

Przewód transportowy z żeliwa sferoidalnego DN 250 mm

Dr hab. inż. Andrzej Raganowicz

Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Hachinger Tal, Taufkirchen, Niemcy

Związek Celowy (pn. Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Hachinger Tal) eksploatuje rozdzielczą infrastrukturę kanalizacyjną trzech gmin bawarskich: Oberhaching, Taufkirchen i Unterhaching zlokalizowanych na południowym obrzeżu miasta Monachium. W latach 2003-2007 Związek Celowy zrealizował dużą inwestycję o kubaturze finansowej wynoszącej 16 milionów Euro. W okresie tym zbudowano siedem pneumatycznych stacji pomp, kilka kilometrów przewodów kamionkowych DN 250 mm, kilkadziesiąt przyłączy kamionkowych DN 150 mm i przewód transportowy z żeliwa sferoidalnego DN 250 mm o długości 5500 m. Projekt ten był konsekwencją ogólnego planu zakładającego 100% skanalizowanie Bawarii do roku 2000 mającego z kolei związek z Ramową Wytoczną Unii Europejskiej 2000/60 dotyczącą jednolitej polityki europejskiej w kwestii ochrony zasobów wodnych. W wyniku realizacji tego ambitnego projektu Związek Celowy skanalizował 98% powierzchni zlewni cieku Hachinger Bach, w której eksploatuje przedmiotową kanalizację. Okres realizacji tej inwestycji zbiegł się z fazą kryzysu gospodarczego w Niemczech, co miało korzystny wpływ na ceny oferowane przez firmy budowlane. Głównym założeniem projektowym było uzyskanie maksymalnych efektów eksploatacyjnych i osiągnięcie zaplanowanej żywotności technicznej obiektów kanalizacyjnych. Dlatego też Związek Celowy przejął kompletny nadzór budowlany nad realizowanymi robotami oraz zarządzaniem ich jakością.

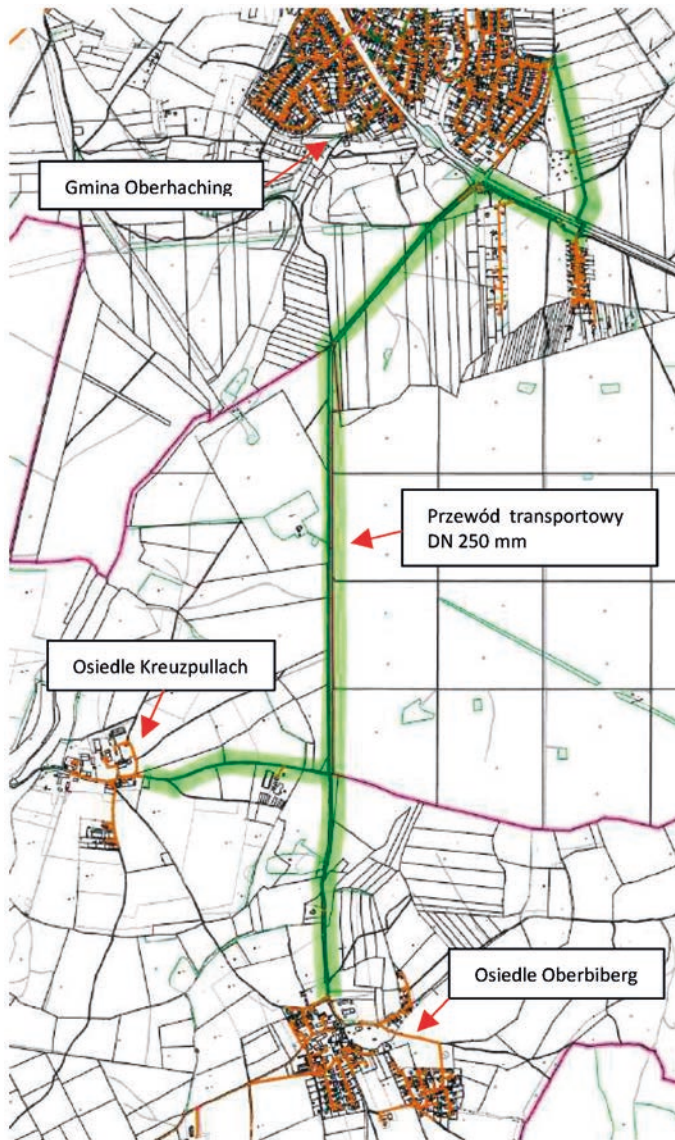
Wszystkie przewody kanalizacyjne wykonano w technologii wykopowej. Dużym utrudnieniem realizacyjnym było występowanie zeskalonych formacji geologicznych zwanych „Nagelfruh” (konglomerat). Są one zbudowane ze żwirów oraz rumoszu skalnego i zespolone spoiwem wapiennym pochodzącym z północnego łańcucha Alp. Warstwy te osiagają w obszarze przedgórze alpejskiego niejednokrotnie kilkumetrowe miąższości i występują płytko pod powierzchnią terenu. Stąd też konieczne było zaangażowanie ciężkiego sprzętu z głowicą frezującą w celu wykonania wykopu z docelową głębokością (rys. 1). Przed planowaniem przewodów kanalizacyjnych przeprowadzono sondowania sondą typu SPT wszystkich tras kanałów w odstępach od 50 do 100 m. Pomimo szczegółowej analizy przekrojów podłużnych przewodów z naniesionymi diagramami sondowań doszło w fazie roboczej do wielu niespodzianek i dyskusji z wykonawcą dotyczących oszacowanej w przedmiarze robót kubatury zeskalonych formacji „Nagelfruh”. W ramach budowy 300-metrowego odcinka kanału kamionkowego DN 250 mm w osiedlu Oberbiberg, ze względu na niekorzystne uwarunkowania lokalne, przetestowano zastosowanie płynnego gruntu w strefie zasyпки i wypełnienia wykopu.

