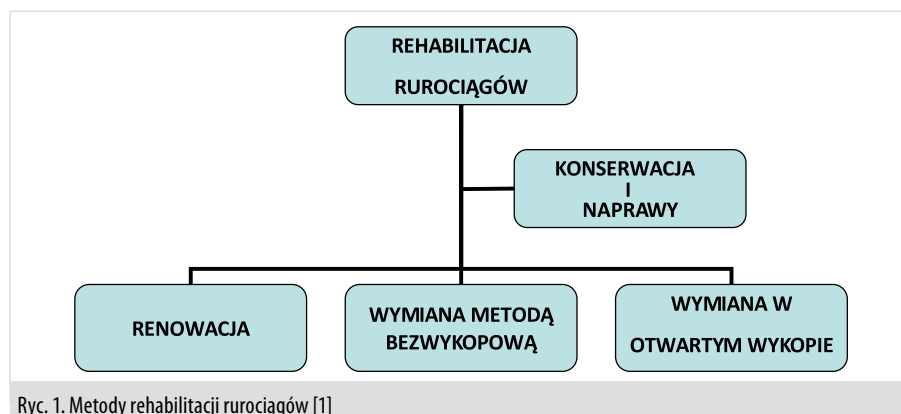


Ocena kosztów renowacji i wymiany rozdzielczej sieci wodociągowej

■ doc. dr inż. Florian Grzegorz Piechurski, mgr inż. Tomasz Dzikowski, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków

Fakt starzenia się przewodów sieci wodociągowej stymuluje rozwój metod bezwykopowych służących do napraw, uszczelnień, renowacji lub wymiany wyeksploatowanych rurociągów. Atrakcyjność metod bezwykopowych polega na tym, że roboty wykopowe – bardzo uciążliwe w warunkach miejskich i trudno dostępnych – są wówczas ograniczone do minimum. Dzięki stosowaniu metod bezwykopowych prace przy budowie nowej i odnowie istniejącej infrastruktury wykonywane są w krótszym czasie i na długich odcinkach.



Ryc. 1. Metody rehabilitacji rurociągów [1]

Wzrost zainteresowania metodami bezwykopowymi wynika z faktu, że w niektórych przypadkach są one mniej kosztowne od metod tradycyjnych, a ponadto uwzględniają istotne z punktu widzenia realizacji inwestycji podziemnych w miastach aspekty społeczne i ekologiczne. W latach 70.–90. XX w. roboty bezwykopowe wykorzystywane były na krótkich odcinkach pod ulicami, drogami czy torami.

1. Metody renowacji sieci wodociągowej

Renowacja to jedna z metod, za pomocą której następuje podniesienie sprawności technicznej starego rurociągu i przedłużenie okresu jego eksploatacji przez wprowadzenie do wnętrza przewodu odpowiedniej wykładziny.

Pierwszym z kroków prowadzących do poprawnego wyboru optymalnej metody rehabilitacji – renowacji rurociągu jest zebranie pełnej dokumentacji, jak również analiza obecnie pracującego przewodu w stosunku do pożądanych parametrów po przeprowadzeniu naprawy.

Po wyborze metody renowacji należy zastanowić się, jaką techniką ją wykonać – czy ma zostać przeprowadzona przy użyciu wykładziny luźno czy ciasno pasowanej. Zastosowanie luźnej wykładziny spowoduje, że po renowacji prędkość przepływu wody w sieci wzrośnie, ale

zmaleje wydajność. Średnica zmniejszy się o jedną lub dwie dymensje, co przełoży się na zmniejszenie wydajności o ok. 25–40%. Zastosowanie tej techniki jest najprostsze i najtańsze.

Do renowacji rurociągów stosuje się rury polietylenowe z powłokami ochronnymi (np. Wavin TS).

Techniki ciasno pasowane używane są w przypadku, gdy ważne jest utrzymanie wydajności rurociągu. W zależności od aktualnego stanu przewodu stosuje się wykładzinę niezależną (gdy rurociąg jest mocno osłabiony pod względem konstrukcyjnym) lub wykładzinę interaktywną (gdy rurociąg jest w dobrej kondycji pod względem wytrzymałościowym, a w grę wchodzi jego uszczelnienie lub oddzielenie wody od ścianek).

