

8

Odporność systemów rurowych na podciśnienie

Bogdan Majka

KACZMAREK Malewo Sp. j.

1. Wprowadzenie

Systemy rurowe stosowane do budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych powinny posiadać odpowiednią odporność zarówno na nadciśnienia jak i na podciśnienia, które mogą wystąpić w trakcie ich eksploatacji. Niniejsze opracowanie dotyczy zjawiska podciśnienia i odporności na nie rur i ich połączeń. Oprócz przypadków wystąpienia podciśnienia rozumianego jako ciśnienie niższe od ciśnienia atmosferycznego, rozpatrzono również przypadki gdy ciśnienie wewnątrz rurociągu jest niższe niż w jego otoczeniu. Mam nadzieję, że podane informacje będą pomocne przy doborze rur do systemów kanalizacji podciśnieniowej, systemów wodociągowych odpornych na uderzenia hydrauliczne oraz systemów kanalizacyjnych odpornych na infiltrację.

2. Kanalizacja podciśnieniowa

2.1. Zasada działania

Sieć kanalizacji podciśnieniowej składa się ze studzienek z zaworami opróżniającymi, rurociągów podciśnieniowych oraz stacji próżniowo-pompowej. Ścieki z jednego lub kilku budynków odpływają grawitacyjnie przykanalikami do studzienek. Po osiągnięciu odpowiedniego poziomu ścieków w studziencie, zawór automatycznie otwiera się i ścieki są zasysane do rurociągów, w których panuje podciśnienie. Razem ze ściekami zasysane jest powietrze – w sposób ciągły lub pod koniec cyklu zasysania. Po opróżnieniu studzienki zawór zamyka się automatycznie. Podciśnienie w rurociągach jest wytwarzane i utrzymywane na określonym poziomie przez pompy próżniowe usytuowane w stacji próżniowo-pompowej. W stacji znajduje się również zbiornik, do którego transportowane są rurociągami podciśnienio-

wymi ścieki. Pompami tłocznymi ścieki te są przepompowywane ze zbiornika do kanalizacji grawitacyjnej lub oczyszczalni ścieków.

2.2. Dobór rur

W rurociągach podciśnieniowych utrzymywane jest ciągle podciśnienie, z reguły na poziomie od 0,3 do 0,8 bara. Do poprawnego działania sieci, wymagana jest 100% szczelność rurociągów, dlatego najchętniej wybieranymi przez projektantów rurami są rury polietylenowe (PE) łączone przez zgrzewanie. Systemy ciśnieniowe i podciśnieniowe budowane z rur PE charakteryzują się najmniejszą ilością połączeń – mniejsze średnice w kręgach, większe w sztangach 12 mb, oraz ich zupełną szczelnością (zgrzewanie). Dostępne na rynku rury PE posiadają klasy ciśnienia nominalnego, które są pomocne w przypadku dobierania rur do sieci ciśnieniowych – wodociągi, kanalizacja ciśnieniowa. W przypadku sieci podciśnieniowej należy wykonać odpowiednie obliczenia, sprawdzające odporność rur na podciśnienie.

2.3. Obliczenia

Obliczeń dokonano dla rur o różnych SDR (stosunek średnicy zewnętrznej do grubości ścianki), przyjmując ich ułożenie z przykryciem około 1 m, ze złym i dobrym zagęszczeniem obsypki.

Do obliczeń zastosowano metodę skandynawską (Molina), przyjmując:

- przykrycie rury 1,0 m;
- obciążenie od podciśnienia 80 kPa;
- obciążenie od ciężaru gruntu 20 kPa;
- obciążenie od ruchu kołowego 50 kPa;
- woda gruntowa poniżej poziomu posadowienia rury;
- wykonawstwo staranne z nadzorem, dobre zagęszczenie obsypki;
- wykonawstwo normalne bez nadzoru, złe zagęszczenie obsypki.

