

Zastosowanie technologii bezwykopowych do budowy sieciowej infrastruktury podziemnej w Polsce

Application of trenchless technologies for installation of underground pipe network in Poland

ANDRZEJ KOLONKO, CEZARY MADRYAS

DOI 10.36119/15.2020.3.7

W artykule przedstawiono dotychczasowe doświadczenia w zastosowaniu technologii bezwykopowych do budowy przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Omówiono najczęściej stosowane technologie prezentując pierwsze realizacje oraz te najbardziej spektakularne. Polska w tej dziedzinie ma znaczące osiągnięcia w skali europejskiej.
Słowa kluczowe: rurociągi podziemne, metody bezwykopowe, zastosowanie w Polsce

In the paper the state of the art of application of trenchless technologies for water and sewage pipes installation was presented. The technologies most often applied were discussed and the first as well as the most spectacular implementations were presented. Poland can boast of significant achievements in this field on the European scale.
Keywords: underground pipelines, trenchless technologies, applications in Poland

Wprowadzenie

Technologie bezwykopowe znajdują zastosowanie głównie w obszarze infrastruktury podziemnej miast i obejmują zarówno bezwykopową budowę jak i renowację sieci kanalizacyjnych, wodociągowych oraz gazociągów.

W niniejszym opracowaniu omówione zostały wybrane i zdaniem autorów ważniejsze realizacje na sieciach kanalizacyjnych i wodociągowych.

Technologie bezwykopowe do budowy przewodów zapoczątkowały przeciski, a obecnie dominują takie technologie, jak: mikrotunelowanie i przewiertki sterowane.

Rozwój technologii renowacji przewodów przyspieszyło opracowanie metod monitorowania ich stanu technicznego i wizualizacji uszkodzeń. Pierwsze zastosowania kamer TV miały miejsce w połowie lat pięćdziesiątych XX wieku w Kilonii w Niemczech, gdzie skonstruowano i wykorzystano kamerę przystosowaną do inspekcji optycznych nieprzełazowych przewodów kanalizacyjnych [4,14].

Dane statystyczne

Sieć kanalizacyjna

Według danych GUS [1] w roku 2017 długość sieci kanalizacyjnej w Polsce osią-

gnęła 156,8 tys. km, a liczba przyłączy do budynków mieszkalnych – 3,3 mln sztuk. W stosunku do roku poprzedniego długość wybudowanych lub przebudowanych sieci kanalizacyjnych zwiększyła się o ok. 2,8 tys. km, tj. o 1,8%, przy jednoczesnym wzroście liczby przyłączy o prawie 82 tys. szt., tj. o 2,5%. Przyrost długości sieci kanalizacyjnych w latach 2016 – 2017 przedstawiono w tabeli 1 [1].

Tabela. 1. Infrastruktura kanalizacyjna w latach 2016 – 2017
Table 1. Sewage infrastructure in the years 2016 – 2017

Wyszczególnienie	2016	2015 → 100%	2017	2016 → 100%
Sieć kanalizacyjna w tys. km (stan na 31 XII)	154,0	102,9	156,8	101,8
Sieć kanalizacyjna na 100 km ²	49,3	102,3	50,1	101,6
Przyłącza do budynków mieszkalnych w tys. szt.	3225,2	105,0	3307,2	102,5
Ścieki pochodzące od gospodarstw domowych odprowadzone siecią kanalizacyjną w ciągu roku w hm ³	938,1	101,3	954,4	101,7

W roku 2017 na obszarach wiejskich znajdowało się 58,7% sieci kanalizacyjnych oraz 45,3% wszystkich przyłączy kanalizacyjnych do budynków mieszkalnych. W porównaniu z rokiem poprzednim długość sieci na terenach wiejskich wzrosła o 1,6 tys. km (o 1,7%), a liczba przyłączy o ponad 35 tys. szt. (o 2,4%). W analogicznym okresie w miastach wybudowano 1,2 tys. km sieci (wzrost o 1,9%) i zainstalowano ponad 46 tys. szt. przyłączy (wzrost o 2,6%).

W odniesieniu do województw, najbardziej znaczący przyrost sieci kanalizacyjnych w porównaniu z 2016 r. odnotowano w województwach: mazowieckim – o 3,6% oraz dolnośląskim i łódzkim – po 3,0%, najmniejszy zaś w lubuskim – o 0,9% oraz kujawsko-pomorskim – o 1,0%.

W wyniku aktualizacji pomiarów długości sieci kanalizacyjnych przeprowadzonych w poszczególnych gminach województw

świętokrzyskiego oraz lubelskiego, odnotowano ubytek długości sieci. Największe zagęszczenie sieci kanalizacyjnych w 2017 r. wystąpiło na terenie województwa śląskiego – 132 km na 100 km² i małopolskiego – 105 km na 100 km², zaś najmniejsze w województwie podlaskim – 18 km na 100 km² oraz lubelskim – 26 km na 100 km².

Ilość ścieków odprowadzonych od gospodarstw domowych sieciami kanalizacyjnymi w 2017 r. wyniosła 954,4 hm³

(w miastach – 830,9 hm³, a na obszarach wiejskich – 123,5 hm³) i wzrosła w porównaniu z 2016 r. o 16 hm³ (odpowiednio 12 hm³ i 4 hm³). O ile sieci wodociągowe są już zasadniczo zbudowane, to sieci kanalizacyjne są wciąż rozbudowywane, szczególnie na obszarach wiejskich oraz na terenach powstających nowych osiedli.

Sieć wodociągowa

Według danych GUS w roku 2017 długość sieci wodociągowych rozdzielczych osiągnęła 303,9 tys. km, a liczba przyłączy – ponad 5,6 mln sztuk. W porównaniu z 2016 r. długość wybudowanych lub przebudowanych sieci wodociągowych zwiększyła się o 2,9 tys. km (o 1,0%), jednocześnie zaobserwowano wzrost liczby przyłączy do budynków mieszkalnych o 71,1 tys. sztuk (o 1,3%). Przyrost długości sieci wodociągowych w latach 2016 – 2017 ukazano w tabeli 2 [1].

Tabela 2. Infrastruktura wodociągowa w latach 2016 – 2017
Table 2. Water infrastructure in the years 2016 – 2017

Wyszczególnienie	2016	2015 → 100%	2017	2016 → 100%
Sieci wodociągowe rozdzielcze w tys. km (stan na 31 XII)	301,0	101,0	303,9	101,0
Sieci wodociągowe rozdzielcze na 100 km ²	96,3	101,0	97,2	100,9
Przyłącza do budynków mieszkalnych w tys. szt.	5576,2	101,8	5647,3	101,3
Zużycie wody w gospodarstwach domowych w hm ³	1238,1	100,1	1223,6	98,8
Przeciętne zużycie wody na 1 mieszkańca w m ³	32,2	100,0	31,8	98,8

Ponad 77,3% długości sieci wodociągowych oraz 61,6% przyłączy do budynków mieszkalnych zlokalizowanych było na terenach wiejskich. W porównaniu z rokiem poprzednim długość sieci wodociągowych na terenach wiejskich wzrosła o 1,8 tys. km (o 0,8%) i wyniosła 235 tys. km, zaś liczba przyłączy – o 31,3 tys. sztuk (o 0,9%). Natomiast w miastach przybyło ponad 1,1 tys. km nowych sieci (wzrost o 1,6%).

W odniesieniu do województw, największy przyrost sieci wodociągowych zaobserwowano w województwach: mazowieckim – wzrost o 559,0 km, kujawsko-pomorskim – o 236,8 km, pomorskim – o 218,6 km, świętokrzyskim – o 204,3 km oraz wielkopolskim – o 202,8 km, zaś najmniejszy przyrost sieci wystąpił w województwie podlaskim – 26,7 km oraz lubuskim – 71,2 km.