PRZEWÓD TRANSPORTOWY Z ŻELIWA SFEROIDALNEGO

Jednym z istotnych komponentów zrealizowanej inwestycji kanalizacyjnej był przewód transportowy z żeliwa sferoidalnego DN 250 mm o długości 5500 m. Połączył on osiedle Oberbiberg i Kreuzpullach z gminą Oberhaching (rys. 2). Dzięki korzystnemu spadkowi podłużnemu wzdłuż trasy kanału możliwa była koncepcja przewodu grawitacyjnego, co miało istotne znaczenie dla przyszłych kosztów eksploatacyjnych. Kanał ułożono w podsypce piasku średniego na głębokości $2 \div 3$ m poniżej poziomu terenu w 2004 roku. Jego trasa przebiega w korpusie chodnika, wzdłuż drogi państwowej St 2368. Na całej trasie kanału transportowego ułożono 6 przykanalików, z czego 4 podłączono do studni rewizyjnych, a 2 bezpośrednio do przewodu żeliwnego. Długość pojedynczych odcinków (odległość między dwoma studzienkami rewizyjnymi) wynosiła około 100 m. Aspekty wykonawczo-techniczne, takie jak krótki czas realizacji inwestycji, płytkie posadowienie i żywotność techniczna, zadecydowały o wyborze rur z żeliwa sferoidalnego DN 250 mm o długości $L = 6,5$ m. Powłokę wewnętrzną tych rur tworzy 3-milimetrowa warstwa mineralna z zaprawy cementowej. Natomiast ich powierzchnia zewnętrzna jest zabezpieczona dwuwarstwowo. Bezpośrednio na rurze nałożona jest powłoka cynkowa pokryta warstwą ochronną z tworzywa sztucznego. Kielichowe połączenia rur są wyposażone w elementy uszczelniające typu TYTON®. Wyróżnia je prosta konstrukcja i duża elastyczność umożliwiającą wzajemny obrót łączonych rur o 5° . Żeliwo sferoidalne jest materiałem częściowo sztywnym i częściowo podatnym.

