZKOWSKA

DOI 10.36119/15.2023.2.7

Zamieszczono zalecany w wytycznych ATV tok obliczeń nośności rur, który należy uznać za przybliżony. Następnie podano proponowany dokładniejszy tok obliczeń. Dokonano przeglądu zaleceń dotyczących ustalania współczynnika posadowienia, mającego bardzo istotny wpływ na nośność rur po ich wbudowaniu. Zamieszczono trzy przykłady różnych posadowień rur, wskazując jakie konsekwencje wynikają z bardziej niekorzystnego oraz bardziej korzystnego posadowienia rur, w stosunku do posadowień zalecanych przez projektanta.

*Słowa kluczowe: rury, nośność, bezpieczeństwo konstrukcyjne, współczynnik posadowienia*

The method of calculating the load capacity of pipes recommended in the ATV guidelines is given. It is approximate. Then, the proposed exact method of calculations is given. The recommendations for determining the bedding coefficient, which have a very significant impact on the load capacity of pipes after their installation, have been reviewed. There are three examples of different pipe beddings indicating the consequences of more unfavorable and more favorable pipe beddings in relation to the recommended beddings.

*Keywords: pipes, load capacity, structural integrity, bedding coefficient*

## Wstęp

Rury mogą być posadowione zarówno na podłożu gruntowym, jak i na podłożu betonowym, zawsze jednak na określonym kącie posadowienia. Najczęściej przyjmuje się wartość tego kąta równą 90°, rzadziej 60°, 120° lub 180°. W przypadku posadowienia rur na podłożu betonowym uzyskuje się wyższą ich nośność, niż gdyby były one ułożone na podłożu gruntowym, przy tym samym kącie ich posadowienia. Im większy jest kąt posadowienia rur na podłożu, tym uzyskuje się wyższą ich nośność w stosunku do nośności katalogowej podawanej przez producentów.

Ponieważ rodzaj podłoża i kąt posadowienia rur na tym podłożu mają bardzo istotny wpływ na ich nośność, a tym samym na ich bezpieczeństwo konstrukcyjne [4,12] i trwałość [7,11], każde inne posadowienie rur na podłożu niż zalecane w projekcie ma konsekwencje w postaci uzyskania niższej lub wyższej niż wymagana, nośności rur. W przypadku uzyskania wyższej nośności niż wymagana, ponosi się niepotrzebnie dodatkowe koszty materiałowe lub realizacyjne. Natomiast zdecydowanie bardziej nieko-

rzystnym jest drugi z wymienionych przypadków, tj. uzyskanie niższej od wymaganej nośności rur. W tym przypadku konieczna jest przebudowa przewodów, ich bezwykopowa rehabilitacja lub bezwykopowa wymiana [17].

Poniżej podano trzy przykłady innego posadowienia rur na podłożu niż zalecany oraz wskazano na konsekwencje spowodowane takim posadowieniem. Dokonano także przeglądu zaleceń dotyczących przyjmowania wartości współczynników posadowienia.

## Nośność rur posadowionych na podłożu gruntowym lub betonowym

Nośność rur sztywnych podawana jest w katalogach producentów. Przykładowo nośność rur kamionkowych o średnicy 200 mm, w zależności od przyjętej klasy nośności, może wynosić 24, 32, 40 lub 48 kN/m [8,16].

Nośność ta w przypadku rur ułożonych w wykopie na określonym podłożu ulega znaczącemu zwiększeniu w zależności od rodzaju podłoża oraz kąta posadowienia rur. W przypadku rur o znanej granicznej nośności  $F_N$  posadowionych na dnie wykopu na określonym podłożu

można określić ich współczynnik bezpieczeństwa ze wzoru:

$$\gamma = \frac{F_N}{F_C} \cdot EZ \quad (1)$$

gdzie:

- $F_N$  – siła niszcząca rurę działająca na jej wierzchołek, [kN/m],
- $F_C$  – całkowite obciążenie pionowe oddziałujące na jej wierzchołek, [kN/m],
- $EZ$  – współczynnik posadowienia przyjmowany z tabeli 1 [-],
- $\gamma$  – współczynnik bezpieczeństwa przyjmowany z tabeli 2, [-]