Wraz z rozwojem infrastruktury wodociągowej następuje systematyczne zagęszczenie jej sieci na terenie kraju. W 2017 r. wyniosło ono 97,2 km na 100 km² i w porównaniu z rokiem poprzednim zwiększyło się o 0,9 km na 100 km². Największe zagęszczenie sieci wodociągowych nadal utrzymuje się na terenie województwa śląskiego – 174,7 km na 100 km² (wzrost w stosunku do roku poprzedniego o 1,4 km na 100 km²) i małopolskiego – 134,6 km na 100 km² (o 1,3 km na 100 km²), naj-

mniej zaś w województwie zachodniopomorskim – 49,6 km na 100 km² i lubuskim – 50 km na 100 km² (w obydwu województwach nastąpił wzrost o 0,6 km na 100 km²).

W Polsce obserwuje się systematyczny spadek zużycia wody przez gospodarstwa domowe. W 2017 r. wyniosło ono 1223,6 hm³ i w porównaniu z rokiem poprzednim zmniejszyło się o 14,6 hm³ (spadek o 1,2%), zaś przeciętne zużycie wody przez gospodarstwa domowe przypadające na 1 mieszkańca wyniosło 31,8 m³ i w porównaniu z 2016 r. zmniejszyło się o 0,4 m³. Na obszarach wiejskich zużycie wody na jednego mieszkańca spadło o 0,7 m³, nieznaczny spadek zużycia wody odnotowano też w miastach – 0,1 m³.

Sieci wodociągowe są wciąż rozbudowywane, co wynika głównie z rozwoju budownictwa mieszkaniowego na terenie całego kraju.

Determinanty stosowania technologii bezwykopowych

Bezwykopowe technologie budowy i renowacji przewodów infrastruktury podziemnej stosowane są coraz częściej z uwagi na niżej wymienione uwarunkowania [12]:

Uwarunkowania ekonomiczne decydujące szczególnie w przypadku przewodów kanalizacyjnych planowanych na dużych głębokościach w trudnych warunkach grunto-wo – wodnych w bezpośrednim sąsiedztwie innych sieci uzbrojenia podziemnego, które podczas prowadzenia robót metodami tradycyjnymi łatwo można uszkodzić. W takich warunkach koszty wykonania wykopów, odwodnienia oraz koszty zajęcia terenu i odwarzania konstrukcji jezdni są często znacznie wyższe niż w przypadku zastosowania technologii bezwykopowych.

Uwarunkowania społeczne dominujące w centrach miast, gdzie prowadzenie robót w wykopach otwartych powodowałoby znaczne utrudnienia w organizacji komunikacji – tym bardziej, że układy komunikacyjne w większości polskich miast są niewydolne, nawet bez dodatkowych zakłóceń.

Uwarunkowania ekologiczne związane z prowadzeniem robót w wykopach, to m.in. ingerencja w środowisko naturalne wskutek obniżania poziomu wód gruntowych, ewen-

tualna konieczność wycięcia drzew czy uszkodzenie ich korzeni oraz zwiększona emisja spalin samochodów poruszających się objazdami. Uwarunkowania te wiążą się także ze wzrostem świadomości ekologicznej decydentów i społeczeństwa.

Uwarunkowania lokalne wymuszające konieczność zastosowania technologii bezwykopowych przy budowie sieci pod przeszkodami w postaci ulic, cieków wodnych, pasów startowych czy torowisk. Uwarunkowania lokalne wiążą się też z trudnościami z wykonywaniem wykopów na obszarach, gdzie występuje duże zagęszczenie sieci uzbrojenia podziemnego.

Bezwykopowe technologie budowy przewodów kanalizacyjnych

Klasyfikacja

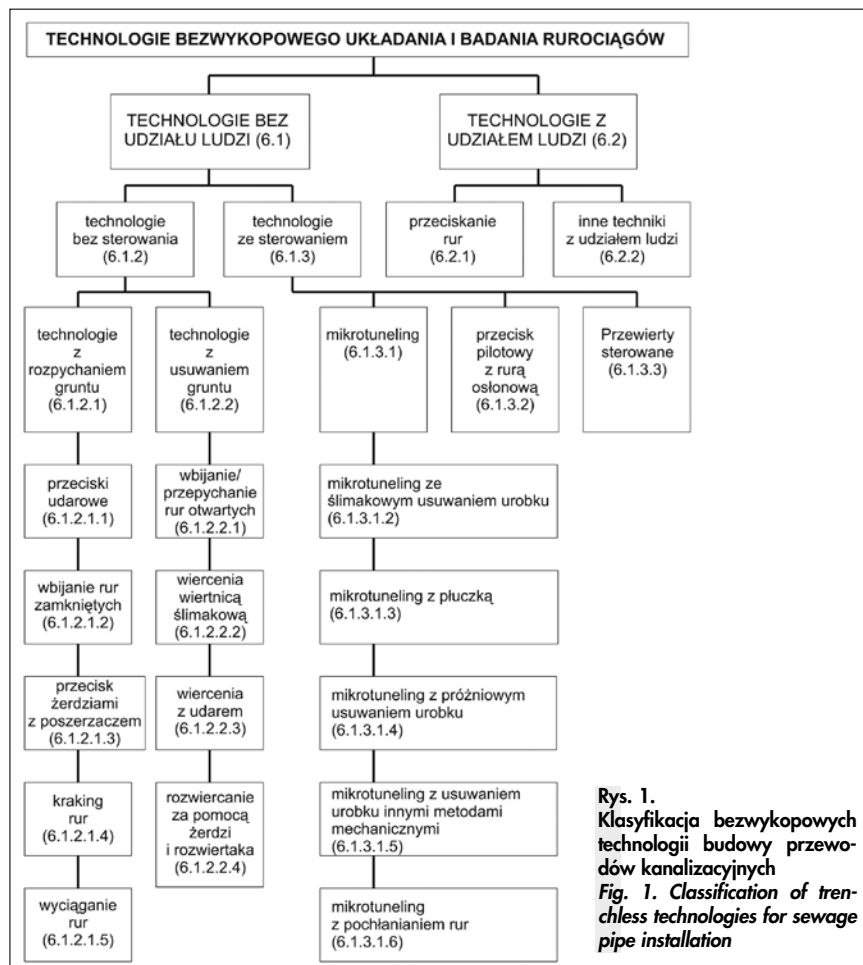
Klasyfikację bezwykopowych technologii budowy przewodów kanalizacyjnych wg normy PN-EN 12889 Bezwykopowa budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych przedstawiono na rys. 1 [22].

W przypadku przewodów kanalizacyjnych zdecydowana większość z nich jest nieprzetazowa. Przy budowie takich przewodów metodami bezwykopowymi najczęściej stosowane są: mikrotunelowanie, przewiertory sterowane oraz przeciski. Dwie pierwsze technologie to technologie sterowane, które umożliwiają zainstalowanie przewodu zgodnie z założonymi spadkami podłużnymi, co jest szczególnie ważne w przypadku kanalizacji grawitacyjnej.

Inne technologie, których nie przedstawiono na schemacie są opisane między innymi w pracach [10,13].

Mikrotunelowanie

Technologia mikrotunelowania została opracowana równolegle przez American Thrustboring Corporation oraz japońską firmę Iseki Poly-Tech w latach 70. XX wieku. Skonstruowana w 1976 roku przez firmę Iseki maszyna umożliwiała mechaniczne i hydrauliczne równoważenie parcia gruntu oraz podtrzymywanie przodka wyrobiska (a tym samym prowadzenie robót w słabych gruntach). Obecnie produkcją maszyn do mikrotunelowania zajmuje się szereg innych firm w tym Soltau, Herrenknecht czy Robbins. Technologia ta pozwala na bezwykopową budowę przewodów w zakresie średnic DN300 do DN4000 [2]. Mikrotunelowanie jest technologią sterowaną, dzięki czemu stosowana jest najczęściej do budowy grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych. Trasa drążonego otworu może przebiegać wzdłuż linii prostej lub po łuku. Transport urobku gruntowego odbywa się zwykle systemem rurocią-gów z zastosowaniem płuczki bentonitowej.