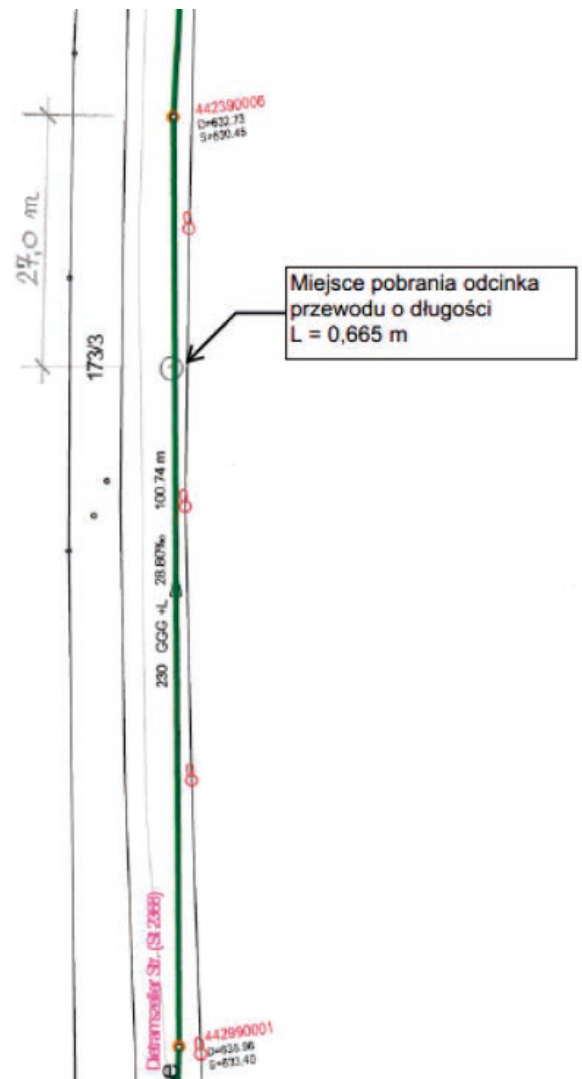


Rys. 1. Głowica frezująca umożliwiająca wykonanie wykopu w miejscach występowania zeskalonych warstw podłoża gruntowego (źródło: Raganowicz)



Rys. 2. Trasa przewodu transportowego z żeliwa sferoidalnego DN 250 mm
(źródło: Raganowicz)

Po pięcioletniej eksploatacji, zgodnie z warunkami umowy, przeprowadzono odbiór gwarancyjny w marcu 2010 roku. Analogicznie jak w przypadku pierwszego odbioru inwestor wykonał inspekcję optyczną, a badania szczelności wykonała specjalistyczna firma. Organizacja i finansowanie odbiorów leży w gestii inwestora. Wyniki badań szczelności nie budziły wątpliwości, ale wnikliwa analiza dokumentacji optycznej wykazała niepokojące rdzawe przebarwienia powłoki wewnętrznej wraz z podłużnymi rysami w wielu miejscach na trasie całego przewodu. Intensywny kolor tych przebarwień, jak również niejednokrotnie duże ich powierzchnie sugerowały wstępnie dalece zaawansowaną korozję przewodów żeliwnych. Po wstępnej konsternacji z uwagi na powszechnie znaną wysoką jakość rur z żeliwa sferoidalnego przyszedł okres na pragmatyczne podejście do istniejących faktów wynikających z rzetelnie przeprowadzonych badań. Początkowe rozmowy z wykonawcą i producentem rur, po udostępnieniu im pełnej dokumentacji odbioru, nie przyniosły oczekiwanego efektu. Wykonawca twierdził, że zbudował kanał zgodnie z projektem nie budzącym zastrzeżeń wykonawczych i sztuką inżynierską, stosując materiał budow-



Rys. 3. Miejsce pobrania fragmentu przewodu żeliwnego o długości 665 mm
(źródło: Raganowicz)

W praktyce wszystkie rury podatne, w tym żeliwne, ulegają w trakcie eksploatacji większym lub mniejszym deformacjom. Sytuacja ta prowadzi do powstania rys podłużnych w wewnętrznej powłoce mineralnej. Wykładzina wewnętrzna z zaprawy cementowej powinna wykazywać zdolność do samoregeneracji czyli zasklepiania się rys w wyniku pęcznienia zaprawy cementowej przy kontakcie z wodą lub wskutek tworzenia się kryształów węglanu wapnia i ich osadzaniu się podczas reakcji chemicznej jonów wapnia i wodorowęglanów. Doświadczenia eksploatacyjne autora nie potwierdziły zapewnień producenta dotyczących zasklepiania się powstających rys.

