

Badania przewodów kanalizacyjnych zróżnicowane zakresem uzyskiwanej oceny ich stanu technicznego

Tests of sewer pipelines differentiated in terms of the assessment of their technical condition

ANDRZEJ KULICZKOWSKI, JUSTYNA LISOWSKA

DOI 10.36119/15.2024.12.13

Zaproponowano podział metod badawczych przewodów kanalizacyjnych na cztery grupy w oparciu o najnowszą wiedzę, dotyczącą istniejących urządzeń diagnostycznych. Są one zróżnicowane zakresem uzyskiwanej oceny stanu technicznego przewodów i równocześnie kosztami oraz czasookresem wykonywanych badań. Zamieszczono informacje, którą metodę należy zastosować, oczekując uzyskania mniej lub bardziej dokładnej wiedzy o stanie technicznym przewodów kanalizacyjnych.

Słowa kluczowe: *przewody kanalizacyjne, badania, stan techniczny, ocena*

Based on the latest knowledge on existing diagnostic devices for testing the technical condition of sewers, a division of research methods into four groups was proposed. They are differentiated by the scope of the assessment of their technical condition and, at the same time, by the costs and time period of the tests performed. Information was provided on which method should be used in order to obtain more or less precise knowledge about the technical condition of sewage pipes.

Keywords: *sewer pipelines, tests, technical condition, assessment*

Wstęp

Istnieje szereg różnych metod badań przewodów kanalizacyjnych, tańszych i droższych w stosowaniu, umożliwiających uzyskiwanie zróżnicowanych ocen ich stanu technicznego. Nie zawsze jest konieczne stosowanie niektórych kosztownych i jednocześnie czasochłonnych metod badawczych. Z kolei mniej kosztowne i czasochłonne metody badań mogą się okazać niewystarczające do uzyskania oczekiwanej wiedzy o stanie technicznym przewodów kanalizacyjnych. Stąd też dobór odpowiednich badań o optymalnie dobranym koszcie ich realizacji jest niezwykle istotny ze względów organizacyjnych i finansowych.

Badania stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych są niezbędne w celu zagwarantowania pełnienia podstawowej ich funkcji, jaką jest niezawodne i bezpieczne [1] odprowadzanie ścieków od odbiorców do oczyszczalni ścieków. Wraz z upływem czasu w przewodach kanalizacyjnych obserwuje się zmiany ich stanu technicznego związane ze zmianą parametrów materiałowo-wytrzymałościowych rur oraz oddziaływaniem różnych czynników wewnątrz – i zewnątrz kanałowych [2]. Obserwowane zmiany – uszkodzenia – w większości przypadków powodują zmniejszenie

się współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego przewodów kanalizacyjnych. Na przykład w przypadku rur o konstrukcji sztywnej spękaniu, a następnie przemieszczaniu się spękanych fragmentów rur, a w przypadku rur z tworzyw sztucznych ponadnormatywne ich ugięcia, ostatecznie w końcowym etapie mogą powodować zawalenie się kanału, któremu może towarzyszyć zapadnięcie się terenu znajdującego się bezpośrednio nad nim. W większości przypadków są to ulice, których zapadnięcie się zagraża bezpieczeństwu pojazdów [6] i generuje bardzo wysokie koszty usuwania takich awarii. Awarie takie mogą też przyczyniać się do sanitarnego skażenia przyległych terenów. Sanitarne skażenie terenu może być także spowodowane blokadą przepływu ścieków, np. poprzez przerastanie do wnętrza przewodów kanalizacyjnych korzeni drzew, mogących nawet całkowicie powstrzymać przepływ [7].

Aby przeciwdziałać tego typu zagrożeniom niezbędne jest okresowe badanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych [10, 12]. Biorąc pod uwagę fakt, iż długości przewodów kanalizacyjnych w dużych miastach wynoszą setki kilometrów, zagadnieniem niezwykle ważnym – biorąc pod uwagę aspekt kosztowy – jest dobór odpowiednich

metod badań ich stanu technicznego w zależności od rodzaju oczekiwanych wyników.

Poniżej zamieszczono propozycję zestawu metod badawczych ujętych w czterech grupach zróżnicowanych zarówno kosztami badań, jak i uzyskiwanymi efektami tychże badań.