Dla głębokości około 1 metra, oraz złego zagęszczenia obsypki (75% według Zmodyfikowanej Skali Proctora), przyjęto moduł sieczny gruntu na poziomie 400 kPa. Dla dobrego zagęszczenia obsypki (90% według Zmodyfikowanej skali Proctora) przyjęto moduł sieczny gruntu o wartości 1500 kPa. W tabeli nr 1 zestawiono wyniki obliczeń.

Tabela nr 1. Ugięcia rur PE100 podciśnieniowych (-0,80 kPa) ułożonych z przykryciem 1 m

Rura	Złe zagęszczenie obsypki		Dobre zagęszczenie obsypki	
	Ugięcie krótkotrwałe [%]	Ugięcie długotrwałe [%]	Ugięcie krótkotrwałe [%]	Ugięcie długotrwałe [%]
PE100 SDR26 PN6	13,0	23,5	5,4	9,1
PE100 SDR21 PN8	8,9	17,3	4,5	7,8
PE100 SDR17 PN10	5,5	12,2	3,4	6,2
PE100 SDR13,6 PN 12,5	3,0	8,5	2,3	4,4
PE100 SDR11 PN16	1,6	6,4	1,4	3,0

Dopuszczalne ugięcia dla rur PE według metody skandynawskiej wynoszą:
krótkotrwałe – 9,0 %
długotrwałe – 15,0 %

Analizując tabelę nr 1 widzimy, że kryterium dopuszczalnych ugięć jest niespełnione w przypadku rur SDR26 PN6 oraz SDR21 PN8, przy złym zagęszczeniu obsypki. Przy dobrym zagęszczeniu obsypki, wszystkie analizowane rury spełniają kryterium dopuszczalnych ugięć.

Kolejnym krokiem będzie sprawdzenie kryterium wyboczenia rur. Do celów inżynierskich można zastosować następujące równanie, określające odporność rury na wyboczenie (1):

$$q = A \frac{5,63}{F} \sqrt{S \cdot E_t}$$

gdzie:

q – dopuszczalne obciążenie [kPa]

A – współczynnik korekcyjny ze względu na ugięcie rury [-]

F – współczynnik bezpieczeństwa [-]

S – sztywność obwodowa rury [kPa]

E_t – moduł styczny gruntu [kPa]

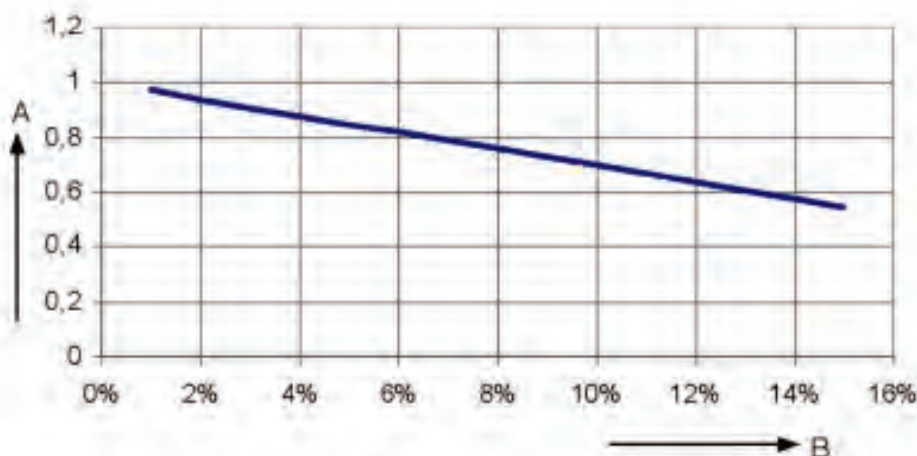
Współczynnik korekcyjny, który uwzględnia obniżenie odporności rury na wyboczenie ze względu na jej ugięcie, można wyznaczyć z rysunku nr 1, lub równania (2):

$$A = 1 - \frac{3 \cdot B}{100}$$

gdzie:

A – współczynnik korekcyjny

B – ugięcie rury w procentach



Rysunek 1. Współczynnik korekcyjny odporności na wyboczenie w funkcji ugięcia rury