Pierwszy odbiór przewodu transportowego miał miejsce w kwietniu 2005 roku i obejmował inspekcję optyczną przeprowadzoną przez inwestora za pomocą systemu optycznego firmy IBAK oraz badanie szczelności według normy DIN EN 1610 [1], które zlecono specjalistycznej firmie niezależnej od wykonawcy. W związku z pozytywnymi wynikami tych badań, które nie przekroczyły kryteriów normowych, obiekt przyjęto do eksploatacji. Koszty budowy tego obiektu wyniosły ostatecznie brutto około 2 miliony Euro.

lany o wysokiej jakości. Inwestor zaakceptował tę opinię. Natomiast producent rur sugerował, że przebarwienia nie mają związku z korozją, gdyż rysy w powłoce wewnętrznej ulegają zasklepieniu. W tej sytuacji konieczne było podjęcie radykalnych kroków umożliwiających zdobycie twardych argumentów technicznych, które zapewniłyby wygranie procesu sądowego z producentem rur żeliwnych.

Związek Celowy podjął decyzję dotyczącą pobrania próby kanału w miejscu wystąpienia najbardziej wyraźnego i największego przebarwienia. Czynność tą związane z natychmiastowym wbudowaniem brakującego fragmentu kanału w celu zapewnienia ciągłości eksploatacji. Obie końcówki ponownie wbudowanego odcinka uszczelniono za pomocą specjalnych manszet gumowych. Próbę rury żeliwnej o długości 665 mm pobrano w odległości 200 m na północ od osiedla Oberbiberg (rys. 3) i przekazano renomowanemu instytutowi badawczemu w czerwcu 2010 roku w celu przeprowadzenia badań stwierdzających zaawansowaną korozję pobranej próbki. Wnętrze pobra-

nej próbki kanału z wyraźnymi śladami korozji przedstawiono na rys. 4, a powiększenie środkowego uszkodzenia wraz z rysą podłużną na rys. 5. Jednocześnie pobrano kwalifikowaną próbę ścieków bytowych z kanału żeliwnego i zlecono specjalistycznemu laboratorium zbadanie jej składu chemicznego w celu ustalenia agresywności transportowanego medium. Badania chemiczne wykazały normalny stan zanieczyszczenia ścieków. Zwrócono jednak uwagę na nieznacznie podwyższony stosunek CSB/BSB₅ i podwyższoną zawartość związków lipofilowych.

METALOGRAFICZNO-CHEMICZNE BADANIA POBRANEJ PRÓBY PRZEWODU Z ŻELIWA SFEROIDALNEGO

Instytut badawczy – TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Nürnberg wykonał serię badań dostarczonego materiału obejmującą wstępne oględziny i badania metalograficzno-chemiczne [2]. Dostarczony odcinek rury miał następujące wymiary:

- długość: 665 mm,
- średnica zewnętrzna: 273 mm,
- średnica wewnętrzna: 250 mm,
- grubość ścianki żeliwnej: 5 mm,
- grubość zaprawy cementowej o wielowarstwowej budowie: 5 ÷ 6 mm.

W skład powłoki mineralnej wchodziły trzy warstwy:

- cienka warstwa o barwie jasno szarej i grubości $\ll 1$ mm,
- cienka warstwa zaprawy cementowej o barwie ciemno szarej i grubości ≤ 1 mm,
- warstwa zaprawy cementowo-piaskowej o barwie szarej i grubości 5 mm (uziarnienie piasku ≤ 1 mm).

W trakcie dalszych oględzin zidentyfikowano dwie rysy podłużne (szczelina $< 0,1$ mm) przebiegające po obu stronach środkowej strefy rury (9:00 i 15:00 h na tarczy zegarowej). W miejscach lokalizacji rys występowały rdzawo brązowe przebarwienia spływające w kierunku kinety rury (rys. 4 i 5). W strefie dennej występowały jasne osady lub inkrustacje. Natomiast w stropie przewodu nie stwierdzono poważniejszych uszkodzeń. Z końca rury z wyraźnymi przebarwieniami pobrano dwie próbki materiału o średnicy 12 cm, przy czym jedną z nich podzielono dodatkowo na dwie części. Za pomocą słabych uderzeń młotkiem udało się w przypadku dwóch połówek jednej z prób oddzielić powłokę mineralną od rury żeliwnej. Na odkrytej wewnętrznej stronie żeliwa występowały powierzchniowe formy korozji. Produkty korozji znaleziono również w przekrojach rys. Pomiary karbonizacji próbek odbitej powłoki mineralnej wykazały zróżnicowane wartości, czego efektem były zróżnicowane jej zasięgi od 1 do 5 mm.