Metoda najtańsza umożliwiająca najszybsze ale tylko wstępne rozpoznanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych w zakresie wykrycia bardzo poważnych uszkodzeń

Badanie niżej opisane jest najtańsze w realizacji. Jest ono w wielu krajach powszechnie stosowane, natomiast w Polsce mało znane. Wykonuje się je przy zastosowaniu nieprzejezdnej kamery ze zmienną ogniskową. W metodzie tej kamera opuszczana jest z powierzchni terenu w kierunku dna studni kanalizacyjnej i sytuowana w osi kanału (Rys.1). Dzięki zmianie ogniskowej obiektywu istnieje możliwość prostoliniowego oglądu wnętrza kanału na odległość maksymalnie (w przypadku niektórych kamer) do ok. 30 m od studni. Rejestrowany obraz sprawia wrażenie, jakby kamera przejeżdżała przez badany kanał.



Rys. 1.
Nieprzejezdna kamera ze zmienną ogniskową [2]
Fig. 1. Immobile camera with variable focal length [2]

Z uwagi na przeszkody napotymane wewnątrz kanału (np. osad czy korzenie drzew), odległość ta może być znacznie mniejsza. Po zbadaniu fragmentu jednego odcinka kanału, kamera obracana jest o 180° co umożliwia zbadanie sąsiedniego odcinka.

Badanie taką kamerą umożliwia jedynie wstępną ocenę stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, z uwagi na m.in. brak możliwości dokładnego oglądu uszkodzeń, a także z uwagi na fakt, że ewentualne przeszkody takie, jak np. osad denne czy korzenie drzew występujące bezpośrednio za studnią kanalizacyjną, mogą częściowo lub całkowicie zasłaniać fragmenty dalszego wnętrza kanału.

Jednak najważniejszą zaletą tego badania jest możliwość zdiagnozowania w ciągu jednej doby w systemie trójmianowym nawet kilkunastu kilometrów przewodów kanalizacyjnych i ustalenia czy badane kanały:

- po pierwsze, stwarzają problemy eksploatacyjne z uwagi na występowanie w nich osadów dennych, korzeni i ewentualnie innych przeszkód,
- po drugie, są zagrożone awarią spowodowaną np. spękaniem lub opadaniem spękanych fragmentów konstrukcji kanałowej.

Kamery te są kilkadziesiąt razy tańsze od tych powszechnie stosowanych (przejezdnych wnętrzem kanałów) i są oferowane przez wiele firm mających je w ofercie. Są one jednak rzadko prezentowane i oferowane w kraju, z uwagi na niski koszt ich zakupu. Oferty producentów dotyczące zakupu kamer są znacznie zróżnicowane. Przykładowo jedna z takich kamer umożliwiająca realizację wyżej opisanego badania jest produkowana w trzech opcjach długości teleskopowego drążka, tj.: 1,5-4,9 m; 2,1-7,3 m; 2,2-9,2 m. Umożliwia ona ogląd przewodów o średnicach 150-1500 mm na odległość do ok. 10,5 m. Inna firma oferuje kamery umożliwiające badanie przewodów kanalizacyjnych w zakresie średnic 100-800 mm na odległość do 30 m, przy 26-krotnym zoomie optycznym i 12-krotnym zoomie elektronicznym.

Opisywane kamery mogą być także zamontowane na pojeździe i opuszczane automatycznie z wnętrza pojazdu (co jest korzystne przy niesprzyjających warunkach pogodowych) po odpowiednim usytuowaniu pojazdu nad studnią kanalizacyjną.

Inspekcja przewodów kanalizacyjnych realizowana tą metodą umożliwia w bardzo krótkim czasie zbadanie wszystkich przewodów kanalizacyjnych w danym mieście i podjęcie następujących decyzji:

- które przewody kanalizacyjne i w jakiej kolejności należy jako pierwsze zakwalifikować do czyszczenia lub usuwania znajdujących się w nich korzeni, a następnie poddać inspekcji dokładnej, opisanej w następnym punkcie 3,
- które przewody i w jakiej kolejności, z uwagi na zagrożenie bezpieczeństwa ich konstrukcji, należy poddać inspekcji dokładnej,
- które kanały, z uwagi na brak poważnych nieprawidłowości eksploatacyjnych i bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa ich konstrukcji, mogą być poddane inspekcji dokładnej w dalszej kolejności.

