

TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 23



tekst: **mgr inż. KATARZYNA WIJAS**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych

W 23. części cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych, prezentujemy skrót najciekawszych artykułów, które ukazały się w 42. numerze czasopisma „Trenchless International”.

1. Kalendarium wydarzeń promujących technologie bezwykopowe

Francuskie Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (French Society for Trenchless Technology – FSTT) w październiku 2018 r. zorganizowało już po raz 19. Regionalne Dni Techniczne (Regional Technical Days). Tym razem entuzjaści technologii bezwykopowych w liczbie ponad 500 spotkali się nie we Francji, a w Belgii – w Brukseli, w Horta Hall of the Bozar Palace. Uczestnicy mogli wysłuchać interesujących wystąpień prelegentów, a także zwiedzić część wystawową, gdzie zaprezentowało się 34 wystawców.

Październik 2018 r. był miesiącem szczególnie intensywnej pracy. W Kapsztadzie ISTT (International Society for Trenchless Technology) zorganizowało *International No-Dig South Africa*. Szczegółową relację z tego wydarzenia opisali w [1] reprezentujący nasz kraj przedstawiciele Polskiej Fundacji Technik Bezwykopowych (PFTT) prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczkowski oraz mgr inż. Stanisław Nogaj z Politechniki Świętokrzyskiej. Podczas konferencji wręczono także nagrody *No-Dig Award 2018* w trzech kategoriach. Więcej informacji o laureatach zamieszczono w dalszej części artykułu.

Miesiąc później, w listopadzie 2018 r., Japońskie Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (Japanese Society for Trenchless Technology – JSTT) zorganizowało w Tokio 29. edycję konferencji po-

święconej technologiom bezwykopowym, podczas której wygłoszono 17 referatów. W wydarzeniu wzięło udział ok. 150 osób. Swoją obecnością zaszczylił uczestników m.in. prof. Keh-Jian Shou, wiceprzewodniczący ISTT.

Wymienione wydarzenia już za nami, jednak przed nami kolejne równie ważne. Australijskie Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych (Australasian Society for Trenchless Technology – ASTT) organizuje 10–13 września 2019 r. *No-Dig Down Under Melbourne* (więcej o wydarzeniu na stronie: www.nodigdownunder.com). Polska Fundacja Technik Bezwykopowych również przygotowuje się do kolejnej, dziewiątej edycji konferencji *No-Dig Poland*, która odbędzie się w kwietniu 2020 r. i na którą już teraz serdecznie zapraszamy (więcej o wydarzeniu na stronie: www.nodigpoland.pl).



2. Laureaci nagród *No-Dig Award 2018* nagrodzeni w Kapsztadzie

2.1. Nagroda w kategorii Projekt Roku

Nagrodę w kategorii Projekt Roku 2018 otrzymały przedsiębiorstwa Black & Veatch Hong Kong, Langfang Huayuan Mechanical & Electrical Engineering Co. oraz władze portu lotniczego za budowę rurociągu dostarczającego paliwo do międzynarodowego lotniska w Hongkongu.

Przejście o łącznej długości 5,2 km zostało wykonane w technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD).

Nagrodzony projekt jest interesujący z wielu powodów. W związku z planowaną rozbudową lotniska konieczne było stworzenie nowego systemu transportującego paliwo. Eksploatowane dotąd dwa rurociągi o średnicach 500 mm należało przenieść, bowiem były posadowione w terenie, na którym planowano rozbudowę. W tym celu wykonano przewiert pomiędzy wyspą Sha Chau (ryc. 1) a wyspą, na której znajduje się międzynarodowe lotnisko HKIA (Hong Kong International Airport).

Warunki gruntowe na trasie wiercenia były bardzo trudne ze względu na występowanie warstw skalnych. W związku z tym zastosowano specjalne wiertnice z dużym momentem obrotowym, a także rury wiertnicze z niestandardowym gwintem przyłączeniowym.

