

Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach, cz. 2



tekst: **mgr inż. KAMIL MOGIELSKI**, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

zdjęcia: **TRENCHLESS INTERNATIONAL, HOBAS SYSTEM POLSKA Sp. z o.o., TRACTO-TECHNIK GmbH & Co.KG, HANYLYMA**

W ramach nowego cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, którego celem jest przybliżenie naszym czytelnikom światowych osiągnięć z zakresu technologii bezwykopowych, omawiamy najciekawsze artykuły zamieszczone w najnowszym numerze (kwiecień 2013) „Trenchless International”, kwartalnika Międzynarodowego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych (ISTT), a pośrednio także Polskiej Fundacji Technik Bezwykopowych, która od 15 lat jest członkiem tej organizacji.

1. Nowe obszary zastosowań to przyszłość technologii bezwykopowych

W kwietniowym numerze „Trenchless International” została opublikowana rozmowa z Sudipta Basu, ekspertem ds. modernizacji infrastruktury w spółce wodociągowej w Sydney. Rozmówca uważa, że technologie bezwykopowe będą zdobywały nowe obszary zastosowań. W dzisiejszych czasach są one wykorzystywane

przede wszystkim do budowy infrastruktury wodociągowej, kanalizacyjnej, energetycznej i komunikacyjnej. W przyszłości zostaną zaadaptowane m.in. do potrzeb instalacji sieci szerokopasmowego internetu.

Basu zwraca także uwagę na możliwości, jakie niesie ze sobą zastosowanie technologii bezwykopowych w tunelach wieloprzewodowych. Jego zdaniem, za jakiś czas zostanie wyeliminowana konieczność

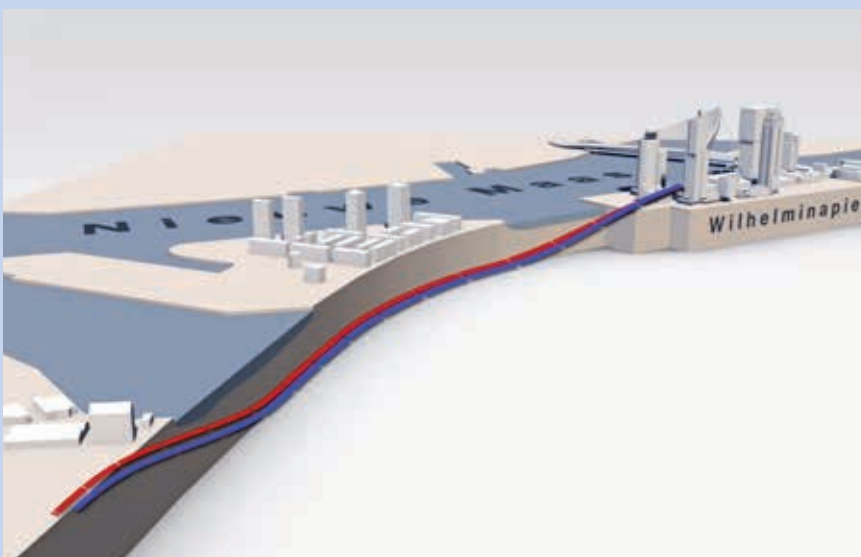
wchodzenia pracowników obsługi do ich wnętrza. Zastąpią ich zminiaturyzowane i sterowane z powierzchni urządzenia kontrolne i naprawcze. Uzyskamy wówczas możliwość wykorzystania przestrzeni wewnątrz tunelu w dużo większym stopniu i wynajmowania jej dostawcom różnych usług.

Ważnym czynnikiem decydującym o wyborze danej technologii będzie ocena jej wpływu na środowisko i otoczenie. Już dziś technologie bezwykopowe mają pod tym względem dużą przewagę nad technologiami tradycyjnymi. Z czasem przewaga ta będzie się zwiększać dzięki wdrażaniu coraz bardziej innowacyjnych rozwiązań.