Badanie dokładne mające na celu wykrycie wszystkich uszkodzeń eksploatacyjnych za wyjątkiem nieszczelności w przewodach kanalizacyjnych posadowionych powyżej zwierciadła wody gruntowej oraz tylko niektórych uszkodzeń konstrukcyjnych mających wpływ na bezpieczeństwo konstrukcyjne rur

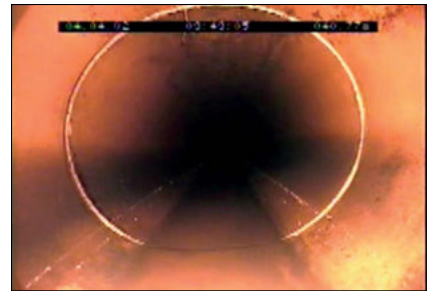
Podstawowym i najczęściej stosowanym badaniem stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych w kraju, umożliwiającym wykrycie wszystkich uszkodzeń eksploatacyjnych z wyjątkiem nieszczelności w przewodach kanalizacyjnych posadowionych powyżej zwierciadła wody gruntowej oraz tylko niektórych uszkodzeń konstrukcyjnych, mających wpływ na bezpieczeństwo konstrukcyjne rur, jest metoda CCTV (ang. Closed-Circuit Television). Badanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych wykonywane jest za pomocą kamer kanalizacyjnych przejezdnych wnętrzem kanałów, zdalnie sterowanych, wyposażonych bardzo często w głowicę obrotową, a niekiedy także w kamerę satelicką. Takie zestawy kamerowe są najbardziej rozpowszechnione i najczęściej stosowane.

Szybki postęp techniczny w elektronice spowodował, że kamery wraz z upływem czasu ulegały ulepszeniom i miniaturyzacji. Współczesne kamery charakteryzują się małymi rozmiarami, bardzo wysoką rozdzielczością, zmienną ogniskową obiektywu i ruchomą głowicą, co znacznie polepsza jakość obrazu

wyszukiwanych uszkodzeń. Na rysunkach 2 i 3 pokazano zdjęcia wykonane kamerą przedstawiające uszkodzenia konstrukcyjne, a na rysunkach 4 i 5 dwa uszkodzenia eksploatacyjne.



Rys. 2.
Pęknięcie podłużne z przemieszczeniem rury (zdjęcie własne)
Fig. 2. Longitudinal crack with pipe displacement (own photo)



Rys. 3.
Ponad normatywne ugięcie rury z tworzywa sztucznego (zdjęcie własne)
Fig. 3. Deflection of a plastic pipe above the norm (own photo)



Rys. 4.
Osad denne (zdjęcie własne)
Fig. 4. Bottom sediment (own photo)



Rys. 5.
Korzenie drzew wrastające do wnętrza kanału (zdjęcie własne)
Fig. 5. Tree roots growing into the sewer (own photo)

Technika CCTV znacznie ewoluowała tworząc systemy w pełni cyfrowe, z możliwością dostosowywania się do wielkości badanych przewodów oraz ich długości. Do inspekcji przewodów kanalizacyjnych kamerami CCTV stosowane są systemy przenośne lub zabudowane na pojazdach inspekcyjnych, które składają się z takich podstawowych elementów, jak:

- panel sterujący z zabudowanym monitorem i urządzeniem nagrywającym,
- manualny lub zautomatyzowany kołowrót z nawiniętym kablem kamerowym i licznikiem badanych metrów,
- wózek kamerowy z napędem kołowym lub gąsienicowym,
- obrotowa głowica cyfrowej kamery z zabudowanym oświetleniem.

W trakcie inspekcji kanału za pomocą techniki CCTV, oprócz obserwacji wizualnych, można prowadzić dodatkowe pomiary, takie jak:

- pomiar spadków,
- pomiar deformacji profilu kanału,
- pomiar wielkości uszkodzeń np. szczelin czy ubytków.

Do badań stosowane są także kamery skanujące wnętrza przewodów kanalizacyjnych. Najnowsze zestawy badawcze wyposażane są w kamery satelickie, umożliwiające w trakcie badania przewodu kanalizacyjnego zbadanie podłączonych do niego przykanalików za pomocą tzw. kamer satelickich stanowiących część wyposażenia tradycyjnej kamery przejezdnej (rys.6).