Compact pipe wykładzin luźno i ciasno pasowanych przeprowadza się dla średnic 100–500 mm. *Compact slim liner* wykładzinami interaktywnymi w wodociągach przeprowadza się dla średnic 75–300 mm. Neofit umożliwia renowację przyłączy wodociągowych o średnicach 10–45 mm. Metoda ciasno pasowana może być przeprowadzana przez przeszkolony personel i przy użyciu specjalistycznego sprzętu.

1.1. Sliplining

Metoda *sliplining* (ang. *slip* – poślizg, *lining* – wykładzina) polega na wprowadzeniu nowej rury PE o mniejszej średnicy do środka istniejącego rurociągu. Jest jedną



Ryc. 2. Sliplining – technika wykonywania [4]

z najprostszych, najtańszych i najbardziej rozpowszechnionych metod renowacji.

Pierwszym krokiem jest przeprowadzenie inspekcji telewizyjnej (CCTV) odnawianego odcinka, dzięki czemu można stwierdzić, czy metodę tę można zastosować, a jeśli tak, to jakie napotkamy przeszkody (np. sposób wykonania połączeń wewnętrznych), które należy usunąć przed wprowadzeniem rury do środka. W celu sprawdzenia stanu powierzchni starego rurociągu wprowadza się tzw. sprawdzian, wykonany z odcinka rury PE (materiału, który będziemy instalować). Po przeciągnięciu go jesteśmy w stanie zobaczyć, jak będzie wyglądać powierzchnia nowego materiału po zetknięciu się ze ścianką odnawianego rurociągu. Jeżeli okaże się, że powierzchnia zewnętrzna nowej okładziny jest zniszczona, trzeba będzie przeprowadzić czyszczenie rurociągu. Dopiero po wykonaniu tego zabiegu można przystąpić do prac związanych z montażem wewnętrznej okładziny. Jedynym materiałem, który można zastosować w tej metodzie, są rury niezależne, czyli posiadające warstwy ochronne, lub standardowe rury PE. Zaostżenia te wynikają z faktu, że powierzchnia zewnętrzna nowej rury PE podczas przeciągania przez stary rurociąg może ulec zniszczeniu. Należy bardzo uważać podczas przeprowadzania tej operacji.

Prace związane z montażem rurociągu polegają na oczyszczeniu starego rurociągu, likwidacji nierówności (ostre krawędzie, sopłe spawalnicze, zadry itp.), inspekcji telewizyjnej CCTV, zabezpieczeniu nowej rury PE na wejściu i wyjściu.

Wszystkie te uwarunkowania wynikają z tego, że głębokość rys i zadrapań przewidziana dla PE nie może przekraczać 10%, przy grubości ścianki nie mniejszej niż 5 mm.

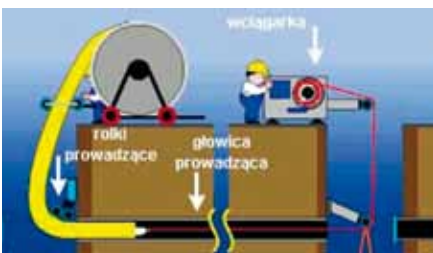
Przeprowadzając renowację metodą *sliplining*, nowe wkłady rurowe mogą być wprowadzane do środka za pomocą wciągania, wpychania.

Wciąganie odbywa się przy użyciu wciągarki. Koniec liny przyczepiony jest do głowicy zapewniającej mocne połączenie z nową rurą. W niektórych przypadkach przewidziane jest zabezpieczenie końcówek rur, aby wykluczyć przedostanie się zanieczyszczeń i przesunięcia gruntu (ryc. 2). Lina prowadzona wewnątrz musi być tak ustawiona, aby nie uszkadzała podczas ciągnięcia żadnej części komory. W tym celu do wykopu odbiorczego montuje się bloczki.