Kolejnym wyzwaniem była ograniczona powierzchnia terenu, który można było zagospodarować podczas wykonywania prac. W celu rozpoczęcia wiercenia w punkcie początkowym zajęto obszar o powierzchni 40 x 50 m. Było to związane z koniecznością zachowania strefy bezpieczeństwa z uwagi na bliskość pasa startowego lotniska. Jeszcze mniejsza była powierzchnia, na której można było wykonywać prace na wyspie Sha Chau – 10 x 10 m. Tym razem powodem wprowa-



Ryc. 1. Wykop startowy (punkt wejścia) na wyspie Sha Chau [3]



Ryc. 2. Urządzenie Hawle NoDig System testowane w warunkach laboratoryjnych [3]



Ryc. 3. Włączenie przyłącza do wodociągu wykonane za pomocą urządzenia Hawle NoDig System [7]

dzonych ograniczeń były względy środowiskowe. Co więcej, występowały również ograniczenia w terminach realizacji poszczególnych etapów projektu. Ze względu na siedlisko czapli na wyspie Sha Chau nie można było wykonywać prac od kwietnia do lipca. Obszar i harmonogram robót musiały być bardzo skrupulatnie zaplanowane z uwagi na szereg dodatkowych rygorystycznych ograniczeń związanych z generowaniem hałasu, zużyciem energii, wody i odprowadzeniem ścieków.

Wbudowywanie dwóch nowych rurociągów rozpoczęło się w zachodniej części lotniska. Pierwszym etapem było wiercenie pilotażowe o średnicy 311 mm i długości 3,7 km, którego punkt końcowy zaprojektowany był 100 m pod dnem morza. Z drugiego końca – z wyspy Sha Chau – również wykonywano przewiert o średnicy 311 mm i długości 1,5 km, tak aby rurociągi spotkały się w projektowanym punkcie i połączyły. Otwory pilotażowe były rozwiercane do średnicy 510 mm, a następnie do 710 mm. Prace związane z realizacją projektu rozpoczęły się w trzecim kwartale 2016 r., zaś zakończyły w marcu 2018 r.

Realizacja nagrodzona w kategorii Projekt Roku stanowi rekord świata w wykonywaniu tego typu instalacji pod dnem morza w technologii HDD. Warto dodać, że prowadzone prace nie miały negatywnego wpływu na bezpieczeństwo funkcjonowania lotniska, a także nie spowodowały zagrożenia dla środowiska naturalnego. Zarządzanie ryzykiem w trakcie całej budowy również uznano za przełomowe osiągnięcie.

2.2. Nagroda w kategorii Urządzenie Roku

Nagrodę w kategorii Urządzenie Roku otrzymała firma Hawle Water Technology Norge AS za urządzenie Hawle NoDig System (ryc. 2), które umożliwia w pełni bezwykopowe wykonywanie przyłączy wodociągowych. Zaprojektowane przez Norwegów urządzenie po-

trafi zlokalizować przewód wodociągowy i wykonać przewiert z piwnicy budynku w kierunku wodociągu z wykorzystaniem zdalnie sterowanego robota.

W urządzeniu zastosowano system żyroskopowy, który umożliwia precyzyjne określenie położenia wodociągu ulicznego. W skład zestawu wchodzi głowica wierząca umieszczona w rurze osłonowej, system pływający, napęd, system sterowania oraz moduł do wycofania. Głowica wierząca jest napędzana przez specjalnie skonstruowany silnik hydrauliczny, zintegrowany system czujników zapewnia precyzyjne wiercenie, zaś tuleja minimalizuje tarcie. W skład systemu wchodzi również narzędzie wielofunkcyjne, które pozwala pokonywać przeszkody i wspomaga wykonanie otworu pilotażowego. Specjalne narzędzie łączące (ryc. 3) umożliwia włączenie przyłącza do wodociągu przy jednoczesnej kompensacji wszelkich odchyłek od osi. Oprócz wymienionych elementów w systemie wykorzystywane są m.in. mała rama przeciskowa, system pneumatyczny i oprogramowanie sterujące.