Rys.6. Kamera przejezdna z opcją kamery satelickiej [12]
Fig.6. Mobile camera with satellite camera option [12]

Stosując badania CCTV za pomocą kamer wyżej opisanych, w zdecydowanej większości przypadków, nie można dokonać oceny bezpieczeństwa konstrukcji przewodów kanalizacyjnych. Kamera kanalizacyjna pokazuje jedynie wnętrze kanału. Badanie kanału powszechnie stosowanymi kamerami CCTV nie dostarcza badającemu informacji o grubości jego ścian, rodzaju złączy rur (dotyczy to głównie rur betonowych: czy jest złącze kielichowe, na styk czy na zakład), szczelności złączy rur w przypadku, gdy zwierciadło wody gruntowej znajduje się poniżej dna kanału, rodzaju zastosowanego uszczelnienia na złączu (uszczelka gumowa czy np. sznur konopny z bitumem), o stanie technicznym zewnętrznej

powłoki rur (która może być w różnym stopniu skorodowana), o sposobie posadowienia kanału (rodzaju podłoża: gruntowe czy betonowe oraz kącie posadowienia kanału na podłożu gruntowym), o rodzaju i parametrach gruntu otaczającego kanał, w tym o możliwości występowania pustek powietrznych lub rozluźnień gruntu na zewnątrz konstrukcji kanałowej.

Mimo to bardzo często stosowane są badania CCTV głównie dlatego, iż pozwalają one m.in. wykryć stany awaryjne lub przed awaryjne konstrukcji kanałowych oraz występowanie wad i nieprawidłowości eksploatacyjnych, takich jak osady denne, przerosty korzeni drzew wrastające do wnętrza kanału, rozsunięcia złączy rur, występowanie nieprawidłowego spadku podłużnego, nieprawidłowego podłączenia przykanalików do kanału, czy występowanie zjawiska infiltracji wód gruntowych do wnętrza kanału.

Badając kanał techniką video należy zatem pamiętać, że badanie takie umożliwia jego eksploatacyjną ocenę, a tylko w pewnych, nielicznych przypadkach, gdy obserwuje się poważne uszkodzenia konstrukcyjne (np. pęknięcia, pęknięcia z przemieszczeniem spękanych fragmentów rur itp.), ocenę bezpieczeństwa jego konstrukcji.

W przypadku braku uszkodzeń, ewidentnie potwierdzających utratę nośności przez przewody kanalizacyjne, nie można na podstawie badań CCTV dokonać oceny ich współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego. Pomocne w zakresie pozyskania dodatkowych informacji o stanie technicznym przewodów kanalizacyjnych

mogą być badania nieniszczące wykonywane przy użyciu innych urządzeń badawczych opisanych w następnym akapicie lub wykonywane ekspertyz konstrukcyjnych opisanych w kolejnym po nim akapicie tego artykułu.

Badania mające na celu pozyskanie dodatkowych informacji o przewodzie kanalizacyjnym i jego otoczeniu przy zastosowaniu innych metod nieniszczących

Techniki diagnostyki rurociągów podziemnych można podzielić na techniki wykorzystujące metody nieniszczące, które są prowadzo-

ne bezwykopowo oraz metody niszczące, polegające na dokładnym zbadaniu przewodów po ich wcześniejszym odkopaniu. Nieniszczące techniki diagnostyki można podzielić ze względu na sposób przeprowadzania kontroli na cztery grupy: inspekcję wizualną (np. przy zastosowaniu inspekcji CCTV), metody elektromagnetyczne (np. przy użyciu georadarów przejeżdżających wnętrzem przewodów), metody akustyczne (np. z użyciem sonarów) oraz metody ultradźwiękowe (np. stosując metodę Seismic Pulse Echo).

Liczba metod stosowanych do nieniszczących badań rurociągów stale wzrasta. Przykładowo liczba dostępnych metod do inspekcji rurociągów wzrosła w USA z 19 w 2009 roku do 37 [8] w 2012 roku. Każda z tych metod posiada swoje zalety i ograniczenia, dlatego ważnym aspektem jest umiejętność ich doboru. Ważnym badaniem jest badanie szczelności przewodów kanalizacyjnych [9], szczególnie w przypadku, gdy zwierciadło wody gruntowej jest poniżej dna kanału. Można badać całe odcinki między kolejnymi studniami kanalizacyjnymi, poszczególne złącza rur, a także szczelność studni kanalizacyjnych. W badaniu szczelności przewodów kanalizacyjnych może być przydatna także metoda elektroskanowania [4].