Zgodnie z publikacją Larsa-Erica Jansona [3] przyjęcie współczynnika bezpieczeństwa na poziomie $F = 2$ jest wystarczające, a moduł styczny gruntu należy przyjmować jako podwojoną wartość modułu siecznego. Sztywność obwodowa rury jest obliczana z równania (3):

$$S = \frac{1000 \cdot E}{12 \cdot (SDR - 1)^3}$$

gdzie:

S – sztywność obwodowa rury [kPa]

E – moduł Younga materiału rury [MPa]

SDR – stosunek średnicy zewnętrznej rury do jej grubości ścianki[-]

Moduł Younga dla PE100 przyjęto na poziomie 1100 MPa według PKN-CEN/TS 15223 [1]. W tabeli nr 2 zestawiono wyniki obliczeń wykonanych z użyciem równania 1.

Tabela nr 2. Dopuszczalne obciążenia dla rur PE100 zakopanych w gruncie, ze względu na wyboczenie

Rura	Dopuszczalne obciążenie [kPa]	
	Złe zagęszczenie obsypki	Dobre zagęszczenie obsypki
PE100 SDR26 PN6	56,8	271,3
PE100 SDR21 PN8	129,7	399,8
PE100 SDR17 PN10	238,8	594,6
PE100 SDR13,6 PN12,5	401,6	906,0
PE100 SDR11 PN16	616,2	1341,7

Jak wynika z tabeli nr 2, kryterium wyboczenia potwierdza, że w założonych warunkach nie mogą być stosowane rury SDR26 PN6 oraz SDR21 PN8, przy złym zagęszczeniu obsypki. W obydwu przypadkach dopuszczalne obciążenie jest mniejsze od obciążenia występującego, które wynosi 150 kPa (podciśnienie + ciężar gruntu + ruch kołowy). W przypadku dobrego zagęszczenia obsypki, mogą być stosowane wszystkie rozpatrywane rury PE100.

Ostatnim krokiem będzie rozpatrzenie sytuacji, w której rura chwilowo traci wsparcie otaczającego gruntu (ruchy gruntu, wymywanie gruntu przez wodę, odkopanie czynnego rurociągu). Założono najbardziej niekorzystne warunki – brak wsparcia gruntu oraz działanie maksymalnego obciążenia 150 kPa. Do obliczeń zastosowano równanie (4):

$$q = \frac{24 \cdot S}{F}$$

gdzie:

q – dopuszczalne obciążenie [kPa]

F – współczynnik bezpieczeństwa [-]

S – sztywność obwodowa rury [kPa]

Tak jak poprzednio współczynnik bezpieczeństwa przyjęto równy 2, a sztywność obwodową rury wyliczono z równania 3, przyjmując krótkotrwałą wartość modułu Younga dla PE100 na poziomie 1100 MPa według PKN-CEN/TS 15223 [1]. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela nr 3. Dopuszczalne obciążenia dla rur PE100 bez wsparcia gruntu, ze względu na wyboczenie

Rura	Dopuszczalne obciążenie [kPa]
PE100 SDR26 PN6	70,4
PE100 SDR21 PN8	137,5
PE100 SDR17 PN10	268,6
PE100 SDR13,6 PN12,5	549,9
PE100 SDR11 PN16	1100,0

2.4. Wnioski

Z wykonanych obliczeń wynika, że w przypadku rurociągów kanalizacji podciśnieniowej wykonanych z rur PE, duże znaczenie dla ich wytrzymałości ma odpowiednie zagęszczenie obsypki i staranne wykonanie prac instalacyjnych. Jeżeli te wymogi zostaną zachowane, to kryterium dopuszczalnych ugięć i wyboczenia dla rur posiadających wsparcie gruntu, jest spełnione dla wszystkich analizowanych rodzajów rur PE100. Jednakże ze względu na możliwość chwilowej utraty przez pracujący rurociąg wsparcia gruntu, oraz ryzyko nierzetelnego zagęszczenia obsypki i wykonania prac instalacyjnych, zaleca się stosować do budowy kanalizacji podciśnieniowej usytuowanej na obszarach obciążonych ruchem kołowym, rury PE100 o SDR mniejszym lub równym 17, i ciśnieniu nominalnym PN większym lub równym 10.