Zestaw do mikrotunelowania składa się z następujących podstawowych systemów:

- system siłowników,
- system płuczki,
- system separacji,
- system smarowania (rubrjacji),
- system sterowania.

W procesie mikrotunelowania można wyróżnić następujące etapy:

- wykonanie komory startowej i odbiorczej,
- wykonanie płyty oporowej i zainstalowanie stacji siłowników hydraulicznych,
- ustawienie maszyny do mikrotunelowania na betonowym podłożu w komorze startowej,
- wprowadzenie maszyny do mikrotunelowania do ośrodka gruntowego,
- ustawienie pierwszej rury przeciskowej z zainstalowanymi w niej rurami do hydraulicznego transportu gruntu,
- wprowadzenie rury do gruntu poprzez wciskanie ramionami siłownika hydraulicznego,
- ustawienie kolejnych rur i ich wciskanie, aż do osiągnięcia komory końcowej.

Rury stosowane do mikrotunelowania oraz technologii przeciskania określane są potocznie jako rury przeciskowe. Projektowane są do przenoszenia obciążeń występu-

jących podczas eksploatacji (np. obciążenie gruntem, obciążenia komunikacyjne, parcie hydrostatyczne wody gruntowej) oraz podczas instalacji – na siły wywołane przeciskaniem (głównie siły podłużne). Cechą wspólną konstrukcji rur przeciskowych jest konstrukcja złączy, które muszą być zlicowane z powierzchnią poboczniczy.

Obecnie stosowane rury przeciskowe produkowane są najczęściej ze stali, betonu, żelbetu, kamionki, polimerbetonu, GRP (rury z żywic poliestrowych wzmacniane włóknem szklanym) oraz topionego bazaltu. Te ostatnie nie są jeszcze wyrobem dobrze znanym, chociaż z uwagi na swoje właściwości wytrzymałościowe i odporność chemiczną, mogą znaleźć szersze zastosowanie przy projektowaniu przewodów narażonych na duże obciążenia mechaniczne i chemiczne. Produkowane są w zakresie średnic od DN100 do DN500 [5,15].

W Polsce pierwsza realizacja z zastosowaniem technologii mikrotunelowania miała miejsce w Toruniu w roku 1998. Projekt wykonała nieistniejąca już firma BETA S.A. dla sieci kanalizacyjnej (średnica 1600 mm, długość 973 m) wykorzystując do tego celu maszynę produkowaną przez firmę Saltua [2].

Obecnie kilka krajowych firm podejmuje się realizacji wielu, nieraz bardzo trudnych

projektów mikrotunelowych. Jednym z takich projektów była budowa kolektora odprowadzającego ścieki do nowej oczyszczalni Czajka w Warszawie. Znaczną część kolektora zbudowano z wykorzystaniem technologii mikrotunelowania.

W ramach projektu konsorcjum firm PRG Metro i Hydrobudowa 9 zbudowało kolektor ogólnospławny DN3000 o długości ponad 5,7 km. Najdłuższy, z realizowanych w ramach tej inwestycji, odcinek osiągnął rekordowe 930 m. Budowę samego kolektora posadowionego na głębokości od 8 do 14 m podzielono na 16 odcinków o długościach od 96 m do 913 m. Projekt przewidywał budowę 10 komór startowych oraz 8 końcowych. Rurociąg zaprojektowano z rur z GRP o sztywności SN40, SN50 oraz SN64. Przy budowie pracowały dwie maszyny mikrotunelowe AVND2000AB i AVND2400AB, których dostawcą była firma Herrenknecht AG. Projekt ten został nagrodzony w roku 2011 przez międzynarodowe stowarzyszenie ISTT (ang. International Society for Trenchless Technology) [25].

Inną znaczącą realizacją w zakresie mikrotunelowania był Kolektor Burakowski bis w Warszawie o długości 3,2 km, również wykonany z rur GRP DN3000 i posadowiony na głębokości od 8,3 do 11,3 m. Jego trasa przebiegała częściowo po łuku o promieniu R=400m. Budowa nowego kolektora umożliwiła renowację starego Kolektora Burakowskiego zbudowanego z rur betonowych. Projekt został nagrodzony statuetką EXPERT 2016 podczas konferencji NO-DIG Poland 2016.

Dynamiczny rozwój mikrotunelowania wynika przede wszystkim z jego zalet, do których zalicza się:

- minimalizację wykopów i ograniczenie osiadań powierzchni terenu,
- możliwość prowadzenia prac bez obniżania zwierciadła wody gruntowej wzdłuż trasy wykonywanego otworu,
- możliwość zmechanizowania robót, eliminującego konieczność pracy ludzi na przodku,
- możliwość stosowania w dowolnych warunkach gruntowych, począwszy od gruntów luźnych do formacji skalnych.

Szczegółowy opis technologii mikrotunelowania można znaleźć m.in. w pracy [13].

Przeciski hydrauliczne (ang. Pipe Jacking)

Technologia przeciskania znalazła szerokie zastosowanie do realizacji podziemnej infrastruktury sieciowej w polskich miastach już w latach 70. ubiegłego stulecia i była wykorzystywana z reguły do bezwykopowego wykonywania przewodów pod przeszkodami zlokalizowanymi poprzecznie w stosun-

ku do ich trasy, takimi jak: drogi, ulice czy nasypy. Pierwsze przeciski wykonywane były zazwyczaj z rur stalowych stanowiących osłonę, do których wprowadzano przewód technologiczny.

W późniejszym okresie zaczęto przepychać prefabrykowane przetazowe rurociągi żelbetowe, a także żelbetowe elementy o przekrojach prostokątnych lub poszczególne segmenty takich przekrojów. W Polsce budowie o przekrojach prostokątnych miały jak dotąd zastosowanie w budownictwie komunikacyjnym [13].

Analogicznie do większości bezwykopowych technologii budowy przewodów, technologia ta polega na wykonaniu przewodu pomiędzy dwoma komorami – początkową i końcową. Średnice przeciskanych rur muszą być takie, aby w ich wnętrzu mogli pracować ludzie urabiający i transportujący urobek. Urabianie gruntu odbywa się ręcznie (w przypadku budowli przetazowych) lub mechanicznie.

Wykonywanie instalacji technologią przeciskania z niezmechanizowaną głowicą jest dość trudne. Podstawowym ograniczeniem przecisków, w takim przypadku, są bardzo małe możliwości korekty kierunku – sterowania. Ograniczenie to jest szczególnie uciążliwe podczas realizacji kanałów grawitacyjnych o małych spadkach i umożliwia wykonywanie wyłącznie odcinków prostoliniowych. Istotną wadą tej technologii jest także konieczność odwodnienia gruntu na całej trasie przecisku. Stąd też technologia ta została praktycznie wyeliminowana i zastąpiona technologią mikrotunelowania. Więcej informacji na temat przecisków hydraulicznych przedstawiono w literaturze tematu [13].

Przewierci sterowane

Na rynku budowlanym znane są różne warianty bezwykopowych instalacji rurociągów podziemnych z zastosowaniem hydraulicznych wiertnic sterowanych. Wybór konkretnej technologii zależy między innymi od takich parametrów, jak:

- długość instalowanego odcinka rurociągu,
- średnica rur,
- rodzaj zastosowanych rur osłonowych,
- warunki gruntowo-wodne,
- możliwości wykonania komory startowej.

Podstawową zaletą przewierci sterowanych jest możliwość bardzo dokładnego kształtowania osi przewodu. Jest to niezwykle istotne w przypadku sieci kanalizacyjnej, gdyż projektowane spadki podłużne kanałów grawitacyjnych są zwykle bardzo małe. Z użyciem tej technologii można budować długie odcinki przewodów kanalizacyjnych dzieląc je na odcinki zdeterminowane przez

położenie studzienek rewizyjnych. Rozstaw takich studzienek wynosi zwykle 40÷50 metrów. Przy wykonywaniu przewierci tą technologią można wyróżnić trzy etapy [13].:

I etap – wykonanie przewierci pilotowego (co ostatecznie określa trasę przewierci). Żerdź pilotowa jest wciskana w grunt, który zagęszcza się wokół powstającego otworu. W trudnych warunkach gruntowych można stosować głowice wyposażone w dysze, przez które dostarczana jest zawieszina bentonitowa, co ułatwia wykonanie przejścia pilotowego.