Kolejne badanie dotyczy wykrywania ewentualnych pustek powietrznych w gruncie spoistym wokół nieszczelnej konstrukcji kanałowej. Pustki powietrzne wokół rur zagrażają zapadnięciem się terenu nad kanałem. Przejezdne georadary [3] przemieszczając się wnętrzem kanału wykrywają pustki powietrzne. Posiadają one kamerę inspekcyjną (rys.7), a także mogą

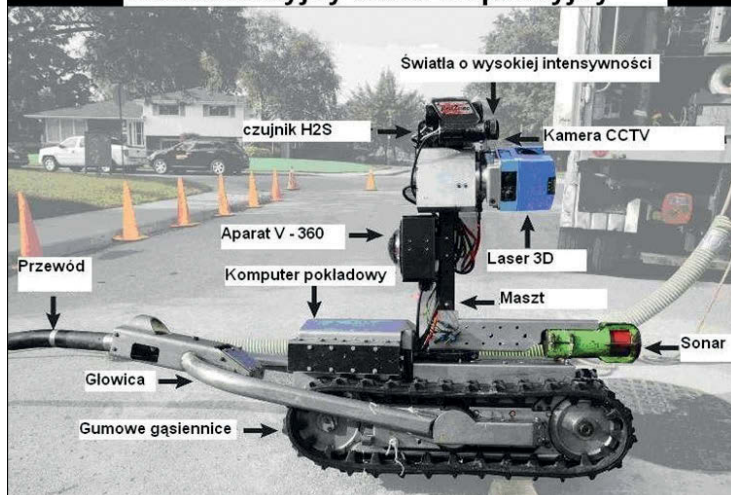


Rys.7. Georadar przemieszczający się wnętrzem kanału (zdjęcie własne z wystawy konferencyjnej)
Fig.7. Ground penetrating radar moving inside the sewer (own photo from the conference exhibition)

mierzyć grubość ścian kanału, wykrywać wady w materiale konstrukcji kanałowej oraz ustalać grubość otuliny zbrojenia.

Aktualnie wprowadzono już do stosowania kamery kanalizacyjne z sonarem (określającym m.in. lokalizację i ilość osadu), laserem 3D (umożliwiającym uzyskanie dokładnego kształtu powierzchni rury), a także miernikiem

Wielofunkcyjny robot inspekcyjny



Rys.8. Wielofunkcyjny robot inspekcyjny badawczy [5]
Fig.8. Multi-functional inspection research robot [5]

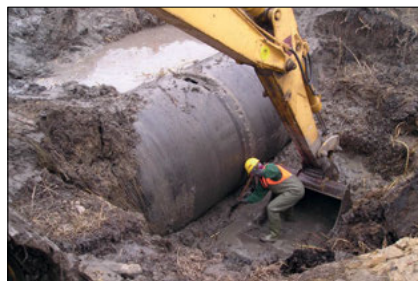
stężenia H_2S i temperatury ścieków (rys.8) zwane często robotami inspekcyjnymi. Niektóre z oferowanych kamer, oprócz sonaru, wyposażone są w urządzenie do ultrakustycznej oceny grubości rur i dodatkowo posiadają opcję inspekcji falami elektromagnetycznymi, szczególnie przydatną przy badaniu kanałów wykonanych z rur z betonu sprężonego [5]. Opisane wyżej rozwiązania wskazują na wyraźnie obserwowany trend łączenia funkcji tradycyjnej kamery przejezdnej z innymi urządzeniami diagnostycznymi.

W chwili obecnej najtrudniejsza jest ocena stanu technicznego kanałów wykonanych z rur z betonu sprężonego. Z uwagi na specyfikę konstrukcyjną tych rur, w celu uzyskania ich pełnej diagnostyki wymagane jest zastosowanie aż czterech różnych technik badawczych, aby zrekompensować ograniczenia badawcze każdej z nich. Są to kolejno: wykrywanie akustyczne nieszczelności, system oceny wzrokowo-dźwiękowej, badanie elektromagnetyczne i metoda uderzeń/echo. Zostały one opisane m.in. w [13] natomiast opis niektórych z powyższych badań zamieszczono także w [10,12].