Do badań metalograficznych pobrano skorodowaną próbkę rury o grubości ścianki 6 mm. Po odbiciu powłoki mineralnej warstwa żeliwa miała grubość 4,4 mm. Głębokość korozji w ramach skorodowanych powierzchni wynosiła od 1,2 do 1,3 mm. Tak więc udział skorodowanej warstwy żeliwa osiągnął wartość 30%. Struktura samego żeliwa nie budziła zastrzeżeń i dlatego nie mogła być przyczyną powstałych uszkodzeń. Po pobraniu próbek skorodowanej powierzchni żeliwa oznaczono zawartość chlorków. Wyniki tych badań wykazały dużą zawartość chlorków w wewnętrznej strefie żeliwa. W trakcie dalszych badań



Rys. 4. Próbkę kanału żeliwnego z uszkodzoną powłoką wewnętrzną [2]



Rys. 5. Powiększenie środkowego uszkodzenia przedstawionego na rys. 4 [2]

ustalono, że powłoka mineralna w strefie rys utraciła swoją alkalizację wskutek karbonizacji i dyfuzji chlorków. Dlatego też warstwa tlenku na powierzchni żeliwa również utraciła swoją ochronną funkcję. Wilgoć pochodząca ze ścieków i tlen zawarty w strefie gazowej przewodu doprowadziły do zainicjowania procesów korozyjnych. Kończącą konkluzją opinii było stwierdzenie, że resztkowa żywotność techniczna rur z żeliwa sferoidalnego wynosi od 6 do 10 lat.

Ekspertyzę Instytutu TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Nürnberg [2] przekazano niezwłocznie projektantowi, wykonawcy i producentowi rur. Związek Celowy był przygotowany do prowadzenia trudnych rokowań z producentem rur, którego rola w zaistniałej sytuacji była najistotniejsza. Wbrew wstępnym przypuszczeniom producent rur w ramach pierwszej rundy rozmów zaakceptował wyniki ekspertyzy i zobowiązał się do pokrycia wszelkich kosztów związanych z renowacją całego żeliwnego przewodu transportowego. Dodatkowo stwierdził, że powstałe uszkodzenia są wynikiem przypadkowych błędów produkcyjnych. Związek Celowy zaproponował renowację uszkodzonego przewodu na bazie systemu Compact-Pipe (*close-fit*). Procedura ta polega na wbudowaniu do przewodu rękawa z polietylenu (PE) wstępnie zdeformowanego do kształtu litery C lub U, który dzięki „*memory effect*” i ponownej obróbce termicznej przybiera pierwotną formę, dopasowując się *close-fit* do istniejącego przewodu. Wybór technologii Compact-Pipe wynikał z faktu małej liczby przyłączy i korzystnych warunków lokalnych umożliwiających instalację długich rękawów renowacyjnych. Producent rur, wykonawca i projektant przyjęli koncepcję rehabilitacji technicznej przewodu żeliwnego zaproponowaną przez inwestora.

RENOWACJA PRZEWODU TRANSPORTOWEGO DN 250 MM Z ŻELIWA SFEROIDALNEGO NA BAZIE SYSTEMU COMPACT-PIPE (C – INLINING)

Producent rur żeliwnych zlecił wykonanie renowacji przewodu transportowego w systemie Compact-Pipe firmie Diring & Scheidel (D&S), która ma długoletnie doświadczenie w stosowaniu tej technologii. Wbudowany rękaw polietylowy (PE) był produktem firmy WAVIN o następujących parametrach: DA 250 mm (średnica zewnętrzna), SDR 26 (proporcja DA do grubości ścianki), grubość ścianki $s = 9,6$ mm, PN6 (dopuszczalne ciśnienie 6 bar). Firma WAVIN dostarczała na plac budowy rękaw typu C o długości 400 m nawinięty na bębny stalowe. Instalacja długich odcinków rękawa usprawniła realizację robót renowacyjnych (rys. 6).