Dla małych średnic wkładów używa się tzw. pończoch. Są to tuby ze stalowej siatki, które zaciskając się podczas wciągania, powodują przemieszczanie się rury PE.

1.2. Compact pipe

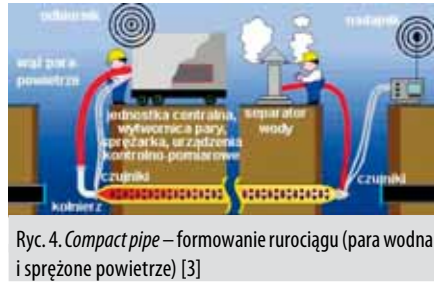
Compact pipe jest metodą renowacji rurociągu techniką ciasno pasowaną. Rura PE jako cały odcinek z jednej strony została zagięta w kształt litery C, tak aby można było ją łatwiej nawinąć na bęben i przetransportować na budowę. Mniejsze gabaryty o 30–35% w stosunku do naprawianego rurociągu ułatwiają wprowadzenie bębna do wnętrza. Na końcu montowana jest głowica prowadząca, do której przymocowana jest linka do wciągarki (ryc. 3).



Ryc. 3. *Compact pipe* – wprowadzenie wykładziny do środka naprawianego rurociągu [3]

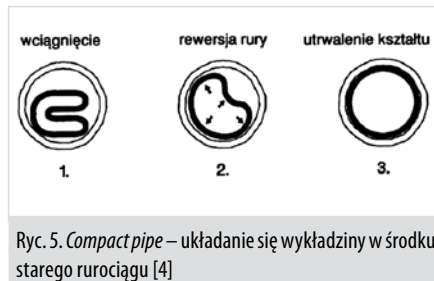
Po obu stronach zamontowane są końcówki podłączeniowe, którymi doprowadza się gorącą parę wodną, a następnie sprężone powietrze. Para wodna wywala w zwiniętym rurociągu powrót materiału do kształtu początkowego (okrągłego), a wprowadzone sprężone powietrze powoduje dociśnięcie materiału do wewnętrznej ścianki naprawianego rurociągu, dając efekt ciasnego pasowania. Następnie schładza się go do

temperatury otoczenia i powstaje nowy rurociąg (ryc. 4).



Ryc. 4. *Compact pipe* – formowanie rurociągu (para wodna i sprężone powietrze) [3]

Jeżeli mamy do czynienia z wykładziną niezależną, wykonany rurociąg będzie działał jak nowa instalacja. Na rycinie 5 przedstawiono proces kształtowania się wykładziny w środku w starego rurociągu.



Ryc. 5. *Compact pipe* – układanie się wykładziny w środku starego rurociągu [4]

Do zalet metody można zaliczyć: minimalne zmieszenie przekroju naprawianej rury, brak zarastania, co wynika z właściwości rur PE, dużą elastyczność rurociągów *compact pipe* ze względu na wzdłużne zagięcie do środka (możliwość pokonywania dużych łuków i segmentów o dużych kątach), niewielki plac budowy do przeprowadzenia renowacji, elastyczność materiału – dostawa materiału na wózkach bębnowych nie wymaga wykonywania dużych wykopów początkowego i końcowego, mniejsze koszty związane z odnową zniszczonej nawierzchni pod wykopy, większą odporność rur PE na pęknięcie w porównaniu do stalowych, brak swobodnego przemieszczania się rur ciasno pasowanych, trwałość rurociągu nawet powyżej 100 lat.

Do wad metody należy zaliczyć: kosztowny specjalistyczny sprzęt do montażu, specyficzne warunki produkcji, składowania i transportu, uzależnienie długości rurociągu od pojemności bębna (wraz ze wzrostem średnicy maleje długość rurociągu nawiniętego na bęben), renowacja długich odcinków wodociągu dużymi średnicami związana jest ze zwiększeniem liczby wykopów, błędna ocena wytrzymałości stanu rurociągu może spowodować, że wykonana renowacja wykładziną interaktywną ulegnie uszkodzeniu.