Zastosowanie opisanych w tym punkcie badań jest np. konieczne w przypadku badania rur wykonanych z betonu sprężonego lub sprawdzania czy przewód kanalizacyjny jest szczelny, gdy zwierciadło wody gruntowej znajduje się poniżej dna kanału. W przypadkach, gdy zestaw kamerowy jest wyposażony w georadar, sonar czy laser, badanie przewodu kanalizacyjnego może być wykonane jednorazowo. W niektórych przypadkach pozyskanie w ten sposób dodatkowych informacji o grubości ścian kanału, występowaniu pustek powietrznych w gruncie po zewnętrznej stronie kanału czy informacji o szczelności przewodu umożliwia podjęcie decyzji dotyczącej stwierdzenia, czy konieczna jest odnowa kanału i jaki rodzaj technologii odnowy należy zastosować.

Badanie mające na celu uzyskanie pełnej informacji o stanie technicznym przewodów kanalizacyjnych umożliwiające dokonanie oceny bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur

Badanie stanu technicznego przewodu kanalizacyjnego mające na celu uzyskanie pełnej informacji o stanie technicznym przewodów kanalizacyjnych, umożliwiające dokonanie oceny bezpieczeństwa konstrukcyjnego



Rys.9. Odkopywanie kolektora żelbetowego celem wykonania ekspertyzy konstrukcyjnej (zdjęcie własne)
Fig.9. Excavation of a reinforced concrete sewer main in order to perform a structural assessment (own photo)



Rys.10. Nieniszczące badanie sklerometryczne jakości betonu w rurach z betonu sprężonego (zdjęcie własne)
Fig. 10. Non-destructive sclerometric testing of concrete quality in prestressed concrete pipes (own photo)

rur, polega na wykonaniu ekspertyzy konstrukcyjnej. Jest ona możliwa po odkopaniu kanału (rys.9) i wykonaniu określonych badań. Konieczne jest wtedy wykonanie pomiarów geometrycznych kanału, badań parametrów materiałowych i wytrzymałościowych jego konstrukcji (rys.10), wykonywanych najczęściej metodami nieniszczącymi oraz dokonanie oceny sposobu posadowienia kanału w gruncie. W przypadku kanałów żelbetowych istotne jest ustalenie rodzaju zastosowanych prętów zbrojeniowych (rodzaj stali, średnica prętów), odległości rozmieszczenia prętów zbrojeniowych oraz grubości otuliny zbrojenia. Wskazane jest także sprawdzenie szczelności złączy rur oraz sposobu ich uszczelnienia.

Istotne dla dokonania oceny bezpieczeństwa konstrukcji kanałowych są także geotechniczne badania gruntu wokół kanału. Badania te umożliwiają określenie rodzaju gruntu zasypowego oraz stopnia jego zagęszczenia. Wielkości te są niezbędne do ustalenia obciążeń oddziałujących na konstrukcję kanałową. Następnie należy wykonać obliczenia statyczne – wytrzymałościowe uwzględniając wpływ reologiczne, jakie zaszły w gruncie po wbudowaniu kanału. Obliczenia statyczne – wytrzymałościowe umożliwiają określenie współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego badanego kanału.

Ekspertyza wskazana jest szczególnie w przypadku dużych kolektorów kanalizacyjnych, gdy nieznanne są parametry materiałowo-wytrzymałościowe rur oraz sposób ich posadowienia na dnie wykopu, a także wtedy, gdy brak odpowiednich urządzeń badawczych opisanych wcześniej uniemożliwia zbadanie grubości ścian kanału, stwierdzenia czy jest on szczelny i czy nie przedostaje się do jego wnętrza grunt z otoczenia zewnątrzkanalowego.

Ekspertyza konstrukcyjna zalecana jest także w przypadku modernizacji nawierzchni ulicznej oraz w innych sytuacjach, powodujących zwiększenie się obciążeń oddziałujących na przewód kanalizacyjny. Wynik ekspertyzy konstrukcyjnej umożliwia podjęcie decyzji o doborze odpowiednich metod odnowy (napraw, rehabilitacji, wymian) przewodów kanalizacyjnych.

Dobór rodzaju badań

Zastosowanie pierwszej z opisanych metod umożliwia bardzo szybką, ale tylko wstępną ocenę stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych umożliwiającą jednak:

- szybkie podjęcie działań na odcinkach kanałowych wymagających pilnej interwencji,
- zaplanowanie kolejności badań kanałów metodą CCTV na tych odcinkach, na których są one konieczne.