II etap – poszerzenie otworu z zastosowaniem stalowych rur osłonowych (do wielokrotnego użytku). Urobek gruntowy dostający się przez otwory poszerzacza usuwany jest do wykopu początkowego przy pomocy transporterów ślimakowych. W tym etapie żerdzie pilotowe wypychane są do wykopu końcowego, gdzie są rozmontowywane. W przypadku wykonywania przewierci w gruntach przepuszczalnych, poniżej poziomu wody gruntowej, na początku ślimaka stosuje się specjalną śluzę zapobiegającą napływowi wody do wykopu początkowego.

III etap – polega na wciskaniu z komory startowej rur technologicznych (najczęściej kamionkowych lub bazaltowych) i jednoczesnym wypychaniu stalowych rur osłonowych do wykopu końcowego. W przypadku konieczności wykonania przewierci o średnicach większych od DN500 stosuje się poszerzacz z własnym napędem hydraulicznym. Stalowe rury osłonowe są wypychane do wykopu końcowego i do niego także przemieszczany jest, przy pomocy transportera ślimakowego, urobek gruntowy.

Technologia HDD (ang. Horizontal Directional Drilling)

Technologia HDD została zapożyczona od technologii stosowanych przy poszukiwaniach złóż ropy naftowej i gazu. Jest ona stosowana do bezwykopowej instalacji kabli, przewodów ciśnieniowych oraz (rzadziej) grawitacyjnych. Jej idea polega na wykonaniu otworu pilotowego, jego rozwierceniu do wymaganej średnicy i wciągnięciu w tak przygotowany otwór projektowanej rury lub kabla.

Podstawowymi parametrami decydującymi o możliwości jej zastosowania są długość i średnica przewodu oraz lokalne warunki geologiczne. Przygotowanie instalacji rurociągu (lub kabla) polega na zaprojektowaniu profilu instalacji (tzw. trajektorii), doborze średnicy i materiału przewodu (lub rodzaju kabla), płynu wiertniczego oraz urządzeń wierzących.

Pierwsze instalacje rurociągów metodą wiertniczą zrealizowały zagraniczne spółki

w współpracy z ich polskimi partnerami [23]. LMR Drilling z Niemiec oraz Nacap z Holandii wykonały w latach 1991–1993 kilka projektów dla potrzeb telekomunikacji i gazownictwa. Pionierską instalacją w naszym kraju było przekroczenie rzeki Wisły we Włocławku. Firmy te wykorzystywały pełnowymiarowe wiertnice horyzontalne o sile ciągnięcia przekraczającej 1000 kN. Według informacji zamieszczonych na stronie internetowej spółki Jumarpol z Gliwic, w 1992 r. wykonano pierwszy na Śląsku przewierci pod ul. Czarnoleśną dla spółki wodnej z Rudy Śląskiej. Instalację zrealizowano w kooperacji z firmą INGSTAV Brno S.A., wykorzystując kompaktową wiertnicę Flowtex klasy 70 kN. Pierwszą polską firmą, która zastosowała samodzielnie technologię horyzontalnego wiercenia kierunkowego było Przedsiębiorstwo Budownictwa Telekomunikacyjnego TKC sp. z o.o. w Poznaniu. W roku 1993 na zlecenie firmy AT&T zbudowano linię światłowodową, która przekraczała rzekę Odrę. TKC wykonało dwa przewierci na dystansie 200 m pod dnem rzeki, w miejscowości Zakrzów koło Wrocławia. Spółka zastosowała do instalacji stalowej rury osłonowej o średnicy 200 mm wiertnicę Grundofet 1500 firmy Tracto Technik.

Przez dłuższy czas za duże osiągnięcie technologiczne, nie tylko w skali krajowej, uważano wykonanie przewodu kanalizacji sanitarnej metodą HDD pod Martwą Wisłą koło Gdańska. Zrealizowany projekt jest syfonem zainstalowanym od przepompowni „Bogatka” do komory zasuw i stanowiącym odcinek przewodu tłoczego odprowadzającego oczyszczone ścieki z oczyszczalni ścieków „Wschód” w Gdańsku. Inwestorem przedsięwzięcia był Urząd Miasta, projektantem BSI Polska S.A. z siedzibą w Krakowie, wykonawcą całej inwestycji Hydrobudowa S.A. z Gdańska, dostawcą rur KWH Pipe Polska a wykonawcą przewierci Przedsiębiorstwo BETA S.A. z Warszawy. Zaprojektowany syfon miał długość $L = 513,5$ m oraz średnicę DN1200. Wykonano go z rur PEHD o grubości ścianki $t = 57,2$ mm (SDR21). Promień trajektorii otworu wiertniczego wynosił $R_{rob} = 800,0$ m.

Technologia HDD dzięki swojej innowacyjności i niewątpliwym zaletom została w krótkim czasie zaakceptowana przez biura projektowe i inwestorów. Po ponad 25 latach praktycznego stosowania można stwierdzić, że ta technologia zyskała w Polsce stabilną i silną pozycję, a wykonawcy prac należą do czołówki specjalistycznych firm inżynierskich. Kiedyś wiercenia kierunkowe debiutowały w branży paliwowej i telekomunikacyjnej. Później dołączyły do tego instalacje wodno-kanalizacyjne oraz sieci energetyczne. Zdarzają się pojedyncze projekty związa-

ne z układaniem ciepłociągów, instalacjami drenazowymi i geotermalnymi. Wiertnice służą także do prowadzenia badań geologicznych. Nowe zastosowania i poszerzanie zakresu stosowania to naturalna droga rozwoju dla tej technologii. Liczba aktywnych spółek wiertniczych przekracza 100, a liczbę urządzeń wiertniczych można oszacować na około 200 [23].

Obecnie rekordowy przewiert HDD w Polsce wykonano w Ratowicach pod Oławą pod dnem rzeki Odry. W ramach projektu zainstalowano stalowy rurociąg o długości 1180 m i o średnicy DN1000. Realizację projektu zakończono 25 marca 2019 roku. Jest to rekordowe w skali kraju przedsięwzięcie w kategorii rurociągów DN1000, a równocześnie największy obecnie projekt HDD w Polsce. Prace zostały wykonane na potrzeby gazociągu Brzeg-Zębice-Kielczów budowanego na zlecenie spółki Gaz-System S.A. Generalnym wykonawcą robót budowlanych była spółka STAL-PROFIL, a podwykonawcą odpowiedzialnym za roboty wiertnicze była firma ZRB Janicki [28]. W kategorii najdłuższych instalacji HDD w Polsce na pierwszym miejscu pozostaje projekt HDD z 2014 r., gdzie długość zainstalowanego rurociągu wyniosła 1700 m. Stalowy przewód (służący do poprowadzenia kabli) o średnicy 219 mm powstał w ramach budowy magistrali gazowej DN700 relacji Szczecin-Lwówek [28].

W przypadku osiągnięć światowych, zdecydowanym rekordzistą jest chińska spółka Langfang Huayuan Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., która w marcu 2018 r. zakończyła z powodzeniem projekt wiertniczy w Hongkongu. Przedmiotem zamówienia było wykonanie dwóch instalacji offshore metodą HDD o długości około 5200 m każda. Posłużą one do transportu paliwa lotniczego w obrębie międzynarodowego portu lotniczego w Hongkongu. Pierwszy rurociąg został zainstalowany w grudniu 2017 r., bijąc dotychczasowy rekord długości otworu (4608 m) ustanowiony przez firmę LMR Drilling w ramach projektu Texel-Den Helder w Holandii [29].