1.2.1. Stan rurociągu – ocena przed wykonaniem renowacji

Ocena stanu rurociągu polega na przeanalizowaniu informacji dotyczących samego przewodu, a także jego otoczenia. Dla potrzeb renowacji należy przeprowadzić inspekcję telewizyjną. W większości przypadków cały system jest naniesiony na mapy, dzięki czemu podstawowe informacje o jego stanie są dostępne.

Kolejnym etapem jest analiza miejsca wykonywanych prac renowacyjnych. Opracowanie powinno zawierać informacje o miejscu remontu i opis komunikacji oraz informacje o sieci (dane dotyczące materiału i średnicy rury, długości odcinków rurociągu, kształt rurociągu – profil jego ułożenia, liczba i aktualny stan przyłączy, poziom wód gruntowych, rodzaj gruntu).

Większość informacji należy uzyskać z istniejących lub utworzonych planów sieci, resztę danych dostarczą inspekcja telewizyjna i wizja na miejscu – trasie przewodu.

Po zebraniu podstawowych danych wstępnie można stwierdzić, czy daną metodą można wykonać naprawę rurociągu. Jeżeli tak, to należy przeprowadzić bardziej szczegółowe kalkulacje.

Podczas przeprowadzania inspekcji telewizyjnej należy zwrócić uwagę na kształt przewodu (wszelkiego rodzaju zmiany poprzeczne kształtu, różnice w średnicach danego odcinka, miejsca, w których zbiera się woda, zmiany ułożenia rurociągu w kierunku promienia i osi, nierówności związane z ugięciem kątowym), powierzchnię wewnątrz (pęknięcia, zapadnięcia, korozja), przewężenia (zmniejszenie przepływu przyłączy, nieprawidłowo zamontowane uszczelnienie). Po przeanalizowaniu wszystkich tych zagadnień można zająć się przygotowaniem do przeprowadzenia renowacji.

1.2.2. Organizacja placu budowy

W celu wykonania renowacji należy przygotować istniejący rurociąg do wprowadzenia nowego przewodu metodą *compact pipe*.

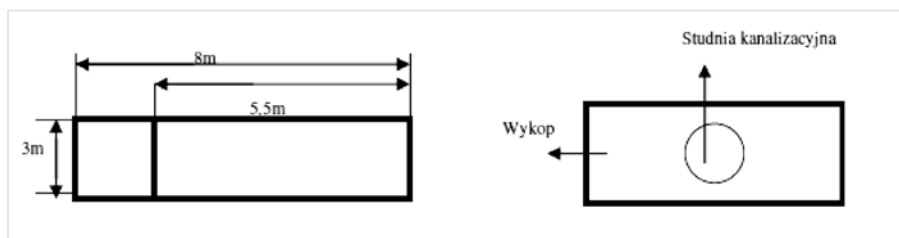
Ważną rzeczą w renowacji jest odseparowanie wody od wykładziny, gdyż może ona powodować obniżenie jej temperatury. W celu zapobiegania infiltracji wykonuje się obniżenie poziomu wody gruntowej, natomiast zapobieganie dostawianiu się wody do wnętrza rurociągu uzyskuje się przez by-pass (ominięcie remontowanego odcinka) lub zamknięcie dopływu do miejsca, w którym prowadzone są prace.