W przypadku najczęściej stosowanej metody CCTV, umożliwiającej dokładny ogląd

wnętrza przewodów kanalizacyjnych, wyniki badań zestawiane są w odpowiednich protokołach, przy zastosowaniu określonej klasyfikacji uszkodzeń. W Polsce najczęściej stosowana jest w tym celu norma [11]. Z uwagi na zróżnicowany stan techniczny przewodów kanalizacyjnych w zakresie rodzaju, wielkości i częstotliwości występowania różnych uszkodzeń, opracowywane są w różnych krajach metody, umożliwiające kwalifikowanie badanych przewodów do jednej z kilku (z reguły trzech, czterech, pięciu lub sześciu) klas stanu technicznego, stanowiących następnie podstawę do ustalania kolejności ich odnowy.

W niektórych krajach, np. w Niemczech, USA czy Kanadzie, stosowanych jest aktualnie jednocześnie kilka różnych metod umożliwiających ustalanie klas stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Kwalifikowanie przewodów kanalizacyjnych do jednej z kilku klas stanu technicznego [1,2,10] jest przydatne zarówno do planowania dalszej ich diagnostyki, w tym głównie kolejnych inspekcji CCTV, jak również do ustalania kolejności przewodów planowanych do bezwykopowej odnowy.

Badania te w wielu przypadkach mogą być uzupełniane dodatkowymi badaniami nieniszczącymi, np. stosując badanie georadarem czy dokonując elektroskanowania przewodów.

Z kolei wykonanie ekspertyzy konstrukcyjnej kanału umożliwia ustalenie wielkości współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego, a tym samym dobór optymalnej bezwykopowej technologii jego rehabilitacji.

W przypadku, gdy uzyskany współczynnik bezpieczeństwa konstrukcyjnego jest niższy od wymaganego, należy zastosować technologie rekonstrukcyjne (ang. fully structural rehabilitation), a w przypadku, gdy jest on wyższy od wymaganego, a przewody kanalizacyjne są nieszczelne lub obserwuje się w nich pewne procesy destrukcyjne, np. korozję ścian kanałów, wystarczy zastosować tańsze od rekonstrukcyjnych technologie renowacyjne (ang. non structural rehabilitation). Gdy współczynnik bezpieczeństwa jest w niewielkim stopniu niższy od wymaganego, można rozważyć zastosowanie technologii częściowo rekonstrukcyjnych (ang. partially structural rehabilitation), częściowo wzmacniających konstrukcję, w stopniu gwarantującym uzyskanie wymaganego współczynnika bezpieczeństwa.

Uwagi końcowe

1. Dobór odpowiedniej metody badania stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych uzależniony jest od oczekiwanych wyników badań. W pierwszej kolejności należy ustalić, jakie wyniki badań są konieczne, biorąc pod uwagę przyczyny podjęcia decyzji o badaniu stanu technicznego kanału. W zależności od rodzaju oczekiwanych wyników badań, należy wybrać odpowiednią metodę badań spośród czterech wyżej opisanych.

2. Badaniem stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych najczęściej stosowanym, biorąc pod uwagę względy techniczno-ekonomiczne, jest metoda CCTV. W oparciu o uzyskane za pomocą tej metody wyniki badań, można w zdecydowanej większości przypadków jedynie tylko szacować stan techniczny badanych przewodów, kwalifikując je do jednej z kilku kategorii prawdopodobieństwa wystąpienia ich awarii konstrukcyjnej lub eksploatacyjnej. Umożliwia to wstępne ustalanie kolejności przewodów kanalizacyjnych wytypowanych do odnowy. Wyjątkiem, w którym to badanie jest wystarczające do podjęcia decyzji o rodzaju odnowy przewodu kanalizacyjnego, jest zaobserwowanie uszkodzeń świadczących o utracie przez nie nośności.
3. Decyzję o ewentualnej odnowie przewodu kanalizacyjnego podejmuje się bardzo często wyłącznie w oparciu o badania CCTV. Może to prowadzić do podjęcia błędnych decyzji np.:
 - zastosowania odnowy dla kanału, który nie wymaga odnowy,
 - niezastosowania odnowy dla kanału, dla którego jest ona niezbędna,
 - zastosowanie niekonstrukcyjnej rehabilitacji (renowacji), np. tylko uszczelnienia kanału, podczas gdy jest konieczna jego konstrukcyjna rehabilitacja (rekonstrukcja) lub wymiana i odwrótnie.
4. Przewody kanalizacyjne wytypowane do odnowy w oparciu o badania CCTV należy poddać ekspertyzie konstrukcyjnej w przypadku, gdy uzyskane dane z tych badań nie umożliwiły wykonania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, których celem jest ustalenie współczynnika konstrukcyjnego rur, co umożliwia dobór odpowiedniej technologii ich bezwykopowej rehabilitacji
5. Niektóre z urządzeń diagnostycznych nie są aktualnie dostępne w kraju. Urządzenia te są stosowane w niektórych krajach, głównie w USA, zaledwie od kilku lub kilkunastu lat. Aktualnym trendem jest łączenie w jednym urządzeniu możliwości jednoczesnego wykonywania kilku różnych badań. W wielu przypadkach istotnie wzbogacają one wiedzę o badanym kanale, umożliwiając podjęcie decyzji, czy odnowa jest konieczna, czy nie, bez wykonywania ekspertyzy konstrukcyjnej kanału. Obecny stan wiedzy o tych urządzeniach umożliwia stwierdzenie, że nadal nie są one w stanie przejąć w całości wszystkich zadań realizowanych w trakcie ekspertyzy konstrukcyjnej wykonywanej na odkopanej konstrukcji kanałowej i wokół niej, mającej na celu zebranie danych, niezbędnych do obliczenia współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego kanału.
6. Należałoby w badaniach stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych stosować mało rozpowszechnioną w kraju technikę