3. Uderzenia hydrauliczne

3.1. Przyrosty i spadki ciśnienia

Uderzenia hydrauliczne powodują w sieci wodociągowej znaczne wahania ciśnienia, które są niejednokrotnie powodem awarii. Zmiany ciśnienia w sieci spowodowane uderzeniem hydraulicznym mają charakter amplitudy osiągającej maksymalne i minimalne wartości. Największy przyrost lub spadek ciśnienia dla prostego uderzenia hydraulicznego można obliczyć z równania Żukowskiego (5):

$$\Delta P = \rho \cdot c \cdot \Delta w$$

gdzie:

ρ - gęstość wody (1000 kg/m³)

c - prędkość fali ciśnienia (m/s)

Δw - zmiana prędkości przepływu (m/s)

Obliczenia wykonano dla rur najczęściej obecnie stosowanych do budowy sieci wodociągowych. Do obliczeń przyjęto następujące prędkości fali ciśnienia:

rury PE100 SDR17 – 290 m/s,

rury PE100 SDR11 – 360 m/s,

rury z żeliwa sferoidalnego – 1200 m/s.

Obliczono przyrosty / spadki ciśnienia dla trzech prędkości przepływu wody, jakie mogą wystąpić w wodociągowych sieciach magistralnych i rozdzielczych – patrz tabela nr 4.

Tabela 4. Przyrosty / spadki ciśnienia wywołane uderzeniem hydraulicznym

Materiał	Przyrost / spadek ciśnienia [bar]		
	v = 1 m/s	v = 2 m/s	v = 3 m/s
PE100 SDR17	2,9	5,8	8,7
PE100 SDR11	3,6	7,2	10,8
Żeliwo sferoidalne	12,0	24,0	36,0

Maksymalne ciśnienie, jakie może wystąpić w sieci wodociągowej na skutek uderzenia hydraulicznego, obliczymy dodając do maksymalnego ciśnienia roboczego sieci wodociągowej (6 bar), wyliczone przyrosty ciśnienia – patrz tabela nr 5.

Tabela 5. Maksymalne ciśnienia w sieci wodociągowej wywołane uderzeniem hydraulicznym

Materiał	PMA*	Ciśnienie maksymalne w sieci [bar]		
		v = 1 m/s	v = 2 m/s	v = 3 m/s
PE100 SDR17 PN10	20,0	8,9	11,8	14,7
PE100 SDR11 PN16	32,0	9,6	13,2	16,8
Żeliwo sferoidalne PN10	12,0	18,0	30,0	42,0
Żeliwo sferoidalne PN16	19,2	18,0	30,0	42,0
Żeliwo sferoidalne PN25	30,0	18,0	30,0	42,0
Żeliwo sferoidalne PN30	36,0	18,0	30,0	42,0
Żeliwo sferoidalne PN40	48,0	18,0	30,0	42,0

* - PMA to maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze (maksymalne ciśnienie występujące chwilowo, także wywołane uderzeniem hydraulicznym, które element sieci może wytrzymać podczas eksploatacji)

Należy zauważyć, że sieć wodociągowa zbudowana z rur PE, charakteryzuje się o wiele mniejszymi ciśnieniami maksymalnymi wywołanymi uderzeniami hydraulicznymi, niż sieć z żeliwa sferoidalnego. Ma to korzystny wpływ również na armaturę zamontowaną na sieci wodociągowej. Ponadto w sieciach z polietylenu, maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze (PMA) to dwukrotność ciśnienia nominalnego (PN), natomiast w przypadku sieci z żeliwa sferoidalnego, PMA to tylko 1,2 PN. Dla wszystkich obliczonych przypadków dotyczących PE, maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze PMA jest wyższe od maksymalnego ciśnienia jakie może wystąpić w sieci. Świadczy to o bezpieczeństwie sieci z rur PE w razie wystąpienia wzrostów ciśnienia wywołanych uderzeniami hydraulicznymi.