Bezwykopowe technologie odnowy przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych

Wprowadzenie

Impulsem do powstania i rozwoju bezwykopowych technologii odnowy przewodów kanalizacyjnych było opracowanie technik monitorowania ich stanu technicznego. Pierwsze badania stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem kamer przeprowadzono w Kilonii oraz w Hamburgu. Nie były to kamery samobieźne, lecz

przeciągane na płozach pomiędzy kolejnymi studzienkami. Nie transmitowały również kolorowego obrazu. Współczesne samobieźne kamery umożliwiające przekazywanie kolorowego obrazu, a nawet obrazu w 3D, dają nieporównanie większe możliwości i pozwalają znacznie dokładniej ocenić stan techniczny badanego przewodu [4]. Temat ten został wyczerpująco przedstawiony w pracy [14].

Po monitoringu pierwszych odcinków przewodów kanalizacyjnych w Niemczech zaczęto zdawać sobie sprawę, że stan techniczny wielu kanałów jest wręcz katastrofalny. Wkrótce podjęto pierwsze prace naprawcze. Okazało się wówczas, że prowadzenie robót w centrach miast jest bardzo uciążliwe pomimo nieporównywalnie mniejszego natężenia ruchu pojazdów niż obecnie. Podobnie dzieło się w innych krajach. Ta sytuacja spowodowała powstanie wielu bezwykopowych technologii odnowy przewodów kanalizacyjnych. Powstanie najstarszej z nich, czyli odnowa rurą ciągłą wg PN-EN ISO 11296 [19], wiązało się z wprowadzeniem nowego materiału konstrukcyjnego – polietyleny na początku lat 50. XX w. [24]. Historię bezwykopowych odnow przewodów kanalizacyjnych rozpoczął projekt reliningu zrealizowany w Kanadzie w latach 60. XX w. z wykorzystaniem rur polietylenowych [9].

Klasyfikacja technologii odnawiania rurociągów

Klasyfikację bezwykopowych technologii odnawiania przewodów kanalizacyjnych wg normy PN-EN ISO 11296: Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do renowacji podziemnych beczniennowych sieci kanalizacji deszczowej i sanitarnej – przedstawiono na rys. 2 [19]. Analogiczna norma EN ISO 11297 dotyczy sieci kanalizacji ci-

śnieniowej, a norma EN ISO 11298, dotyczy podziemnych przewodów wodociągowych.

Każda z tych norm składa się z części „Postanowienia ogólne” oraz części odnoszących się do poszczególnych technologii odnawiania:

Część 2: Wykładanie rurami ciągłymi;

Część 3: Wykładanie rurami ciasno pasowanymi;

Część 4: Wykładanie rękawami utwardzonymi na miejscu;

Część 5: Wykładanie modułami rurowymi;

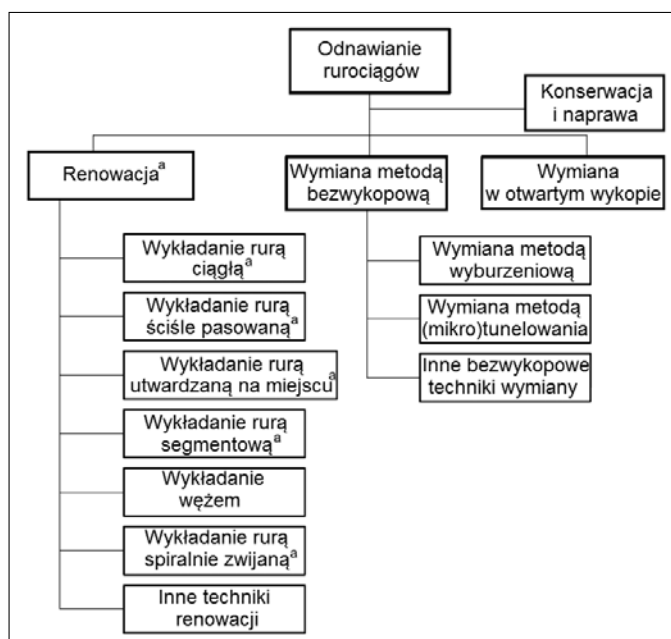
Część 7: Wykładanie rurami spiralnie związanymi.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono trzy pierwsze technologie, gdyż są one najczęściej stosowane w naszym kraju. Więcej szczegółów dotyczących różnych technologii, w tym technologii napraw oraz wymiany można znaleźć między innymi w pracach [3,10,11].

Renowacja z użyciem wykładzin z rur ciągłych i segmentowych

Technologia renowacji wykładziną z rur ciągłych jest uniwersalna, gdyż znajduje zastosowanie przy renowacji sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, a także gazociągów. Zaczęto ją stosować w latach sześćdziesiątych XX w. Technologia znana jest także pod nazwami sliplining, relining klasyczny czy relining ciągły i polega na wciągnięciu do odnawianego odcinka przewodu ciągłej rury z PEHD lub PP o średnicy zewnętrznej mniejszej niż średnica wewnętrzna tego przewodu. Rurę o długości sięgającej nawet kilkuset metrów uzyskuje się przez łączenie ze sobą, na powierzchni terenu, kolejnych jej odcinków metodą zgrzewania doczołowego. Jakość połączeń, jeżeli są wykonane zgodnie z zasadami, jest zwykłe

Rys.2. Klasyfikacja bezwykopowych technologii odnawiania przewodów kanalizacyjnych
Fig. 2. Classification of trenchless technologies for sewage pipe renovation



bardzo dobra. Powstała przestrzeń pierścieniowa pomiędzy naprawianym kanałem a wciąganą rurą jest wypełniana lekką zaprawą na bazie cementu i popiołów w celu stabilizacji położenia nowej rury, zapobieżenia przyszłemu osiadaniu gruntu po zatamaniu konstrukcji starego kanału oraz w celu uniknięcia niekontrolowanej migracji gazów np. ze znajdującego się w pobliżu rozszczelnionego gazociągu. Z uwagi na coraz większe zapotrzebowanie na takie prace, powstają liczne firmy specjalizujące się tylko w iniektowaniu pustych przestrzeni przy odnawianiu przewodów technologią relining. Zakres średnic przy renowacji wykładziną z rur ciągłych jest praktycznie nieograniczony, a dobór rury z oferowanego typoszeregu należy przeprowadzić na podstawie obliczeń statyczno-wyrzymałościowych. W obliczeniach należy uwzględnić wszystkie stany obciążeń, w tym stan podczas wypełniania przestrzeni pierścieniowej lekkim iniektem (konieczność uwzględnienia siły wyporu oraz stateczności na wyboczenie). Minimalizowanie zmiany profilu podłużnego kanału poddawane renowacji można zapewnić przez utrzymanie możliwie niskiego położenia wciągniętej rury podczas wypełniania iniektem szczeliny pierścieniowej. Uzyskuje się to przez jej wypełnienie wodą oraz zastosowanie iniektu o możliwie niskiej gęstości (najlepiej o gęstości niższej niż gęstość wody) bądź wykonanie iniekcji w trzech etapach, czekając aż iniekt po każdym kolejnym etapie stwardnieje. Nieraz, w celu ochrony rury przed zarysowaniem podczas wciągania, zabezpiecza się ją specjalnymi centrującymi płozami poślizgowymi.

Od niedawna na rynku pojawiają się liczne oferty firm dostarczających polietylenowe rury warstwowe przeznaczone do reliningu z nowej generacji polietylenu RC odpornego na niekorzystne zjawisko propagacji rys. Powstająca podczas wciągania rysa może rozprzestrzeniać się tylko w warstwie zewnętrznej. Jest to szczególnie istotne w przypadku rurociągów ciśnieniowych. Obecnie ceny polietylenu RC spadły na tyle, że stosowane są coraz częściej rury wykonane tylko z tego materiału.