**Tabela 1. Współczynniki podłoża EZ [1,6]**  
**Table 1. EZ bedding coefficients [1,6]**

Sposób posadowienia	Kąt posadowienia	EZ
I – na podłożu gruntowym	60°	1,59
	90°	1,91
	120°	2,18
rury kołowe ze stopką $s_3$ – grubość dna $s_2$ – grubość ścianki bocznej		$1,07 \left( \frac{s_3}{s_2} \right)^2$
	rury jajowe	2,10
II – na podłożu betonowym	90°	2,17
	120°	2,50
	180°	2,69
III – na podłożu gruntowym (rury podatne)	180°	2,40

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczkowski <https://orcid.org/0000-0001-9807-6190>, [akulicz@tu.kielce.pl](mailto:akulicz@tu.kielce.pl), dr hab. inż. Emilia Kuliczowska, prof. PŚk, <https://orcid.org/0000-0001-5807-860X>, [emkulicz@tu.kielce.pl](mailto:emkulicz@tu.kielce.pl) – Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, Kielce

W tabeli 2 zamieszczono współczynniki bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur.

**Tabela 2. Współczynniki bezpieczeństwa konstrukcyjnego przy analizie naprężeń [1,6]**  
**Table 2. Safety structural factors in the stress analysis [1,6]**

Materiał konstrukcyjny	$\gamma$	
	klasa bezpieczeństwa A	klasa bezpieczeństwa B
fibrobeton beton kamionka	2,2	1,8
żelbet	1,75	1,4
polietylen wysokiej gęstości PE-HD polichlorek winylu PVC-U polipropylen PP-B, PP-H, PP-R	2,5	2,0
stal z zaprawą cementową żelazo szare z zaprawą cementową	1,5	1,3
nienasycony poliester wzmocniony włóknem szklanym UP-GF	2,0	1,75

Współczynniki bezpieczeństwa  $\gamma$  podane zostały w tabeli 2 dla dwu klas bezpieczeństwa A i B. Klasy bezpieczeństwa zróżnicowane są prawdopodobieństwem zniszczenia konstrukcji. Wynosi ono  $10^{-5}$  (1:100 000) dla klasy A i  $10^{-3}$  (1:1000) dla klasy B. Klasa bezpieczeństwa A (typowa, normalna) jest przyjmowana gdy:

- kanał buduje się poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej,
- eksploatacja ma ujemny wpływ na stan techniczny kanału,
- możliwa awaria miałaby znaczące skutki ekonomiczne.

Klasa bezpieczeństwa B (szczególna) jest przyjmowana gdy:

- nie istnieje zagrożenie konstrukcji kanałowej ze strony wody gruntowej,
- eksploatacja wywiera znikomy wpływ na stan techniczny kanału,
- możliwa awaria miałaby niewielkie skutki ekonomiczne.

Przyjmując upraszczające założenie działające na korzyść bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej, polegające na pominięciu w analizie nośności ciężaru własnego rur, ciężaru medium wypełniającego rurę oraz parcia bocznego od gruntu oddziałującego na rurę, można obliczyć całkowite obciążenie pionowe  $F_C$  oddziałujące na rurę ze wzoru (2):

$$F_C = q_v \cdot 2 \cdot r_m \quad (2)$$

gdzie:

- $q_v$  – sumaryczne obciążenie pionowe (stałe od gruntu i zmienne np. od

taboru samochodowego) oddziałujące na rurę w płaszczyźnie jej wierzchołka [kN/m<sup>2</sup>],

$r_m$  – średni promień krzywizny rury [m].

Ten tok obliczeń zalecany jest m.in. przez wytyczne ATV [1,6,15].

### Dokładne wyznaczanie nośności rur posadowionych na podłożu gruntowym lub betonowym

Podany w wytycznych [1] sposób wyznaczania nośności rur posadowionych na podłożu na dnie wykopu jest uproszczony, ponieważ pomija się w nim inne obciążenia oddziałujące na rurę, w tym ciężar własny rur, ciężar medium wypełniającego rurę, a przede wszystkim parcie boczne od gruntu.