Aby wprowadzić nową rurę do środka starej, należy spełnić odpowiednie wy-

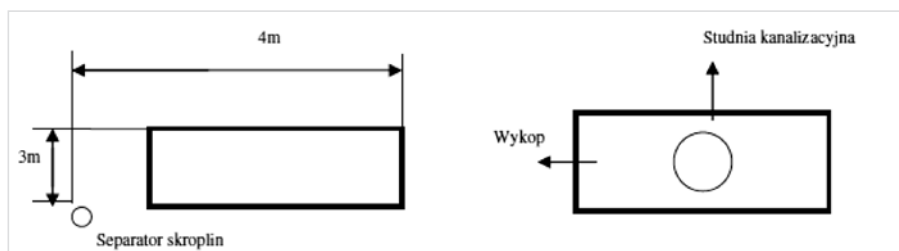


Ryc. 6. Dysze ciśnieniowe, skrobaki, przepychacze

możli, tj. zlikwidować wszelkiego rodzaju przeszkody znajdujące się na trasie odnowy, przed przystąpieniem do montażu odpowiednio wyczyścić rurociąg za pomocą zgarniaczy (skrobaków), przepychaczy, urządzeń do mechanicznego czyszczenia lub wysokociśnieniowych hydrodynamicznych urządzeń (ryc. 6), usu-



Ryc. 7. Compact Pipe – przestrzeń robocza (startowa) [3]



Ryc. 8. Compact pipe – przestrzeń robocza (końcowa) [3]

nąć wszystkie pozostałości z rurociągu, które mogłyby uniemożliwić prawidłowy montaż, czyli wszystkie cząstki powyżej 10 mm.

Podczas rozmieszczania odcinków do renowacji należy określić maksymalną długość rur dostarczonych na budowę na bębnach (ograniczenie odcinka). Wypełnienie nowego rurociągu metodą *compact pipe* za pomocą pary wodnej należy przeprowadzać w kierunku najwyżej położonego punktu (wytwornica pary umieszczona w najwyższym, a wciągarka w najniższym punkcie). Trzeba też

zapewnić niezbędną przestrzeń roboczą dla wózka bębnowego i jednostki centralnej (ryc. 7). Wykop pośredni wykonywany jest w miejscach, w których zaplanowano montaż trójników, armatury, ciasnych łuków, przyłączy domowych i innych. Wszelkie prace należy wykonać zgodnie z wymaganymi przepisami.

Miejsce przeznaczone dla punktu końcowego, w którym montowane są wciągarka i separator skroplin, przedstawia rycina 8.

1.3. Cracking

Wykonywanie renowacji rurociągu metodą *crackingu* polega na kruszeniu, a zarazem rozbijaniu starego rurociągu od wewnętrznej strony istniejącego przewodu. Narzędziami używanymi do tego celu są przebijaki udarowe lub poszerzacze hydrauliczne. Nowa rura wprowadzana

ciągnięta się bezpośrednio w małym wykopie.

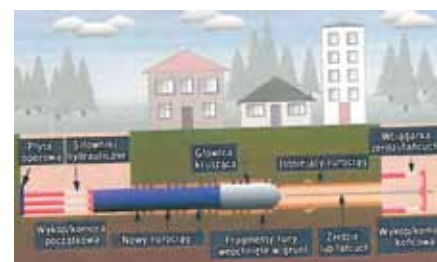
1.3.1. Cracking pneumatyczny

W tej metodzie podstawowymi używanymi narzędziami są tzw. krety (przebijaki udarowe). Urządzenie przesuwane się do przodu za pomocą pneumatycznego młota uderzającego z dużą częstotliwością w stalowy stożek, który znajduje się na początku narzędzia. W wyniku tego przesuwane się ono do przodu, krusząc istniejącą rurę i zarazem wciskając jej pozostałości w otaczający grunt. Po przejściu głowicy zaraz za nią przyczepiona jest nowa rura, którą wciąga się bezpośrednio za urządzeniem. Kruszenie pneumatyczne jest stosowane do materiałów kruchych, tj. żeliwa lub betonów nieuzbrojonych. Najczęściej stosuje się ją do renowacji rurociągów ciśnieniowych o tym samym wymiarze, od 100 mm do 500 mm.

W nowszych sposobach pneumatycznych używa się żerdzi zamiast lin stalowych ze względu na większą wydajność urządzenia, bezpieczeństwo personelu, większą siłę przeciągania, a co za tym idzie możliwość wykonywania większych średnic.

Zgrzana rura ciągnięta jest za urządzeniem kruszącym.

Podczas przeprowadzania *crackingu* pneumatycznego należy zwrócić uwagę na instalacje znajdujące się w pobliżu, gdyż uder wykorzystywane w tej metodzie może mieć wpływ na przesunięcie się fundamentów czy uszkodzenie dróg (ryc. 10).