2. Ciekawe realizacje z zastosowaniem technologii bezwykopowych

2.1. Budowa ciepłociągu pod dwoma portami w Rotterdamie

W marcu 2013 r. firma Visser & Smit Hanab zrealizowała ciekawą inwestycję w sercu holenderskiego Rotterdamu. Polegała ona na wbudowaniu w technologii HDD dwóch stalowych rurociągów ciepłowniczych o długości 1500 m i średnicy 600 mm każdy. Przewierthy zo-



Ryc. 1. Trasa przebiegu dwóch stalowych ciepłociągów. Punkt wejścia znajduje się po prawej stronie [4]

stały wykonane pod portami Rijnhaven i Maashaven, a maksymalna głębokość posadowienia rurociągów wyniosła ok. 60 m pod poziomem wody. Schemat na rycinie 1 pokazuje trasę przebiegu ciepłociągów. Oba rurociągi zostały przyciągnięte przez łodzie do miejsca oddalonego o kilka kilometrów od placu budowy w trzech częściach. Zostały tam następnie zespawane, przetransportowane na plac budowy i wciągnięte na brzeg. Punkt wejścia rurociągów znajdował się w gęsto zabudowanej okolicy – w pobliżu znanego



Ryc. 2. Punkt wejścia rurociągu w gęsto zabudowanej okolicy [3]

mostu Erasmusbrug i linii tramwajowej, co dodatkowo komplikowało instalację. Punkt wejścia z widocznym w tle i podtrzymywany za pomocą 12 dźwigów ciągiem rur jest przedstawiony na rycinie 2. Operacja wciągania rur wymagała zamknięcia wspomnianego wcześniej mostu na kilkanaście godzin.

2.2. Budowa metodą pipe burstingu wodociągu w ubogiej dzielnicy miasta Medellin

Medellin jest drugim pod względem liczby ludności miastem w Kolumbii. Władze miasta rozpoczęły na początku 2012 r. prace mające na celu zapewnienie mieszkańcom ubogiej dzielnicy (hiszp. *favela*) stałego dostępu do wody pitnej. Jednym z etapów programu naprawy miejskich wodociągów i kanalizacji była wymiana metodą pipe burstingu statycznego kilometrowego odcinka wodociągu żeliwnego o średnicy 200 mm na rurociąg o średnicy 250 mm wykonany z HDPE. W przeszłości wodociąg ten był wielokrotnie doraźnie naprawiany. Naprawy te polegały przede wszystkim na instalacji



Ryc. 3. Wąska i stroma ścieżka w mieście Medellin [3]



Ryc. 4. Urządzenie firmy Scandinavian No-Dig Centre mini-T [5]



Ryc. 5. Urządzenie firmy Scandinavian No-Dig Centre T70 [5]

krótkich odcinków powłok żywicznych i na naprawie złączkami stalowymi. Ich obecność w rurociągu dodatkowo utrudniała przeciągnięcie głowicy do pipe burstingu. Operacja ta została wykonana przez firmę Redyco przy użyciu wyciągarki T45 produkcji duńskiej firmy Scandinavian No-Dig Centre (SNC).

Realizacja kolejnych inwestycji wiązała się z wieloma trudnościami, spośród których można wymienić ułożenie rurociągów z bardzo dużymi spadkami, które dochodziły nawet do 40%. Prace były prowadzone na wąskich uliczkach i stromych ścieżkach, takich jak ta, która została pokazana na rycinie 3. Warunki te utrudniały dostarczanie na plac budowy materiałów i sprzętu. Niektóre odcinki rurociągów były położone bardzo płytko, zaledwie 40 cm pod powierzchnią terenu, a przyłącza wodociągowe występowały nawet co 4–6 m. W gęsto zabudowanym terenie do wykonania prac wykorzystano dwa urządzenia pokazane na rycinie 4 i 5: mini-T i T70 – oba produkcji SNC. Pierwsze urządzenie za sprawą swoich kompaktowych rozmiarów mieściło się w studziście rewizyjnej o średnicy 800 mm. Jego maksymalna siła uciągu to 37 t, a dzięki zastosowaniu żerdzi o długości 30 cm mogło być obsługiwane przez jedną osobę. Drugie z nich wykorzystywano w miejscach, gdzie konieczne było użycie większej siły uciągu (do 70 t).

2.3. Podwójny lewar pod rzeką Yarra w Abbotsford niedaleko Melbourne

Ponad stuletni lewar o średnicy 300 mm został zastąpiony dwoma mniej-



Ryc. 6. Zdjęcia tunelu wykonane podczas jego inspekcji. Widoczne są duże przecieki do jego wnętrza. W tle fragmenty projektu tunelu sprzed ponad 100 lat [2]

szymi – o średnicy 180 i 160 mm. Stary lewar, wykonany z rur żeliwnych z wyprawą cementową, umieszczony był w ceglany tunelu, którego ponowne wykorzystanie, ze względu na bardzo zły stan techniczny, nie było planowane. Zdjęcia wykonane podczas inspekcji tunelu widoczne są na rycinie 6.