Dokładniejszą wartość obciążenia  $F'_C$  [kN/m] uwzględniającego pominięte we wzorze (2) obciążenia oblicza się [6] ze wzoru (3):

$$F'_C = G + S + F_C - k \cdot F_h \quad (3)$$

gdzie:

$G$  – ciężar rury, [kN/m],

$S$  – ciężar medium wypełniającego rurę, [kN/m],

$k$  – współczynnik korekcyjny odczytywany z tabeli 3 [-],

$F_C$  – oblicza się ze wzoru (2),

$F_h$  – siła od poziomego parcia gruntu, [kN/m]

$$F_h = q_h \cdot 2 \cdot r_m \quad (4)$$

gdzie:

$q_h$  – parcie poziome gruntu, [kN/m<sup>2</sup>].

**Tabela 3. Współczynnik korekcyjny [6]**  
**Table 3. Correction factor [6]**

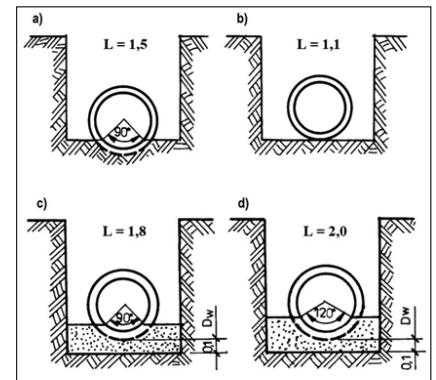
Sposób posadowienia	Kąt posadowienia	k
I na podłożu gruntowym	60°	0,7
	90°	0,8
	120°	0,9
	rury kołowe ze stopką rury jajowe	0,8 1,6
II na podłożu betonowym	90°	0,9
	120°	1,0
	180°	1,0
III na podłożu gruntowym (rury podatne)	180°	1,0

Po podstawieniu wartości  $F'_C$  do wzoru (1) w miejsce  $F_C$  można z większą dokładnością wyznaczyć współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma$  rur ułożonych na podłożu.

### Współczynniki posadowienia rur według różnych zaleceń

Współczynniki posadowienia rur na podłożu różnią się między sobą w zależ-

ności od cytowanych źródeł literaturowych. Począwszy od końca lat 70. ubiegłego wieku powszechnie stosowano w kraju wytyczne [3]. Zalecane przez nie współczynniki posadowienia rur na podłożu podane są na rys. 1.



Rys. 1.

Współczynniki posadowienia  $L$  kanału na dnie wykopu: a), b) na podłożu gruntowym, c), d) na podłożu betonowym [3]

**Fig. 1. Bedding coefficients  $L$  of the sewer at the bottom of the trench: a), b) on the soil bedding, c), d) on the concrete bedding [3]**

Wcześniej stosowano współczynniki posadowienia zalecane przez Wetzorké'a [2]. W kilku przypadkach były one podobne do pokazanych na rys. 1. Z uwagi na fakt, iż dawniej produkowano rury betonowe, kamionkowe i inne o znacznie niższej nośności niż obecnie i często, aby uzyskać wymaganą nośność rur po ich wbudowaniu dokonywano ich obetonowywania, Wetzorké podał w [2] także dodatkowe współczynniki posadowienia, dotyczące tych przypadków. Pierwszy z nich

L.p.	Sposób ułożenia rury	L
1	Rura ułożona wprost na gruncie, pogłębienia na złącza	1,1
2	Grunt uformowany na 90°, połączenia na mułę	1,5
3	Rura ze stopką ułożona wprost na gruncie	1,5
4	Spód rury podbitý dwustronnie piaskiem dobrze zagęszczonym, pogłębienia na złącza	1,5
5	Rura ułożona na podłożu z betonu uformowanego na 90°	2,0
6	Rura ułożona na podłożu z betonu uformowanego na 120°	2,0
7	Rura podbita dwustronnie betonem, aż do połowy przekroju	2,0
8	Rura obetonowana ze spodu i boków $a_{ob} = 10$ cm $i a = 0,15 d$	3-4
9	Rura obetonowana łącznie z górną częścią, $a_{ob} = 10$ cm	6-8

Rys. 2.