3.2. Działanie podciśnienia wywołanego uderzeniem hydraulicznym

Uderzenia hydrauliczne, zgodnie ze swym charakterem, oprócz wzrostów, generują również gwałtowne spadki ciśnienia, które przekraczając poziom ciśnienia atmosferycznego powodują wystąpienie w sieci podciśnienia. Podciśnienie jest szczególnie niebezpieczne, gdy elementy sieci wyposażone są w połączenia kielichowe na uszczelkę gumową. Podciśnienie powoduje zasysanie powietrza z zewnątrz przez połączenie kielichowe. Razem z powietrzem wciągane są pod uszczelkę cząstki gruntu. Uszczelka pracując pod wpływem zmian ciśnienia, ściera się, co prowadzi po pewnym czasie do utraty szczelności i powstania początkowo niewielkich, trudnych do wykrycia przecieków.

Innym negatywnym aspektem podciśnienia, wywołanego uderzeniem hydraulicznym, jest znaczne zwiększenie obciążenia działającego na rurę. Do obciążenia zewnętrznego pochodzącego od ciężaru gruntu i pojazdów, dochodzi siła wewnętrzna od podciśnienia. W przypadku sieci wodociągowych wykonanych z PE, dopuszczalne obciążenia dla rur należy obliczać z równania 4, zakładając brak wsparcia gruntu. Wynika to z faktu, że zmieniające się ciśnienie w rurze doprowadzi do powstania pustej przestrzeni pomiędzy rurą a gruntem. Podobnie jak w przypadku kanalizacyjnych sieci podciśnieniowych (patrz tabela nr 3), również w sieciach wodociągowych, stosując rury na obszarach obciążonych ruchem drogowym, należy użyć co najmniej PE100 SDR17 PN10. Mamy wtedy pewność, że rura wytrzyma dodające się siły pochodzące od pojazdów, ciężaru gruntu i podciśnienia wywołanego uderzeniem hydraulicznym.

Parametrem ograniczającym zastosowanie rur z żeliwa sferoidalnego jest ich dopuszczalne ugięcie. Ze względu na dużą elastyczność i dopuszczalne odkształcenie względne ścianki na poziomie 5%, rury polietylenowe bez problemu znoszą duże chwilowe ugięcia (owalizację), sięgające nawet kilkudziesięciu procent. W przypadku rur z żeliwa sferoidalnego, ugięcia są limitowane przez dopuszczalne naprężenia w ściance oraz przez trwałość wewnętrznej wykładziny cementowej.

Zbyt duże ugięcie prowadzi do pęknięcia ścianki rury lub wykładziny cementowej, która stanowi zabezpieczenie antykorozyjne. Dlatego, projektując sieć wodociągową, należy obliczyć ugięcie rury żeliwnej w zależności od występujących warunków (pojazdy, ciężar gruntu, podciśnienie) i dobrać odpowiednią grubość ścianki (klasę ciśnienia). Szczególnie dla większych średnic, minimalne dostępne klasy ciśnienia (20, 25, 30), w wielu przypadkach okażą się niewystarczające.

3.3. Wnioski

Podciśnienia w sieci wodociągowej wywołane przez uderzenia hydrauliczne, mogą doprowadzić do rozszczelnienia połączeń kielichowych oraz do uszkodzenia ścianki rur. Rozpatrując odporność systemów rurowych na to zjawisko, należy zauważyć, że zdecydowaną przewagę nad systemami łączonymi kielichowo, mają rury PE łączone przez zgrzewanie doczołowe lub elektrooporowe. Zastosowanie rur PE100 o ciśnieniu nominalnym, co najmniej PN10 (SDR17), w całym zakresie średnic zapewnia nam całkowite bezpieczeństwo w przypadku sumowania się podciśnienia z obciążeniem od pojazdów i ciężarem gruntu. Odporność rur z żeliwa sferoidalnego na dodające się obciążenia jest uwarunkowana przez ich ugięcie i zależy od klasy ciśnienia oraz średnicy, powinna być sprawdzona przez wykonanie stosownych obliczeń.