Ryc. 10. Cracking – kruszenie starego rurociągu z jednoczesnym wprowadzeniem nowego [4]

1.3.2. Cracking hydrauliczny

Do *crackingu* hydraulicznego wykorzystywane są głowice rozszerzające, w której noże boczne otwierają się i zamykają pod wpływem ciśnienia hydraulicznego, niszcząc w ten sposób rurę. Tę metodę stosuje się w większości do naprawy kanalizacji, rzadziej do rurociągów ciśnieniowych. Maksymalne średnice to 1000 mm. Zaletą tej metody jest to, że stosując ją w zakresie małych średnic, do 150 mm, osprzęt jest na tyle mały, że bez problemu wykorzystuje się go w budynkach i pod



Ryc. 9. Cracking – kruszenie starego rurociągu z jednoczesnym wprowadzeniem nowego [4]

nimi, a także w miejscach, do których jest ograniczony dostęp. Rozszerzając się głowica rozkłada się, krusząc starą rurę, a następnie składa się, gdy nowy rurociąg przez siłowniki hydrauliczne popycha głowicę do przodu. Wiernie odwzorowanie trasy odbywa się za pomocą siły ciągnącej (linka przymocowana do głowicy).

Innym przypadkiem jest wprowadzanie rury za pomocą siły wciągającej i pchającej o dużej mocy 20–230 t. Polega to głównie na sile wciągania, a nie na głowicy, która się rozszerza (ryc. 11).



Ryc. 11. Głowica do crackingu hydraulicznego [4]

Głównym materiałem wykorzystywanym do renowacji jest polietylen, który łączony jest za pomocą zgrzewania.

1.3.3. Cracking – rozcinanie

Tę metodę wykorzystuje się głównie do rurociągów, na których zamontowane są kołnierze naprawcze, stalowe opaski, kompensatory itp. Do tego celu stosuje się głowicę rozcinającą-poszerzającą (ryc. 12). Za pomocą noży tnących i układu żerdzi hydraulicznych następuje przeciąganie rury znajdującej się za głowicą.



Ryc. 12. Głowica rozcinająca [1]

Metodę stosuje się przede wszystkim do rozcinania rur ze stali, żeliwa, azbesto-cementu, PVC i PE, o średnicy do 315 mm.

2. Podsumowanie metod bezwykopowych – zalety

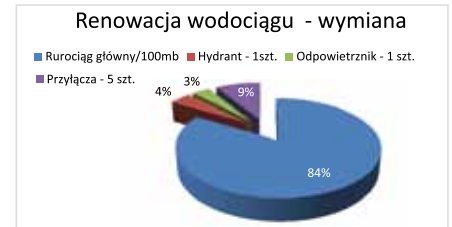
Podstawowe różnice pomiędzy wykonywaniem renowacji – wymiany wodociągu metodami bezwykopowymi a metodą wykopową są następujące:

- roboty ziemne odbywają się tylko w miejscach wprowadzenia i odbioru rurociągu;
- wywożenie i składowanie gruntu dotyczy jedynie urobku z komór roboczych, pośrednich i odbiorczych;