Najbardziej odpowiednią technologią do budowy lewara – z uwagi na kształt jego profilu – była technologia HDD. Zarówno w pobliżu punktu wejścia, jak i wyjścia nie było dostatecznie dużo miejsca, aby można było zapewnić dopuszczalny margines błędów operatora wiertnicy. Punkt wejścia był zlokalizowany w pobliżu kładki dla pieszych, drugi zaś koło ruchliwego skrzyżowania w mieście Richmond. Aby uniknąć ewentualnego wyjścia głowicy pilotażowej pośrodku skrzyżowania, zdecydowano się na budowę w miejscu punktu wyjścia studni, która miała pełnić funkcję komory końcowej. Miała ona średnicę 3 m i głębokość 18 m.

Profil geologiczny planowanej trajektorii przewiertu pilotażowego był bardzo zróżnicowany. Przebiegać miała ona m.in. przez skały bazaltowe, piaskowce, skały lessowe, piasek, żwir, glinę i grunty pyłowe. Pierwsza próba wykonania przewiertu została przerwana, zanim przewiert dotarł do brzegu rzeki, ponieważ głowica osiadła w szlamie i zoczyła z trajektorii. Za drugim podejściem wprowadzono ją pod dużo większym kątem, tak aby dotarła szybciej do twardego ośrodka gruntowego. Dwa nowe syfony wykonane z HDPE zostały wciągnięte podczas jednego marszu, jednak ominęły one studnię

po drugiej stronie rzeki. Było to wywołane błędnymi wskazaniem sondy i spo-



Ryc. 7. TBM firmy Robbins po przebiciu się przez ściankę w komorze końcowej [7]

wodowało konieczność budowy nowego szybu. Inżynierowie pracujący przy tej inwestycji przyznali, że podjęli błędną decyzję o wykonaniu studni w pierwszej kolejności, przed ukończeniem przewiertu. Budowa nowych lewarów była jednym z elementów programu naprawy sieci kanalizacyjnej w obszarze metropolitalnym miasta Melbourne.

2.4. Tunel dostarczający wodę do huty stali w Chinach

W marcu 2013 r. została zakończona trwająca od prawie półtora roku inwestycja polegająca na budowie tunelu pod zatoką Zhanjiang w Chinach. Tunel o średnicy 6,26 m i długości 2,7 km przebiega w najgłębszym miejscu – 56 m pod powierzchnią wody w zatoce. Jego zadaniem będzie transport wody na wyspę Dong Hai, do zatrud-

niającej 20 tys. osób huty stali. Maksymalny miesięczny postęp robót wyniósł 392 m zbudowanego tunelu, zaś rekord dobowy to 27 m. Pomimo znacznej odległości pomiędzy komorą początkową i końcową, operacja przebiegła bez większych problemów. Firma wykonawcza – Guangdong No. 2 Hydropower Engineering Co – wykorzystała TBM firmy Robbins z płuczковым systemem usuwania urobku (ryc. 7). Maksymalne ciśnienie na przodku osiągnęło poziom 6 barów.

2.5. Mikrotunelowanie między filarami mostu w Seattle

Zrealizowany przewiert był jednym z elementów budowy nowego mostu zwodzonego, który miał zastąpić istniejący ponad 80-letni obiekt nad kanałem Duwamish w amerykańskim Seattle. Za pomocą technologii mikrotunelowania została wbudowana stalowa rura osłonowa o długości 60 m i średnicy 660 mm. Za szyb startowy i końcowy posłużyły dwa kesony o wymiarach w planie 18 x 18 m. Jeden z nich jest widoczny na rycinie 8. Po zakończeniu całej inwestycji stalowa rura będzie spełniać funkcję obudowy kabli elektrycznych zasilających mechanizm podnoszący i opuszczający ruchome przęsła mostu, natomiast kesony będą elementami filarów mostu.



Ryc. 8. Widok kesonu, w którym zlokalizowana była komora startowa [6]

Stara przeprawa została wybudowana ponad 80 lat temu. Jej konstruktorzy nie mieli wówczas możliwości przeciągnięcia kabli elektrycznych pod dnem rzeki, więc układali je na jej dnie. Przepływające statki często powodowały ich uszkodzenia, zwłaszcza przy niskim stanie wody w kanale. Dzięki umieszczeniu kabli

pod dnem łączność i przesyłanie energii elektrycznej pomiędzy wieżycami po obu stronach mostu stanie się bardziej niezawodne.