4. Systemy grawitacyjne

4.1. Podciśnienie w systemach grawitacyjnych

Podciśnienie, rozumiane jako ciśnienie niższe od ciśnienia atmosferycznego, występuje w kanalizacyjnych systemach grawitacyjnych sporadycznie, głównie w kanalizacji deszczowej kiedy dochodzi do gwałtownych przepływów całym przekrojem rur. Dużo częściej mamy do czynienia z sytuacją, gdy ciśnienie w systemach kanalizacyjnych jest niższe od ciśnienia panującego w ich otoczeniu. Tak się dzieje, gdy kanalizacja znajduje się poniżej poziomu wody gruntowej. Ze względu na różnicę ciśnień, woda gruntowa usiłuje dostać się do wnętrza systemu.

4.2. Infiltracja

Przedostawanie się wody gruntowej do systemów kanalizacyjnych zwane jest infiltracją i odbywa się głównie przez nieszczelne połączenia rur, kształtek i studzienek kanalizacyjnych. Infiltrujące wody gruntowe są przyczyną zwiększenia ilości oraz zmniejszenia stężenia ścieków, co wpływa negatywnie na pracę oczyszczalni. Przepływ wody gruntowej do wnętrza kanalizacji, może powodować wymywanie gruntu, a co za tym idzie powstawanie zapadlisk terenu oraz zamulanie kanałów. Wymywanie gruntu jest również przyczyną osiadania kanału, co w przypadku sztywnych rur prowadzi do powstawania rys i pęknięć, dochodzi do przemieszczania się rur na złączach, zaburzeń spadków i dalszego rozszczelniania połączeń. Niewąt-

pliwie w interesie inwestorów jest stosowanie do budowy kanalizacji, systemów rurowych o jak największej odporności na infiltrację.

4.3. Systemy odporne na infiltrację

Które systemy kanalizacyjne wykazują największą szczelność i odporność na infiltrację? Żeby odpowiedzieć na to pytanie, sięgniemy po doświadczenia i wytyczne Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Sydney Australia. Jest to największy zakład w Australii zajmujący się eksploatacją sieci wodociągowych i kanalizacyjnych, obejmuje swym działaniem region Sydney, Illawarra i Blue Mountains, o liczbie ludności około 4,6 miliona i łącznej powierzchni 12700 km². Od wielu lat jednym z jego największych problemów jest infiltracja wód gruntowych do kanalizacji sanitarnej, znacznie nasilająca się po opadach deszczu. W związku z tym, ZWiK Sydney opracował i opublikował w latach 2011 i 2012, wytyczne projektowania i wykonawstwa systemów kanalizacji grawitacyjnej o zwiększonej lub całkowitej odporności na zjawisko infiltracji. Systemy te nazwano „Low Infiltration Sewer” (kanalizacja o niskiej infiltracji) oraz „Leak Tight Sewer” (kanalizacja szczelna). Poniżej przedstawiono wytyczne, kryteria odbioru oraz zalecenia eksploatacyjne dla obydwu systemów.

Podstawowe wytyczne projektowania i wykonawstwa systemu kanalizacyjnego o niskiej infiltracji (Low Infiltration Sewer):

- dopuszcza się rury i kształtki z PVC-U, PP i GRP;
- nie dopuszcza się rur i kształtek z kamionki;
- rury z żeliwa sferoidalnego lub stalowe można stosować wyłącznie w specjalnych okolicznościach, wymaga to zgody ZWiK Sydney;
- rury betonowe z wykładziną wewnętrzną z tworzywa sztucznego mogą być stosowane wyłącznie jako główne kolektory o średnicy DN750 mm i większej, wymaga to zgody ZWiK Sydney;
- połączenia rur na uszczelkę gumową, lub klejone w przypadku PVC-U;
- studzienki betonowe w całości wylewane na placu budowy, bez segmentów;
- końcówki rur wchodzących do studzienek betonowych wyposażone w kołnierze uszczelniające (przejścia szczelne);
- ograniczenie ilości studzienek betonowych na rzecz studzienek z tworzywa sztucznego;
- nie wykonywać podłączeń przykanalików do istniejących studzienek betonowych;
- sieć wyposażona w mierniki przepływu.