- brak wykonywania odwodnienia, gdy rurociąg znajduje się poniżej poziomu wody gruntowej;
- uniknięcie wykonywania zabezpieczenia wykopu, nie trzeba układać rurociągu zgodnie z PN (wykop, zabezpieczenie wykopu, przygotowanie podłoża pod ułożenie rurociągu, podsypka, obсыпка, zasypka), co daje oszczędność czasu i materiału, w tym wywózki urobku nienadającego się do wykorzystania, usunięcia deskowania itd.);
- mniejsze utrudnienia wynikające z faktu wykonywanych robót w mieście, m.in. zmniejszenie emisji spalin, uciążliwego hałasu, skutków wynikłych z robót wykopowych, takich jak zanieczyszczenia;
- brak zanieczyszczeń wód gruntowych w obrębie wykonywanych prac;
- ochrona zieleni nie tylko w terenach miejskich;
- niwelacja zagrożenia dla infrastruktury wynikającego z technologii wykonania (brak wykopu czy wbijanie ścianek Lar-sena w pobliżu budynków, mogących spowodować uszkodzenie ich konstrukcji),
- mniejsze niebezpieczeństwo uszkodzenia uzbrojenia w gruncie podczas prowadzenia robót montażowych;
- niewystępowanie utrudnień z tytułu wykonywanych prac ze względu na to, że prowadzone roboty nie mają wpływu na komunikację na powierzchni terenu (nad wykopem należy montować poprzeczne przejścia, tworzyć dostęp do lokali itp.);
- brak roszczeń z tytułu prowadzonych prac, które mogą mieć wpływ na prowadzenie działalności gospodarczej przez innych inwestorów (sklepy, stacje paliw itp.);
- brak konieczności tworzenia objazdów (uniknięcie kosztów nadrabiania drogi, dłuższego czasu podróży, wypadków, zmiany organizacji ruchu drogowego, oznakowania objazdów);
- krótszy czas wykonania robót w stosunku do metod wykopowych;
- brak wpływu pory roku na wykonywanie robót (niewykonywanie robót wykopowych w zimie ze względu na niskie temperatury);
- mniejsze koszty wykonania metody bezwykopowej dla sieci głęboko usytuowanych w gruncie czy pod drogami.

3. Ocena kosztów wymiany sieci wodociągowej

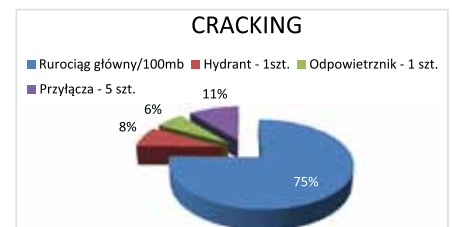
Przeprowadzone kalkulacje doboru metody wykopowej i metod bezwykopowych wskazują, że dla 100 m.b. sieci rozdziel-



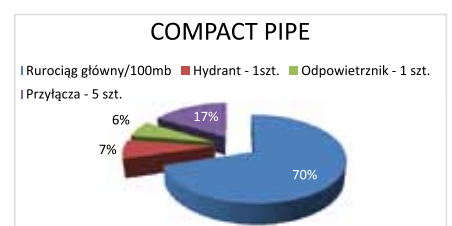
Ryc. 13. Renowacja wodociągu, wymiana pod drogą – procentowy podział kosztów



Ryc. 14. Sliplining wykonany pod drogą – procentowy podział kosztów



Ryc. 15. Cracking wykonany pod drogą – procentowy podział kosztów



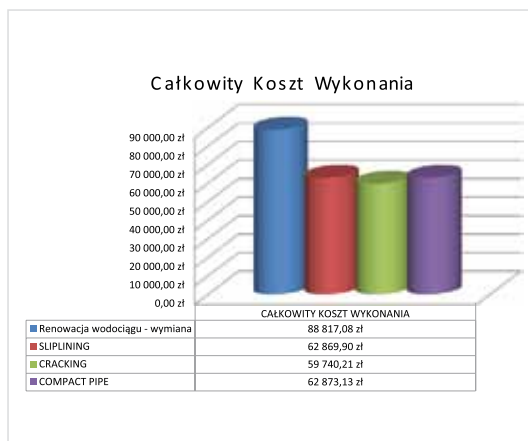
Ryc. 16. Compact pipe wykonany pod drogą – procentowy podział kosztów

czej DN 150, pięciu przyłączy, hydrantu i odpowietrznika wykonanych metodami bezwykopowymi największe koszty ponoszone są na wykonanie i zakup materiałów na rurociąg główny 70–84%, następnie na armaturę 4–8%, odpowietrznik 4–6% i przyłącza 9–17%.