Prace były prowadzone na głębokości 17 m pod powierzchnią wody. Miejsce, w którym wykonano przewiert, zaznaczono na mapce widocznej na rycinie 9. Stalowa rura została wbudowana przez firmę Northwest Boring przy użyciu głowicy AVN 500XC MTBM firmy Herrenknecht. Przygotowanie sprzętu trwało 10 dni, natomiast sam przewiert był wykonywany o dzień krócej. Urządzenia towarzyszące, w tym kontener do przygotowania i oczyszczania płuczki, generator prądotwórczy i kontener sterowniczy, zostały ustawione na brzegu.



Ryc. 9. Zdjęcie satelitarne placu budowy z zaznaczonymi przyszłymi filarami mostu oraz trasą przebiegu przewiertu. Poniżej nowo budowanego mostu widoczne są pozostałości starej przeprawy [6]

2.6. Przewiert pod drogą szybkiego ruchu i linią kolejową w Centurion w RPA

Inwestycja polegała na budowie czterech rurociągów o średnicy 110 mm na odcinku 130 m. Przewiert został wykonany pod autostradą N1 i pod ruchliwą linią szybkiej kolei. Warunki gruntowe były bardzo trudne – trasa przewiertu przebiegała w większości przez litą skałę. Jej wytrzymałość na ściskanie wynosiła 300 MPa, przez co kilku wykonawców nie poradziło sobie z wykonaniem projektu. Dopiero inżynierowie z firmy JCS Pipeline przy wsparciu pracowników producenta

wiertnic, firmy Vermeer, sprostali temu zadaniu. Podczas przewiertu ruch na autostradzie nie został wstrzymany. Do wykonania zadania wykorzystano wiertnicę D130x150 firmy Vermeer, która jest przeznaczona do wykonywania przewiertów wielkośrednicowych. Wiercenie pilotażowe wykonano przy użyciu głowicy o średnicy 160 mm. Następnie otwór został powiększony rozwiertakiem o średnicy 355 mm. Cała operacja trwała zaledwie 15 dni.

3. Wybrane firmy promujące się w „Trenchless International”

3.1. Przeciskowe rury Keramo

Przeciskowe rury Keramo są produkowane w trzech odmianach, które różnią się między sobą średnicami, rodzajami połączenia i sposobami wbudowania:

- rury o średnicy 150 mm są przeciskane za pomocą maszyn do hydraulicznego przewiertu sterowanego i stosowane głównie do budowy przykanalików. Złącza tych rur składają się z mufy polipropylenowej wzmocnionej włóknem szklanym;
- rury o średnicy od 200 do 500 mm wykorzystuje się w budowie kanalizacji metodą przecisku sterowanego hydraulicznie. Ich złącza składają się z pierścienia ze stali nierdzewnej, uszczelka jest zintegrowana z manszetą. Między pierścieni wykonany jest z gumy (DN 200, 250 i 300) lub z drewna (DN 400 i 500);
- rury o średnicy od 600 do 1400 mm wbudowuje się za pomocą maszyn do mikrotunelowania, najczęściej bezpośrednio za tarczą. W skład

złącza rur wchodzi pierścień ze stali szlachetnej z dodatkiem molibdenu, uszczelka gumowa wmontowana na bosym końcu oraz wykonany z drewna pierścień redukujący naprężenia w rurach.

3.2. Pierścień uszczelniający Insignia

Pierścienie uszczelniające Insignia są produkowane przez amerykańską firmę LMK Technologies. Są one elementem systemu renowacyjnego w technologii typu CIPP. Po instalacji uszczelniają szczelinę pierścieniową pomiędzy powłoką żywiczną a rurą. Miejsca, w których można je zainstalować, zostały pokazane na rycinie 10.

Pierścień mocuje się do wnętrza linera po nasączeniu go żywicą. Następnie powłoka jest wprowadzana do rurociągu. Po wykonaniu jej inwersji pierścień zostaje umieszczony pomiędzy nią a rurą. Pierścień ten jest stosowany podczas instalacji powłok, które nie przylegają ściśle do naprawianego rurociągu. Może być stosowany podczas instalacji powłok żywicznych wprowadzanych przy użyciu sprężonego powietrza, powłok żywicznych wciąganych oraz opasek uszczelniających ze stali lub PVC.