Współczynniki zwiększające nośność graniczną rur w zależności od ich ułożenia [2,6]

**Fig. 2. Bedding coefficients  $L$  of the sewer at the bottom of the trench [2,6]**

dotyczy obetonowania rury przy zastosowaniu minimalnej grubości tego obetonowania równej 10 cm łącznie z grubością ścianki rury w dnie oraz 15 cm po bokach, jak na rysunku 2. Wtedy przyjmuje się współczynnik podłoża  $L = 3 - 4$ . Drugi przypadek dotyczy całkowitego obetonowania rury łącznie z wierzchołkiem grubością minimum 10 cm, jak w L.p. 9 na rysunku 2. Wtedy współczynnik podłoża  $L = 6 - 8$ .

W późniejszym okresie, już w latach 90. ubiegłego wieku coraz częściej stosowano w kraju pierwsze edycje wytycznych niemieckich ATV [1], w których zalecano nieco inne niż podane na rysunkach 1 i 2 wartości współczynników podłoża. Są one podane w tabeli 1.

### Konsekwencje dotyczące bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur w przypadku różnych ich posadowień

Poniżej zamieszczono dwa przykłady zastosowania nieprawidłowych posadowień przewodów kanalizacyjnych oraz jeden przykład prawidłowego posadowienia wskazując na wynikające stąd konsekwencje, dotyczące ich bezpieczeństwa konstrukcyjnego.

#### Przykład 1.

Przykład 1 dotyczy montażu rur GRP DN1600 [13] na podłożu betonowym na zewnętrznych opaskach łączących je ze sobą. Na rys.3 widać przesuwanie rur po betonowym podłożu [14,18] przy wykorzystaniu deski drewnianej.



Rys.3. Przesuwanie rur GRP po płycie betonowej [18]  
Fig.3. Moving GRP pipes on the concrete plate [18]

Zgodnie z Instrukcją pt. „Hobas, Instalowanie” [19] zastosowany sposób przemieszczania rur jest niedopuszczalny. Potwierdza to następujący fragment tej instrukcji: „Niedopuszczalne jest ciągnięcie lub przetaczanie rur po chropowatym podłożu, grudach lub kamieniach. Może to spowodować uszkodzenie rur na skutek działania obciążeń punktowych” (cyt). Szczególnie niebezpieczne jest – widoczne na zdjęciu – przesuwanie po twardym

podłożu rur, które opierają się na nim złączami. Powoduje to ścieranie się opasek łączących rury. Cały ciężar rur przekazywany jest na złącza. Ryzyko uszkodzenia złącza jest zatem w tym przypadku bardzo wysokie.

Pokazane na rys. 3 posadowienie rur na betonowym podłożu nie jest dopuszczalne. Zgodnie z zaleceniami podanymi w tabeli 3 powinny być one posadowione na kącie  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  lub  $180^\circ$ . Rury posadowiono zatem w sposób nie ujęty w żadnym z możliwych dopuszczalnych posadowień.

Konsekwencją takiego posadowienia rur jest:

- nacisk ciężaru całej rury (połowy długości rury z jednej strony opaski i połowy długości rury z drugiej strony) na opaskę żywiczną łączącą je. Tak duży nacisk może powodować kruszenie się zewnętrznej warstwy żywicznej rur chroniącej głębiej ułożone włókna szklane przed ewentualną ich korozją,
- pojawienie się w rurze oprócz naprężeń obwodowych, na które jest ona projektowana dodatkowych naprężeń podłużnych największych w środku rur (rury „pracują” jak belki wolno podparte na opaskach łączących rury) oraz naprężeń ścinających największych w miejscu opasek. Zdolność do przenoszenia obciążeń przez te rury zamiast zwiększyć się o kilkadziesiąt procent w stosunku do zdolności do przenoszenia obciążeń wynikających z danych katalogowych w przypadku ich poprawnego posadowienia na podłożu betonowym uformowanym np. do kąta  $90^\circ$ , ulega w przypadku takiego jak na rys.3 posadowienia znaczącemu zmniejszeniu w stosunku do katalogowej nośności.

#### Przykład 2.

Przykład 2 dotyczy żelbetowego kolektora kanalizacyjnego DN800 ułożonego w terenie zielonym, w miejscu którego zaplanowano budowę ronda na wykonanym nasypie. W związku z powyższym na istniejący kolektor będą dodatkowo oddziaływać obciążenia stałe od gruntu nasypowego i obciążenia użytkowe od ciężkiego taboru samochodowego. Kolektor ten był eksploatowany ok. 40 lat a inspekcja video wykazała korozję ścian wewnętrznych kanału (Rys.4).