Jako najbardziej opłacalne z punktu widzenia rachunku ekonomicznego są dla danego przypadku metody bezwykopowe, które nieznacznie różnią się kosztami. Wynika to z usytuowania rurociągu, który znajduje się częściowo pod drogą, a koszty usunięcia nawierzchni i wykonywania prac ziemnych są największe.

Z wybranych metod bezwykopowych najbardziej ekonomiczny jest *cracking*. Na podstawie opracowanych kosztorysów metoda wykopowa jest nieopłacalna.

Największe koszty generuje rurociąg główny. Prace dla tego rurociągu pro-



Ryc. 17. Porównanie całkowitych kosztów wykonania dla wybranych metod

Tab. 1. Zestawienie kosztów dla wybranych metod dla sieci rozdzielczej pod drogą [zł]

lp.	Metoda wykonania	Rurociąg główny/100 m.b.	Hydrant	Odpowietrznik	Przyłącze	Całkowity koszt wykonania
1.	Renowacja wodociągu - wymiana	76 929,0	3898,08	3153,99	7990,01	88 817,08
2.	Sliplining	46 655,86	4819,51	3694,75	11 394,53	62 869,90
3.	Cracking	47 968,77	4888,61	3887,07	6882,83	59 740,21
4.	Compact pipe	47 080,90	4840,90	4096,86	10 951,33	62 873,13

wadzone są w warunkach miejskich pod drogą. Wiadomo, że im głębiej znajduje się sieć, tym koszty wykonania są większe dla metody wykopowej, gdyż zajmuje ona coraz to większą przestrzeń.

Metody bezwykopowe są tańsze ze względu na mniejszy teren wykonania robót. Sieć znajdująca się pod drogą ogranicza ruch uliczny częściowo (np. wyłącznie pasa jezdni), co jest niewykonalne tradycyjnym wykopem.

Metoda wykopowa – pod drogą: 84% rurociąg główny, 9% przyłącza, 4% hydrant, 3% odpowietrznik.

Sliplining: 70% rurociąg główny, 17% przyłącza, 7% hydrant, 6% odpowietrznik.

Cracking: 75% rurociąg główny, 11% przyłącza, 8% hydrant, 6% odpowietrznik.

Compact pipe: 70% rurociąg główny, 17% przyłącza, 7% hydrant, 6% odpowietrznik.

Jeżeli przyjmie się koszty wykonania wymiany metodą wykopową 100%, to metody bezwykopowe sliplining i compact pipe stanowią ok. 70,8%, a cracking ok. 67,3% tych kosztów. Należy pamiętać że zostały tu ujęty koszty na podstawie założonych w kosztorysach cen i nakładów robocizny.

4. Podsumowanie

W celu prawidłowego przeprowadzenia prac renowacyjnych określoną metodą bezwykopową należy na początku przeprowadzić analizę finansową związaną z odpowiednim doбором metody. Nie zawsze metoda najtańsza jest najlepsza. W trakcie prowadzenia wnikliwej kalkulacji należy wziąć pod uwagę koszty związane z samą budową, jak i po jej zakończeniu. Dotyczy to kosztów inwestycyjnych, kosztów dodatkowych oraz kosztów społecznych.

Literatura

- [1] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. A. Kuliczkowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.
- [2] Piechurski F.G.: *Renowacja, monitoring i czyszczenie sieci wod-kan*. „Przegląd Komunalny” 2001, nr 8 (131).
- [3] *Bezwykopowe metody rehabilitacji budowy nowych rurociągów*. Materiały firmy Wavin.
- [4] *Vademecum bezwykopowych technologii budowy, renowacji, napraw i wymiany rurociągów i instalacji podziemnych*. Materiały Polskiej Fundacji Technik Bezwykopowych.
- [5] Dzikowski T.: *Ocena kosztów bezwykopowej renowacji sieci wodociągowej*. Praca dyplomowa. Politechnika Śląska, IŚE. Gliwice 2011.

R E K L A M A

DCS Poland

Drilling Chemicals Service



MASZYNY I OSPRZĘT
DO WIERCEŃ HORYZONTALNYCH
I MIKROTUNELOWANIA

www.dcspoland.com