Realizację robót renowacyjnych ułatwiał fakt, że na całej długości przewodu zlokalizowano tylko 6 przyłączy, z czego 4 łączyły parcelę ze studzienką rewizyjną kanału głównego, a 2 łączyły parcelę bezpośrednio z przewodem. W przypadku tych ostatnich przyłączy, po otwarciu rękawa, wykonano połączenie kanału z przyłączem za pomocą profilu kapeluszowego typu CP-ZA 1012 [3]. Polietylenowy (PE) kołnierz wyposażony jest w spiralę umożliwiającą jego zgrzanie z rękawem oraz uszczelkę gumową. Dodatkowym elementem profilu jest krótki rękaw nasączony żywicą epoksydową, który jest zespolony z kołnierzem. Instalację profilu kapeluszowego wykonuje zdalnie sterowany robot kanałowy (rys. 7). Wnętrze żeliwnego



Rys. 6. Instalacja rękawa Compact-Pipe w ramach odcinka łączącego osiedle Kreuzpullach z przewodem głównym (źródło: Raganowicz)



Rys. 7. Robot kanałowy służący do instalacji profilu kapeluszowego typu CP-ZA 1012 [3]



Rys. 8. Wnętrze przewodu transportowego po renowacji techniką Compact-Pipe
(źródło: Raganowicz)

przewodu transportowego z wbudowanym rękawem typu Compact-Pipe DA 250 mm przedstawiono na rys. 8. W wyniku przeprowadzonej renowacji średnica wewnętrzna przewodu uległa zmniejszeniu do DN 230 mm.

Prace renowacyjne zrealizowano w okresie trzech miesięcy. Ich pierwszy odbiór przeprowadzono w 2011, a odbiór gwarancyjny w 2016 roku. Standardowymi komponentami tych odbiorów była inspekcja optyczna i badanie szczelności według DIN EN 1610 [1]. Analiza dokumentacji odbiorczej nie wykazała uszkodzeń wymagających ich naprawy.

WNIOSKI

Opisany powyżej przypadek budowy transportowego przewodu żeliwnego DN 2500 mm w zlewni ciekłu Hachinger Bach wskazuje na istotne znaczenie odbiorów będących jednym z istotnych komponentów osiągnięcia zaplanowanej żywotności technicznej infrastruktury kanalizacyjnej. W sferze umów publicznych jest to obowiązek o charakterze prawnym, którego zaniedbanie może mieć poważne konsekwencje finansowe

i personalne. Odbiory nowo ułożonych przewodów kanalizacyjnych należy przeprowadzić w terminie określonym w umowie. Obejmują one inspekcję optyczną, badanie szczelności i stopień zagęszczenia wypełnienia wykopu w przypadku technologii wykopowej i głębszego posadowienia kanału według normy DIN EN 1610 [1].

Wykonanie odbiorów nie należy zlecać firmie realizującej zadanie inwestycyjne, gdyż ich wyniki nie będą miarodajne. Zadanie to należy powierzyć firmie niezależnej od wykonawcy. Korzystną opcją jest posiadanie przez inwestora własnej jednostki optycznej. Fakt ten miał decydujące znaczenie w opisanym przypadku kanału żeliwnego. Wysoka jakość dokumentacji telewizyjnej umożliwiła przeprowadzenie dokładnej analizy i oceny stanu technicznego odbieranego obiektu. Jeżeli wyniki inspekcji optycznej budzą pewne wątpliwości, to wskazane jest pobranie próby lub kilku prób wbudowanego materiału. Koszty tych działań są niewspółmiernie niskie do strat, jakie powstaną w wyniku zdecydowanego skrócenia zaplanowanej żywotności technicznej. Zignorowanie obowiązku przeprowadzenia rzetelnych odbiorów transportowego przewodu żeliwnego doprowadziłoby do strat przekraczających sumę jednego miliona Euro.

Innym ważnym elementem zarządzania jakością inwestycji jest prowadzenie również rzetelnego nadzoru inwestorskiego albo budowlanego. Podstawowym wymogiem takiego nadzoru jest codzienny pobyt na placu budowy i kontrola jakości każdej fazy budowy kanału. Na szczególną uwagę zasługuje kontrola jakości rur dostarczonych na budowę, sposobu ich układania w wykopie i kontrola zagęszczenia podsypki, jak również zagęszczenia wypełnienia wykopu.

LITERATURA

1. DIN EN 1610, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 2015.
2. Espertyza Instytutu TÜV Rheinland LGA Bautechnik Nürnberg, 2010.
3. Strona internetowa firmy Diring & Scheidel, www.dus-rohr.de.