Grubość ściany kanału była w niektórych miejscach nieco mniejsza od początkowej, równej 90 mm. Wyniosła w najcięższym przekroju 82 mm i wahała się od 82 do 90 mm. Korozja miała zatem cha-



Rys.4. Wnętrze kanału żelbetowego o średnicy 800 mm [14]

Fig. 4. The interior of the reinforced concrete sewer with a diameter of 800 mm [14]

akter powierzchniowy, nie zagrażający korozji prętów zbrojeniowych, ponieważ otulina zbrojenia wynosiła 26 mm.

Kolektor ułożony był na podłożu betonowym na kącie  $90^\circ$  i obetonowany dodatkowo na całym obwodzie (Rys. 5), o czym nie wiadomo przed podjęciem się ekspertyzy, gdyż obetonowanie nie było zgodne z projektem. Grubość obetonowania w wierzchołku była zmienna i wynosiła od ok. 16 cm do ok. 20 cm, a w bokach i dnie kanału około 14 cm. W tylnej części zdjęcia widoczne jest obetonowanie kanału, natomiast w przedniej kanał z usuniętym obetonowaniem na potrzeby związania z wykonaniem ekspertyzy.



Rys.5. Kanał po odkopaniu i usunięciu betonowej obudowy w przedniej części zdjęcia [14]

Fig.5. The sewer after excavation and removal of the concreting cover in the front part of the photo [14]

W przypadku takiego obetonowania rury, zgodnie z zaleceniami Wetzorke [2] (Rys. 2) przyjmuje się współczynnik posadowienia  $L$  wynoszący  $6 - 8$ . Warunkiem przyjęcia takiej wartości  $L$  jest wykonanie betonowej obudowy na całym obwodzie rury nie mniejszej niż 10 cm. Warunek ten z nadmiarem został spełniony w przypadku tego kanału.

W oparciu o uzyskane dane z ekspertyzy [10] wykonano obliczenia statyczne – wytrzymałościowe kolektora dla przypadku wystąpienia obciążeń najbardziej



niekorzystnych. Uwzględniając w nich fakt obetonowania kanału stwierdzono, że wartość współczynnika bezpieczeństwa konstrukcji kanałowej  $\gamma$  dla tego przypadku waha się w przedziale 3,66 – 4,88 i jest znacznie większa od wartości wymaganej równej 1,75 (Tab.2).

W przypadku tego kolektora, nie wiedząc wcześniej o tym, iż korozja ścian wewnętrznych kanału ma wyłącznie charakter powierzchniowy i że kolektor jest obetonowany na całym obwodzie (co znacznie zwiększa jego współczynnik bezpieczeństwa), a biorąc pod uwagę fakt, iż nad kolektorem wykonana zostanie nawierzchnia drogowa na nasypie, po której będą poruszać się ciężkie samochody, przyjęto iż konieczna będzie jego bezwykopowa rehabilitacja [17]. Tymczasem, głównie z uwagi na wymienione wcześniej pierwsze dwa czynniki (niewielka korozja, a szczególnie fakt obetonowania kolektora) okazało się, że bezpieczeństwo konstrukcyjne tego kanału jest zagwarantowane z ponad normatywnym zapasem.

Konsekwencją lepszego posadowienia kolektora poprzez jego obetonowanie na całym obwodzie, aniżeli zastosowanie powszechnie wykonywanego posadowienia na podłożu na kącie 90°, jest w tym przypadku brak konieczności jego przebudowy [5] lub dokonania jego bezwykopowej rehabilitacji w opcji w pełni konstrukcyjnej [9,17].

### Przykład 3.

Przykład 3 dotyczy żelbetowego deszczowego kolektora kanalizacyjnego wykonanego z rur Wipro DN1800 wybudowanego około 20 lat wcześniej, dotychczas nie eksploatowanego, położonego pod terenem zielonym nad którym zaplanowano budowę czteropasmowej obwodnicy miejskiej na nasypie ułożonym bezpośrednio wzdłuż trasy jego ułożenia.