Wykładziny z PEHD oraz z PP mogą być wciągane do przewodów na odcinkach łukowych a ich długości mogą dochodzić do kilkaset metrów (nawet do 700 metrów, przy czym takie długości dotyczą średnic z przedziału DN80 ÷ DN2000).

Ważną zaletą renowacji wykładziną z rur ciągłych jest prostota technologii i duża odporność na błędy wykonawcze, gdyż parametry wytrzymałościowe rur wynikają z technologii ich produkcji w fabryce, gdzie proces produkcyjny jest dokładnie monitoro-

wany a przez to powtarzalny. Ponadto produkt końcowy podlega stałej kontroli.

Jak już wspomniano, rura przeznaczona do konkretnego projektu musi być dobrana przez projektanta-konstruktora z uwzględnieniem najniekorzystniejszych stanów obciążeń. Pewną wadą renowacji wykładziną ciągłą, jest zmniejszenie przekroju czynnego odnowionego przewodu, co jest szczególnie istotne w przypadku przewodów o małej średnicy, chociaż nie zawsze jest to niekorzystne. Ponadto pewnym utrudnieniem przy renowacji jest konieczność zrobienia wycięć odcinków przewodu w celu wykonania komór startowych, nieraz o znacznych wymiarach, zależnych od głębokości ułożenia przewodu oraz od jego średnicy. Wadą renowacji wykładziną z rur ciągłych w przypadku kanalizacji jest też trudność kontroli ilości wprowadzanego iniektu, gdy przewód poddawany odnowie posiada zazwyczaj rysy, szczeliny i inne ubytki. Wtedy część iniektu wprowadzanego pod ciśnieniem wypływa przez uszkodzone miejsca do gruntu wokół przewodu, szczególnie gdy w jego otoczeniu znajdują się kawerny powstałe w wyniku eksfiltracji ścieków lub infiltracji wody gruntowej. Aby zapobiec takim niekorzystnym zjawiskom celowe jest wypełnienie kawern iniektem wprowadzanym z wnętrza przewodu przed przystąpieniem do wciągania wykładziny. Można także wykonać stosowne badanie i wypełnić kawernę od zewnątrz, jeśli tylko pozwalają na to warunki lokalne (np. zagospodarowanie terenu). Dotyczy to kanałów zarówno o przekrojach przełazowych jak i nieprzełazowych.

Należy także pamiętać, że pozostawienie kawern jest bardzo niekorzystne z punktu widzenia rozkładu obciążeń działających na przewód. W przypadku ich istnienia rozkłady te są niesymetryczne i mogą doprowadzić do pracy konstrukcji w kierunku podłużnym, co skutkuje wzrostem naprężeń a także deformacjami osi podłużnej kanałów, przez co zakłócone mogą być warunki przepływu.

Obecnie coraz częściej stosowane są również renowacje przez wykładanie rurami segmentowymi, szczególnie w przypadku kanałów przełazowych o przekrojach kołowych i niekołowych. Interesującym przykładem zastosowania tej technologii jest realizowana renowacja starego Kolektora Burakowskiego zbudowanego z rur betonowych w latach 60. XX w. Projekt wykonuje konsorcjum firm Blejkan S.A. (lider), Abikor Sp. z o.o. oraz Terlan Sp. z o.o. Długość kolektora wynosi 4,8 km. Średnice segmentów wykonanych z GRP wynoszą od DN1700 do DN3000 a ich długość $L=3m$. Segmenty, z uwagi na ich ciężar, składają się z dwóch części – górnej i dolnej. Ich łączenie odbywa się już w komorach roboczych. Termin

zakończenia projektu wyznaczono na wrzesień 2020 [26].

Renowacja wykładziną z rur ściśle pasowanych

Technologia znajduje zastosowanie przy renowacji nie tylko przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych, ale także gazowych. Znana także pod nazwą relining typu „close fit” lub renowacja wykładziną z rur ciasno pasowanych. Na polskim rynku jest dostępnych wiele różnych technologii z grupy „close fit”, między innymi: U-Liners, Compact Pipe, Swagelining, Subline, Roll down czy Compact SlimLiner.

Bardzo ważna jest tu kontrola przebiegu procesu przywracania kołowego przekroju rury. Renowacja wykładziną z rur ciasno pasowanych polega na wciągnięciu do odnawianego odcinka przewodu ciągłej rury z PEHD lub PVC o średnicy zewnętrznej równej średnicy wewnętrznej tego przewodu. Przekrój poprzeczny wciąganej rury jest czasowo zmniejszony w wyniku obróbki mechanicznej lub mechaniczno-termicznej, a po zakończeniu wciągania przekrój jest powiększany w takim samym procesie do pierwotnych wymiarów, dzięki czemu wciągnięta rura ściśle przylega do przewodu poddanego renowacji (nie powstaje przestrzeń pierścieniowa wymagająca wypełnienia iniektem). Przed przystąpieniem do wciągania rury należy sprawdzić uszkodzony przewód kalibratorem (przeciągnięcie zaczeplonego do liny krótkiego wzornika walcowego o średnicy nieco mniejszej od średnicy wewnętrznej przewodu poddanego renowacji). Podczas kalibrowania określa się poziom siły ciągnącej – jej wzrost oznacza istnienie jakiejś przeszkody, np. w postaci przewężenia przekroju przewodu czy nieprawidłowo wykonanego przyłącza. Przeszkody te trzeba usunąć, aby uniknąć późniejszego „zaklinowania” całej wciąganej rury.

Długość wykładziny ciągłej może wynosić nawet kilkaset metrów. Zakres średnic jest ograniczony w zależności od technologii – zwykle do DN500 (przy prefabrykowanych linerach) lub do DN1500 przy deformowaniu rury na placu budowy. Dobór rury z oferowanego typoszeregu należy przeprowadzić na podstawie obliczeń statyczno-wyrzymałościowych. W obliczeniach należy uwzględnić wszystkie stany obciążeń. Redukcja przekroju poprzecznego w procesie mechanicznym lub mechaniczno-termicznym może odbywać się w zakładzie produkcyjnym (rura o wstępnie zdeformowanym przekroju poprzecznym nawijana jest na bębny transportowe) lub na placu budowy bezpośrednio przed instalacją.

Wykładzina z rur ściśle pasowanych jest zwykle wprowadzana z wykopu montażo-

wego (konieczne jest wycięcie fragmentu przewodu). Długość odcinka wykładziny w przypadku matych średnic może dochodzić do kilkuset metrów. Otwieranie zamkniętych wykładziną przyłączy odbywa się z wykorzystaniem specjalistycznych robotów wycinających w wykładzinie otwory.

Należy się liczyć z utrudnieniami przy prowadzeniu robót w okresie panowania niskich temperatur, ponieważ materiały termoplastyczne (szczególnie PEHD) stają się wtedy bardziej sztywne. Można temu zaradzić prowadząc roboty w podgrzewanych osłonach (typu namiot).

W ramach odbioru technicznego oprócz inspekcji kamerą TV, należy przeprowadzić próby szczelności w oparciu o normę PN-EN 1610 [18] oraz dodatkowe badania określone w normie [20].

Renowacja wykładziną w postaci rur utwardzanych na miejscu (CIPP)

Wprowadzenie

Powszechnie stosowana na całym świecie technologia renowacji przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem wykładziny utwardzanej na miejscu (tzw. „rękawa”) ma już swoją ponad czterdziestoletnią historię. Technologia znana jest w literaturze angielskojęzycznej jako CIPP (od ang. Cured In Place Pipe). W normie PN-EN 13689 wykładziny CIPP są określane jako „wykładziny z rur utwardzanych na miejscu”, co jest dosłownym tłumaczeniem angielskiego skrótu CIPP.