Podstawowe wytyczne projektowania i wykonawstwa systemu szczelnej kanalizacji (Leak Tight Sewer):

- dopuszcza się wyłącznie rury i kształtki z PE zgrzewane doczołowo lub elektrooporowo;
- połączenia zgrzewane mogą być wykonywane wyłącznie przez przeszkolony personel posiadający odpowiednie certyfikaty;
- końcówki rur wchodzących do studzienek betonowych wyposażone w kołnierze uszczelniające (przejścia szczelne);
- uszczelnienia montowane przy kiniecie i zwieńczeniu studzienek betonowych, studzienki w całości wylwane na placu budowy;
- nie wykonywać podłączeń przykanalików do istniejących studzienek betonowych;
- sieć wyposażona w mierniki przepływu.
-



Zdjęcie 1. Kanalizacja szczelna z rur PE zgrzewanych elektrooporowo



Zdjęcie 2. Przed wylaniem betonowej kinety. Kolnierze uszczelniające na rurach



Zdjęcie 3. Wylanie betonowej kinety



Zdjęcie 4. Uszczelnienie pomiędzy kinetą a trzonem studni betonowej



Zdjęcie 5. Uszczelnienie pomiędzy trzonem a zwieńczeniem studni betonowej



Zdjęcie 6. Przed wylaniem zwieńczenia

Kryteria odbioru wybudowanego fragmentu sieci:

- wszystkie studzienki muszą przejść test szczelności na podciśnienie;
- wszystkie kanały muszą przejść test szczelności na podciśnienie;
- cała kanalizacja musi być poddana inspekcji telewizyjnej;
- należy wykonać badania zagęszczenia obsypki.

Badania sprawdzające, wykonywane na miesiąc przed upływem rocznej gwarancji wykonawcy:

- 20% studzienek kanalizacyjnych jest poddawana testowi szczelności na podciśnienie;
- 20% długości sieci jest poddawana badaniom wielkości ugięcia rur;
- 20% długości sieci jest poddawana inspekcji telewizyjnej.

Pomiary przepływu ścieków w celu określenia szczelności na infiltrację:

- pomiar wykonywany po pozytywnym zakończeniu badań związanych z odbiorem sieci, jeżeli stwierdzono infiltrację wykonawca jest zobowiązany do znalezienia i usunięcia nieszczelności w ramach gwarancji;
- pomiar wykonywany po realizacji 70% podłączeń odbiorców do sieci;
- pomiar wykonywany co 5 lat eksploatacji sieci.

Pomiar przepływu trwa od 3 do 6 miesięcy, i jest realizowany przy pomocy mierników przepływu usytuowanych w specjalnych studzienkach pomiarowych. Rozmieszczenie studzienek pomiarowych jest określone w projekcie sieci kanalizacyjnej, zgodnie z wytycznymi ZWiK Sydney. Jeżeli pomiar wykaże nieszczelność systemu, podejmowane są działania mające na celu wykrycie i usunięcie usterek. ZWiK Sydney zakłada, że ilość wody gruntowej i deszczowej przedostającej się do kanalizacji sanitarnej, zostanie ograniczona do 1% w przypadku kanalizacji szczelnej (Leak Tight Sewer), oraz do 2% w przypadku systemów o niskiej infiltracji (Low Infiltration Sewer).