Inspekcja tego kolektora wykazała ubytki (wykruszenia) rur w obszarze złą-

czy pochodzące z okresu jego budowy, liczne narosty infiltracyjne na złączach rur (Rys.6) świadczące o okresowym występowaniu zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału, a także miejsca czynnego przecieku wód gruntowych lub bardziej intensywnych wycieków (Rys.7). Nie stwierdzono w nim jakichkolwiek innych uszkodzeń, np. rys podłużnych, świadczących o przeciążeniu rur.



Rys.7.  
Wyciek wody z nieszczelnego złącza [14]  
Fig.7. Water leakage from a leaky joint [14]

Z uwagi na nieszczelność kolektora wstępnie postanowiono uszczelnić złącza rur, aby w przyszłości wraz z wodą gruntową nie przedostawał się do wnętrza kanału grunt z otoczenia zewnątrzkanalowego, powodując zagrożenie osiadania lub zapadania się nawierzchni ulicznej planowanej do wykonania nad tym kanałem.

W trakcie badań [10] stwierdzono – co było dużym zaskoczeniem i jednocześnie miało bardzo istotny wpływ na ostateczny wynik ekspertyzy – że rur nie ułożono tak, jak było to podane w projekcie, tj. na podłożu z piasku stabilizowanego cementem uformowanym do kąta 90°, tylko na płytach betonowych. Ten sposób posadowienia nie jest niedopuszczalny. Takie posadowienie jest bardzo niekorzystne ze względów statycznych – wytrzymałościowych, gdyż odpór podłoża zamiast być rozłożony na określonym obszarze rury, np. na kącie 90°, jest punktownie skoncentrowany w formie siły skupionej oddziałującej na kielichy rur. W obszarze między kielichami rur ułożone są one nad betonowym podłożem wykonanym z płyt drogowych. Zatem, podobnie jak w przykładzie 1 dotyczącym posadowienia rur GRP, także i w tym przypadku pojawiły się w rurach dodatkowe naprężenia podłużne i ścinające.

Współczynnik bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur ustalony w wyniku przeprowadzonych obliczeń statycznych – wytrzymałościowych wyniósł 1,16 i był on niższy od wymaganego dla klasy bezpieczeństwa A równego 1,75 (Tab.2). Sprawdzono, że gdyby kanał obetonowano w obszarze dna na wycinku koła o kącie 90°, tak jak to zalecono w projekcie, współczynnik bezpieczeństwa wyniósłby 2,22 i byłby wyższy od wymaganego.

Gdyby zatem kolektor wybudowano zgodnie z projektem, wystarczyłoby jedynie niewielkim kosztem uszczelnić kanał w złączach rur. Konsekwencją tego, że kanał ułożono inaczej, była konieczność wykonania, znacznie kosztowniejszej od uszczelnienia, jego bezwykopowej rehabilitacji z zastosowaniem nośnej powłoki konstrukcyjnej, zastępującej istniejący kanał żelbetowy w przenoszeniu wszystkich obciążeń oddziałujących na niego.

### Podsumowanie

Posadowienie rur na podłożu ma bardzo istotny – jak to wykazano w podanych wyżej trzech przykładach – wpływ na bezpieczeństwo konstrukcyjne rur.

Fakt ten powinien uzmysłowić przedsiębiorstwom wodociągowo-kanalizacyjnym, że ekspertyza konstrukcyjna rur nie może ograniczyć się wyłącznie do badania parametrów materiałowo – konstrukcyjnych rur i parametrów gruntu w celu wykonania obliczeń statycznych – wytrzymałościowych. Konieczne jest także odkopanie rur do podłoża – co nie zawsze jest łatwe, z uwagi np. na napływ wód gruntowych do wykopu czy konieczność odeskowania wykopu – aby sprawdzić rodzaj podłoża pod rurą oraz kąt posadowienia jej na podłożu.

Także firmy budujące przewody wodociągowe i kanalizacyjne powinny ściśle przestrzegać założeń projektowych, dotyczących zalecanego sposobu ich posadowienia. W przypadku chęci zmiany przez wykonawcę sposobu posadowienia rur, konieczne jest powtórne wykonanie obliczeń statycznych – wytrzymałościowych z uwzględnieniem innego proponowanego posadowienia rur. Zmiana rodzaju posadowienia rur może wpłynąć i z reguły wpływa na konieczność doboru z katalogu rur o innej nośności lub w przypadku rur podatnych o innej sztywności obwodowej.