Zagadnienia techniczne dotyczące tej metody regulują stosowne normy [19,21]. Renowacja przewodów z zastosowaniem wykładzin CIPP należy do coraz częściej stosowanych technologii odnowy infrastruktury sieciowej, także w Polsce. Szacuje się, że udział tej technologii w odnowie przewodów kanalizacyjnych przekracza już 50% [6,7]. Pierwsze zastosowanie takiej wykładziny do renowacji przewodów kanalizacyjnych miało miejsce w roku 1971 w londyńskiej dzielnicy Hackney [27]. Renowacji poddano wtedy 70-metrowy odcinek murowanego kanału o przekroju jajowym (610 x 1175mm).

Opis technologii

Wykładziny wykonane są z materiału kompozytowego składającego się ze specjalnej włókniny syntetycznej lub tkaniny z włókien szklanych o grubości od kilku do kilkudziesięciu milimetrów (grubość wynika z obliczeń statyczno-wytrzymałościowych) nasyczonej żywicą poliestrową, epoksydową lub winyloestrową. Wykładzina od strony zewnętrznej powleczona jest najczęściej folią z poliuretanu (PU) lub z polietylenu (PE). Nasycanie wykładziny żywicą może odbywać się u producenta lub na placu budowy,

przy czym lepszą jakością tego kluczowego procesu (eliminacja pęcherzyków powietrza ze struktury ścianki) daje zwykle impregnacja u producenta i dostarczenie „rękawa” w specjalnie do tego przeznaczonych chłodni. Nieutwardzona wykładzina jest wiotka i dopasowuje się do dowolnego przekroju poprzecznego. Tak więc wykładziny CIPP mogą być również stosowane do renowacji przewodów kanalizacyjnych o przekrojach niekołowych. Należy podkreślić, że wykładzina CIPP jedynie przylega do przewodu, a nie jest do niego przyklejona. Zakres średnic stosowanych wykładzin CIPP wynosi od DN200 do DN3000. Ich długość może dochodzić do kilkuset metrów (dla matych średnic). W przypadku dużych średnic renowacji poddaje się zwykle odcinki kanału pomiędzy kolejnymi studzienkami, co wynika z dużego ciężaru wykładzin.

Na polskim rynku budowlanym stosowane są zasadniczo dwa rodzaje wykładzin CIPP przeznaczonych do renowacji przewodów kanalizacyjnych:

- starsza odmiana wykładzin w postaci mat z włókien poliestrowych o strukturze filcowej nasycanych żywicami poliestrowymi (NF) utwardzanymi termicznie (gorącą wodą lub parą),
- nowsze rozwiązanie materiałowe w postaci tkaniny z włókien szklanych nasycanych żywicami poliestrowymi (GRP UV) utwardzanymi promieniami UV.

Wprowadzanie wykładziny CIPP odbywa się przez inwersję lub wciąganie ze studzienki kanalizacyjnej lub z wykopu montażowego (konieczne jest wtedy wycięcie odcinka przewodu).

Przy renowacji z zastosowaniem wykładziny CIPP typu NF można wyróżnić następujące etapy:

I etap to wprowadzanie wykładziny do uszkodzonego przewodu kanalizacyjnego po jego dokładnym oczyszczeniu,

II etap to utwardzanie rękawa,

III etap to otwieranie przyłączy zamkniętych utwardzoną wykładziną. W przypadku przekrojów nieprzetazowych robi się to z wykorzystaniem specjalistycznych robotów.

Żywice stosowane w rękawach CIPP

W praktyce do prefabrykacji „rękawów” CIPP stosuje się trzy rodzaje żywic: poliestrowe, epoksydowe i winyloestrowe. Inne rodzaje żywic syntetycznych, jak żywice alkidowe czy bisfenolowe, opisane między innymi w pracy [8], odgrywają marginalną rolę na rynku rękawów CIPP. Wszystkie podstawowe żywice syntetyczne są termoutwardzalne i nadają się do stosowania jako element składowy rękawów CIPP. Analizy wykazały, że zdecydowanie najczęściej w prakty-

ce stosowane są żywice poliestrowe. Ich udział na rynku wynosi od 80 ÷ 90 % [6,7].

Żywice polimerowe są otrzymywane, podobnie jak polimery liniowe, w wyniku reakcji polimeryzacji odpowiednich wyjściowych związków chemicznych zwanych monomerami. Żywice polimerowe są mieszaniną polimerów i oligomerów liniowych, rozgałęzionych i cyklicznych o stosunkowo niewielkim stopniu polimeryzacji od kilkunastu do kilkuset. Dzięki temu większość żywic ma konsystencję płynną lub półpłynną [8].

Podstawowe metody utwardzania rękawów CIPP

Metoda termiczna

Najstarszą metodą utwardzania „rękawów” CIPP jest utwardzanie termiczne. Dopływ ciepła zapewnia się przez podgrzewanie wody wypełniającej „rękaw” CIPP lub przez przepuszczanie przez wypełniony powietrzem pod ciśnieniem „rękaw” gorącej pary.

Wadą tej metody, szczególnie w przypadku najczęściej stosowanych żywic poliestrowych, jest zagrożenie nieskutecznym utwardzaniem. Ma to najczęściej miejsce w sytuacji, gdy rękaw chłodzony jest od zewnątrz infiltrującą wodą gruntową i żywica nie zostanie wystarczająco podgrzana. Rozwiązaniem podawanym przez normę PN-EN ISO 11296-4 [21] jest obligatoryjne stosowanie odpowiednio rozmieszczonych czujników termicznych na styku „rękaw CIPP – kanał” i kontynuacja procesu wygrzewania aż do osiągnięcia odpowiedniej temperatury na całej długości instalowanego „rękawa”. W przeciwnym przypadku żywica nie zostanie wystarczająco utwardzona, a „rękaw” nie uzyska projektowanych parametrów wytrzymałościowych. Dodatkowym negatywnym skutkiem będzie emisja niezwiązanej w procesie utwardzania styrenu.

Należy zaznaczyć, że na instalację „rękawów” CIPP o bardzo dużych rozmiarach, aż do DN3000, pozwala tylko technologia inwersji z zastosowaniem ciśnienia hydrostatycznego.

Metoda utwardzania promieniami UV

Zmodyfikowane żywice poliestrowe zawierające w swoim składzie specjalne inicjatory mogą być utwardzane promieniowaniem UV. Proces zachodzi podczas przeciągnięcia poprzez wypełniony powietrzem pod ciśnieniem rękaw zestawu próżniowych lamp emitujących promieniowanie UV. W tym systemie utwardzania można odnotować duży postęp wynikający ze stosowania zestawów lamp o znacznie większej mocy niż pierwotnie, co pozwoliło na znaczne przyspieszenie całego procesu. Kolejną zaletą metody utwardzania żywicy z zastosowaniem pro-

mieniowania UV jest ciągły pomiar temperatury osiągniętej w strukturze rękawa podczas trwania procesu, dzięki zamontowanemu czujnikom. Umożliwia to w pełni kontrolowane utwardzanie rękawa i osiągnięcie projektowanych parametrów wytrzymałościowych, także w trudnych warunkach, gdy rękaw chłodzony jest od zewnątrz infiltrującą wodą gruntową. W takich przypadkach chłodzone odcinki są naświetlane odpowiednio dłużej. Warto zaznaczyć, że zakres średnic rękawów utwardzanych promieniami UV w ciągu ostatnich lat znacznie się zwiększył i obecnie osiąga już wartość DN1800.

Metoda utwardzania rękawów CIPP promieniami UV, poza oczywistymi zaletami (mniejsze zużycie energii w porównaniu do metody termicznej i krótszy czas realizacji), posiada istotną wadę wynikającą ze szkodliwości promieniowania UV dla zdrowia operatorów obsługujących związane z technologią urządzenia. Ponadto, urządzenia emitujące promieniowanie UV oparte są na dość przestarzałej technologii próżniowej lampy elektrycznej, a zatem są dość niestabilne, nie mówiąc już o krótkim czasie sprawnego działania takich lamp.