diagnostyczną, polegającą na zastosowaniu kamer opisanych w pierwszej metodzie. Brak wiedzy o zaletach nieprzejezdnych kamer ze zmienną ogniskową obiektywu wynika głównie z braku odpowiedniego propagowania ich w kraju. Jest to wysoce efektywna kosztowo metoda wstępnego diagnozowania stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Kamery te są wielokrotnie tańsze od kamer przejezdnych. Podstawową ich zaletą jest bardzo szybki czas badań, umożliwiający zbadanie nawet do ok. 450 km przewodów kanalizacyjnych miesięcznie, przy codziennej jednozmiannowej pracy 3 ekip badawczych.

LITERATURA

- [1] Królikowska J.: Niezawodność funkcjonowania i bezpieczeństwa sieci kanalizacyjnej. Monografia nr 382, Politechnika Krakowska, Kraków, 2010.
- [2] Kuliczowska E.: Kryteria planowania bezwykopowej odnowy nieprzejezdnych przewodów kanalizacyjnych, monografia nr M3, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2008..
- [3] Kuliczowska E., Nadstawna E.: Diagnostyka przewodów kanalizacyjnych georadarami przemieszczającymi się w ich wnętrzu. INSTAL, 2012, 2, 64-66. bwmeta1.element.baztech-448bbe5-5-d05-4911-8bf2-ddb0046a2774
- [4] Kuliczowska E., Mogielski K.: Diagnostyka stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem metody elektro-skanowania. INSTAL, 2014, 1, 37-41
- [5] Kuliczowska E.: Metody oceny stanu technicznego i rehabilitacji magistral wodociągowych wykonanych z rur z betonu sprężonego. Technologia wody, 2014, 5, 22-28.
- [6] Kuliczowska E.: The interaction between road traffic safety and the condition of sewers laid under roads, Transportation Research Part D, 2016, 48, 203-213. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.025>
- [7] Kuliczowska E., Parka A.: Management of risk of environmental failure caused by tree and shrub root intrusion into sewers, Urban Forestry & Urban Greening, 2017, 21, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.001>
- [8] Kuliczowski A., Możliwości oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, Materiały konferencyjne: XIII konferencja naukowo-techniczna, Warsztaty pracy rzeczoznawcy budowlanego, Kielce-Cedzyna, 2014, 293-305.
- [9] Lisowska J.: Propozycja klasyfikacji zjawiska infiltracji wody gruntowej do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Instal, 2004, 12, 50-54.
- [10] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2010.
- [11] PN-EN 13508-1 Stan kanalizacyjnego systemu zewnętrznego – część 2: System kodowania w ocenie wizualnej.
- [12] Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Kuliczowskiego: Technologie bezwykopowe w Inżynierii Środowiska, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, Warszawa, 2010.
- [13] Wagner T., Woodcock M.: Development and implementation of a comprehensive condition assessment rating system for prestressed concrete cylinder pipelines. Proceedings of 21th No-Dig Conference 2011, North American Society for Trenchless Technology, Washington, D.C., 2011, 1-8.