4.4. Wnioski

Opracowane przez ZWiK Sydney wytyczne i zalecenia, powstały na podstawie wieloletnich doświadczeń eksploatacyjnych z sieciami kanalizacyjnymi wykonanymi z różnych materiałów. Z doświadczeń tych wynika, że jedynie systemy wykonane z tworzyw sztucznych (PVC-U, PP, PE, GRP) są w stanie zapewnić kanalizacji odpowiednią odporność na infiltrację. Systemy z pozostałych materiałów, takich jak kamionka, beton czy żeliwo, nie są dopuszczone przez ZWiK Sydney do stosowania, lub są dopuszczone warunkowo, wyłącznie w specjalnych okolicznościach. Również doświadczenia polskich przedsiębiorstw zajmujących się eksploatacją sieci kanalizacyjnych, potwierdzają wysoką odporność na infiltrację, systemów wykonanych w całości z tworzyw sztucznych. W przeciwieństwie do pozostałych materiałów, połączenia rur i elementów studzienek z tworzyw sztucznych, zgodnie z europejskimi normami, są badane na szczelność nie tylko w warunkach nadciśnienia ale również podciśnienia. Szczelność połączeń jest sprawdzana laboratoryjnie, poprzez wytworzenie wewnątrz rury lub studzienki, podciśnienia powietrza o wartości -0,3 bara. Dzięki jednej ze swych głównych zalet – elastyczności, systemy z tworzyw sztucznych utrzymują szczelność połączeń pomimo ruchów gruntu wywołanych przez jego osiadanie czy wymywanie. Ewentualne awarie połączeń mogą być usunięte w szybki i prosty sposób, dzięki szerokiej dostępności odpowiednich kształtek oraz niskiemu ciężarowi elementów systemu.

Oczywiście nie zachęcam do bezkrytycznego przenoszenia na nasz grunt, wytycznych i zaleceń ZWiK Sydney. Moim zdaniem, wylewanie w całości na placu budowy betonowych studzienek, co jest procesem skomplikowanym i czasochłonnym, można zastąpić zastosowaniem studzienek z tworzywa sztucznego wykonanych i przebadanych zgodnie z normą PN-EN 13598-2. Studzienki te można montować nawet przy poziomie wody gruntowej sięgającej 5 m od dna studzienki - w tych warunkach zachowują one zupełną szczelność. Nie sądzę również, aby w Pol-

sce przyjął się model sieci kanalizacyjnej wykonanej z rur i kształtek PE łączonych elektrooporowo. Koszt takiej sieci znacznie przekracza koszt sieci zbudowanej z rur i kształtek z tworzywa sztucznego łączonych na kielichy z uszczelką gumową. Różnica kosztów wykonania tych dwóch systemów nie jest adekwatna do różnicy w ich szczelności. Generalnie, najlepszy stosunek szczelności do kosztu wykonania, posiada system z tworzywa sztucznego łączony na kielichy z uszczelką gumową, i wyposażony w studzienki zgodne z normą PN-EN 13598-2.

Rozpatrując pozostałe działania ZWiK Sydney sądzę, że badanie szczelności sieci na podciśnienie oraz pomiar przepływu ścieków, są działaniami godnymi naśladowania i znacznie przyczyniają się do wykrywania nieszczelności oraz usterek, a tym samym do zachowania odporności sieci kanalizacyjnej na infiltrację.

Bibliografia:

1. PKN-CEN/TS 15223: 2011 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych – Potwierdzone parametry projektowe podziemnych systemów przewodów rurowych z tworzyw termoplastycznych.
2. PN-EN 545: 2010 Rury, kształtki i wyposażenie z żeliwa sferoidalnego oraz ich złącza do rurociągów wodnych – Wymagania i metody badań.
3. Lars-Eric Janson. Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków. Wydane przez Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych. Toruń 2010.
4. Sydney Water. Leak Tight and Low Infiltration Sewer Systems Overview. October 2011.
5. Sydney Water. Technical Specification For Leak Tight Sewer Systems. December 2012.
6. Sydney Water. Technical Specification For Low Infiltration Sewer Systems. December 2012.