Metoda utwardzania z zastosowaniem światła LED

Wciąż trwają prace badawcze, mające na celu opracowanie nowych, bardziej efektywnych metod utwardzania żywic. Wydaje się, że najbardziej obiecująca jest metoda z wykorzystaniem światła widzialnego LED. Świadczą o tym nowe międzynarodowe patenty. Punktem wyjścia było tu opracowanie specjalnej żywicy. Firma DSM z Holandii opracowała i zaprezentowała fotoutwardzalną kompozycję żywic, której utwardzanie zachodzi w wyniku naświetlania światłem widzialnym o długości fali około 450 nm, czyli światłem niebieskim. Handlową żywicę fotoutwardzalną opisano w patencie holenderskim Nr 1007205, który jest także przytaczany w opublikowanym międzynarodowym zgłoszeniu patentowym Nr WO2005/103121, złożonym na rzecz wyżej wymienionej firmy. Zaletą metody utwardzania światłem LED jest stała wydajność emisji energii w całym okresie żywotności diod LED. Ponadto, diody takie mają znacznie wyższą sprawność energetyczną niż lampy emitujące promieniowanie UV [6]. Prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem specjalistycznych urządzeń do utwardzania rękawów CIPP światłem LED trwają nie tylko w Holandii. Duńska firma Per Aarsleff A/S opracowała dwie wersje konstrukcyjne urządzeń do utwardzania rękawów CIPP oparte na wykorzystaniu diod świecących LED. Szczególnie interesującym elementem urządzenia jest zintegrowane chłodzenie cieczą, co zwiększa sprawność

systemu. Na swoje rozwiązanie firma w roku 2013 otrzymała patent Nr US 8561662 B2. Do tych prac włączyła się także polska firma Sewerlight UV LED Technology Sp. z o.o. opracowując własne prototypowe rozwiązanie, które ma zostać opatentowane i wykorzystane do fotoutwardzania rękawów CIPP stosowanych do renowacji przewodów kanalizacyjnych w zakresie średnic DN70-300 [17]. Zakres średnic, w zależności od zapotrzebowania może zostać zwiększony. Zaletą wynalazku jest możliwość zintegrowania podstawowego urządzenia z innymi urządzeniami, co pozwoli na wizualne monitorowanie przebiegu procesu utwardzania oraz na kontrolę temperatury, która jest kluczowym wskaźnikiem prawidłowego utwardzenia żywicy. Warto dodać, że jest to metoda bezpieczna z punktu widzenia ochrony zdrowia pracowników obsługujących system utwardzania LED.

Realizacje w Polsce

W Polsce technologia CIPP jest bardzo często aplikowana. Znaczącym projektem był „Kontrakt K-6 – Aglomeracja Poznań: Modernizacja Poznańskiego Systemu Kanalizacyjnego” obejmujący renowację przewodów kanalizacyjnych w latach 2016 – 2017 przez konsorcjum firm Terlan Sp. z o.o. oraz Blejkan S.A. W ramach prac renowacyjnych wykorzystano rękawy CIPP z włókna szklanego i żywicy poliestrowej utwardzanej promieniowaniem UV. łączna długość przewodów poddanych renowacji wynosiła 18556 m. Ich przekroje poprzeczne miały kształt jajowy lub kołowy [16].

Podsumowanie

Bezwykopowe metody budowy i renowacji przewodów infrastruktury podziemnej miast są powszechnie stosowane na całym świecie. W Polsce udział tych metod w modernizacji sieci wod-kan wciąż rośnie. Z uwagi na duże potrzeby w tym zakresie powstały liczne specjalistyczne firmy z krajowym kapitałem. Niektóre z tych firm na tyle się rozwinęły, że prowadzą także działalność w innych krajach.

LITERATURA

- [1] GUS: Gospodarka wodociągowa i kanalizacyjna w Polsce w 2017 roku
- [2] Cała M. AGH <http://home.agh.edu.pl/~cala/prezentacje/Microtunnelling.pdf>
- [3] Kolonko A. i in. Podstawy bezwykopowej rehabilitacji technicznej przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych na terenach zurbanizowanych. Bydgoszcz 2011: Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie”
- [4] Kolonko A.: Historia rozwoju technik optycznych inspekcji przewodów kanalizacyjnych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. 2006.
- [5] Kolonko A.: Zastosowanie przeciskowych rur bazaltowych do budowy sieci kanalizacyjnych.

- [6] Kolonko A.: The development of CIPP sleeves used in the renovation of sewage conduits. W: Underground infrastructure of urban areas 4 / eds. Cezary Madryas [i in.]. Leiden: CRC Press/Balkema, cop. 2018.
- [7] Kolonko A., Madryas C., Wysocki L.: Ryzyko przy renowacji przełączonych przewodów kanalizacyjnych. W: Infrastruktura miast / pod red. Józefa Dziopaka, Daniela Słystia, Agnieszki Stec. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2017.
- [8] Kolonko A.: Problem styrenu w żywicach stosowanych w rękawach CIPP. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. 2014 nr 1.
- [9] Kolonko A.: Bezwykopowa renowacja przewodów kanalizacyjnych – renowacja przez wykładanie rurami ciągłymi. Inżynieria Bezwykopowa Nr 2/2013
- [10] Kuliczkowski A. i inni.: Technologie Bezwykopowe w Inżynierii Środowiska. Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp. z o.o. 2010.
- [11] Kwietniewski M., Miszta-Kruk K., Szmulewicz J.: Development of renewal of water supply networks in Poland in years 2011 – 2015. Underground infrastructure of urban areas 4. Leiden: CRC Press/Balkema, cop. 2018.
- [12] Madryas C., Kolonko A., Przybyła B.: Efektywność techniczna, ekonomiczna i ekologiczna technologii bezwykopowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. 2010 nr 9.
- [13] Madryas C., Kolonko A., Szoł A., Wysocki L.: Mikrotunelowanie Dolnośl. Wydaw. Edukacyjne, Wrocław 2006.
- [14] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych.: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2010.
- [15] Materiały informacyjne firmy EUTIT Polska Sp. z o.o.
- [16] Materiały informacyjne firmy TERLAN Sp. z o.o.
- [17] Materiały informacyjne firmy Sewer Light UV Technology Sp. z o.o.
- [18] PN-EN 1610: Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.
- [19] PN-EN ISO 11296-1 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do renowacji podziemnych beczciśnieniowych sieci kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Część 1: Postanowienia ogólne
- [20] PN-EN ISO 11296-3 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do renowacji podziemnych beczciśnieniowych sieci kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Część 3: Wykładanie rurami ściśle pasowanymi.
- [21] PN-EN ISO 11296-4: Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do renowacji podziemnych beczciśnieniowych sieci kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Część 4: Wykładziny z rur utwardzonych na miejscu.
- [22] PN-EN 12889 Bezwykopowa budowa i badanie przewodów kanalizacyjnych.
- [23] Osikowicz R.: XX lat techniki HDD w Polsce. Inżynieria Bezwykopowa Nr 3/2012
- [24] Salles C.: Zalety sieci wodociągowych z PE. Nowe innowacyjne materiały PE. PRIK Konferencja Sieci Kanalizacyjne i Wodociągowe z Tworzyw Sztucznych Bielsko Biala 2007
- [25] Sumara A.: Warszawski Projekt mikrotunelowy. Inżynieria Bezwykopowa Nr 3/2011
- [26] Sumara A., Wójtowicz P.: Projekt jakiego jeszcze nie było. Inżynieria Bezwykopowa Nr 1/2018
- [27] Sterling R I in.: A Retrospective Evaluation of Cured-in-Place Pipe (CIPP) Used in Municipality Gravity Sewers, United States Environmental Protection Agency, 2012
- [28] <https://inzynieria.com/wpis-branzy/wiadomosci/1/55298,rekordowa-instalacja-hdd-w-polsce-zakonczone> © inzynieria.com
- [29] <https://inzynieria.com/wpis-branzy/wiadomosci/1/55040,hongkong-pobito-rekord-dlugosci-instalacji-hdd> © inzynieria.com