3.3. Sonda kontrolująca ciśnienie płuczki wiertniczej

Amerykańska firma Digital Control Incorporated (DCI), jeden z wiodących producentów systemów radiolokacji, promuje na łamach czasopisma „Trenchless International” nową sondę, dzięki której można kontrolować w czasie rzeczywistym ciśnienie płuczki wiertniczej

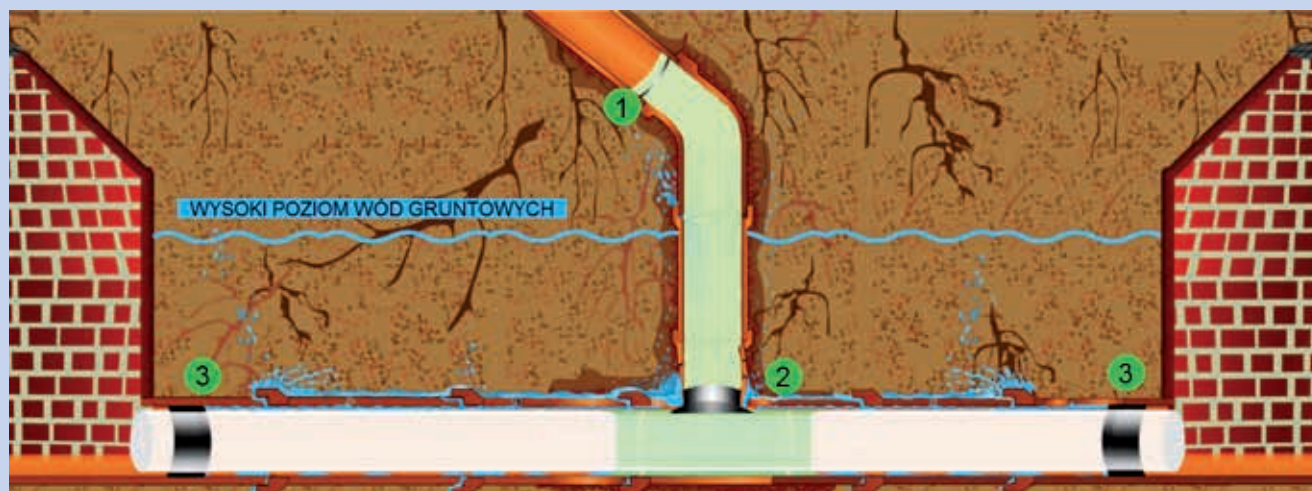
podczas wykonywania przewiertu, np. w technologii HDD. Dzięki sondzie F5 monitorujemy wypływ płuczki wiertniczej i możemy w odpowiedni sposób zareagować w przypadku nadmiernego jej zużycia. Inne sondy oraz pozostałe elementy systemu do radiolokacji firma DCI prezentuje na swojej stronie internetowej.

3.4. Urządzenie do wbijania rur stalowych o średnicy do 4600 mm

Przedsiębiorstwo HammerHead istnieje na rynku od 1989 r. W swojej ofercie posiada przebijaki pneumatyczne, głowice do pipe bursting, urządzenia do wbijania rur stalowych i wyposażenie towarzyszące. Na swojej stronie internetowej firma prezentuje urządzenie 34” Hammer, które służy do wbijania rur stalowych o średnicy do 4600 mm. Tak duża średnica rury może być wykorzystana np. do budowy przepustu. Urządzenie 34” Hammer może być również użyte do wymiany istniejących rurociągów o średnicy od 900 mm metodą pipe bursting.

Literatura

- [1] *Insignia. Hydrophilic Sealing Solutions.* Prospekt firmy LMK Technologies.
- [2] *Installing the Yarra Sewer Siphon.* „Trenchless Australasia” 2013, No. 34, pp. 35–40.
- [3] *New Record Set for HDD.* „Trenchless International” 2013, No. 19, pp. 30–33.
- [4] Visser & Smit Hanab – materiały informacyjne firmy.
- [5] www.no-dig.dk
- [6] www.trenchlessonline.com
- [7] www.tunneltalk.com



Ryc. 10. Miejsca, w których można zainstalować pierścień uszczelniający Insignia: 1 – górny koniec wykładziny w przykanaliku, 2 – miejsce włączenia przykanalika do kanału głównego, 3 – górny i dolny koniec wykładziny w kanale głównym [1]