W żadnym wypadku nie wolno stosować posadowień rur, które opisano w przykładzie 1, niedopuszczalna jest także zmiana warunków posadowienia opisana w przykładzie 3.



Rys.6.  
Wnętrze kanału żelbetowego o średnicy 1800 mm [14]  
Fig.6. The interior of a reinforced concrete sewer with a diameter of 1800 mm [14]

## LITERATURA:

- [1] Arbeitsblatt ATV-DVWK – A 127: Statische Berechnung von Abwasserkanälen und –leitungen, 3 Auflage, 2000.
- [2] Błaszczyk W., Roman M., Stamatello H.: Kanalizacja t.1., Arkady, Warszawa, 1974.
- [3] Centrum Techniki Komunalnej: Instrukcja projektowania i budowy przewodów kanalizacyjnych z rur Wipro, Warszawa, 1978.
- [4] Kulickowska E., Parka A.: The structural integrity of corroded concrete sewers, *Engineering Failure Analysis*, 2019, 104, 409-421. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2016.04.026
- [5] Kulickowski A.: Optymalizacja kolektorów kanalizacyjnych przebudowywanych w warunkach miejskich, monografia 12, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1988.
- [6] Kulickowski A.: Rury kanalizacyjne, t. II: Projektowanie konstrukcji. Monografia nr 42, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004.
- [7] Kulickowski A., Kulickowska E.: Wpływ czynników zewnętrznych na trwałość i bezpieczeństwo konstrukcji kanałowych, *INSTAL*, 2002, 5, 52-56. [bwmeta1.element.baztech-8cbd7f77-8076-4270-8e1a-de108d9545e9](https://doi.org/10.1016/j.element.baztech-8cbd7f77-8076-4270-8e1a-de108d9545e9)
- [8] Kulickowski A.: Rury kanalizacyjne, tom III, Rury o konstrukcji sztywnej i sprężystej, monografia M4, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2008.
- [9] Kulickowski A., Kulickowska E., Kubicka U.: The criterions of urgency of sewerlines rehabilitation.. In *Proceedings of 20th International Conference NO-DIG 2010*, North American Society for Trenchless Technology, Chicago, Illinois, 2010, Paper A-4-05, pp. 9.
- [10] Kulickowski A., Kulickowska E., Parka A.: Field measurements of sewer main structural integrity. In: *Proceedings of 21th International Conference NO-DIG 2011*, North American Society for Trenchless Technology, Washington, D.C., 2011, Paper E-3-04, pp. 9.
- [11] Kulickowski A.: Trwałość rozwiązań stosowanych w budowie i odnowie przewodów kanalizacyjnych, *INSTAL*, 2014, 3, 54-56. [bwmeta1.element.baztech-fbb39c22-3199-4554-92c0-8729e8eb2916](https://doi.org/10.1016/j.element.baztech-fbb39c22-3199-4554-92c0-8729e8eb2916)
- [12] Kulickowski A.: Jak oceniać bezpieczeństwo konstrukcyjne przewodów wodociągowych, *INSTAL*, 2017, 11, 59-64. [bwmeta1.element.baztech-bfe1da9a-4c2e-499b-bcda-7c8606e43a85](https://doi.org/10.1016/j.element.baztech-bfe1da9a-4c2e-499b-bcda-7c8606e43a85)
- [13] Kulickowski A.: Uszkodzenia i awarie rur GRP, *INSTAL*, 2022, 11, 49-52. DOI 10.36119/15.2022.11.5
- [14] Kulickowski A., Kulickowska E.: Katalog zdjęć własnych. Kielce, 2022.
- [15] Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.: Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2002.
- [16] PN-EN 295-1. Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Wymagania.
- [17] Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Kulickowskiego : *Technologie Bezwykopowe w Inżynierii Środowiska*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa, 2010, s. 735.
- [18] <https://www.youtube.com/watch?v=SRaBrwUr4Kg>, dostęp 6.09.2019.
- [19] <https://www.hobas.com/wp-content/uploads/Hobas-Instalowanie.pdf>, dostęp 24.10.2022