Hawle NoDig System może wykonać przyłącze o długości do 30 m o minimalnym promieniu 20 m. Umożliwia włączenie przyłącza do wodociągu ulicznego z rur PE100 o średnicy wewnętrznej 150–400 mm. W systemie wykorzystywana jest rura osłonowa z polichloroku winylu o średnicy wewnętrznej 103 mm, dzięki której możliwe jest wykonanie przyłącza z rur polietylenowych o średnicy wewnętrznej 25–40 mm. Urządzenie może pracować w takich gruntach, jak piasek, glina, muł lub żwir. Po wprowadzeniu dodatkowych modyfikacji system jest również w stanie wykonać włączenie do wodociągu z zainstalowaną powłoką CIPP.

2.3. Nagroda w kategorii akademickiej

Nagrodę dedykowaną młodym naukowcom otrzymał Marek Skoblej z Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie. Przygoto-

wał on pracę dyplomową, w której zawarł przegląd literaturowy dotyczący możliwości zastosowania dwóch technologii – mikrotunelowania oraz Auger Boring, a także porównanie dwóch realizacji, w których wykorzystano te technologie. Porównanie dotyczyło m.in. liczby członków załogi, czasu pracy i dziennego postępu, wykorzystanych maszyn czy warunków gruntowych na trasie wbudowywania. Szczegółowy opis poszczególnych technologii bezwykopowej budowy można znaleźć np. w [2].

Pierwsza inwestycja, w której zastosowano technologię mikrotunelowania, miała miejsce w Vinoř, części czeskiej Pragi, i została ukończona w 2016 r. Zdecydowano o wyborze tej technologii do budowy kanalizacji, aby nie powodować utrudnień w ruchu drogowym na ul. Mladoboleslavskiej. Zastosowano głowicę Unclemole ISEKI TCC 400.

Druga z poddanych analizie inwestycji miała miejsce w Havířovie (pol. Hawierzów) w Czechach i została zakończona jesienią 2016 r. W tym przypadku zastosowanie tradycyjnych technologii wykopowych również nie było możliwe ze względu na powodowanie utrudnienia w ruchu drogowym. Do budowy wykorzystano wiertnicę ślimakową Bohrtec BM 400.

Inwestycje poddane analizie były bardzo podobne, tzn. długość budowanych odcinków przewodów kanalizacyjnych była zbliżona (49,7 m oraz 51 m). W obu przypadkach zastosowano rury kamionkowe o podobnych średnicach wewnętrznych (400 mm oraz 300 i 250 mm), oba odcinki przewodów kanalizacyjnych były wbudowywane na podobnych głębokościach.

Praca dyplomowa została zakończona interesującymi wnioskami. Autor wskazał m.in., która z technologii była bardziej efektywna, która umożliwiała większy postęp prac. Opracowanie uznano za bardzo wartościowe również ze względu na krytyczne podejście, co skłania do dyskusji na temat technologii bezwykopowych.



Ryc. 4. Istniejący i nowo budowany kanał zrzutowy ścieków [8]



Ryc. 5. Rurociąg przygotowany na powierzchni terenu, gotowy do przetransportowania i wbudowania [3]

3. Najciekawsze realizacje z zastosowaniem technologii bezwykopowych

3.1. Budowa przewodu odprowadzającego oczyszczone ścieki z oczyszczalni ścieków do odbiornika – półwysp Whangaparaoa (Nowa Zelandia)

Oczyszczalnia ścieków na półwyspie Whangaparaoa w Nowej Zelandii funkcjonuje od 1982 r. Obiekt oczyszcza ścieki i odprowadza je 2,8-kilometrowym przewodem niemal 1,2 km w głąb kanału Tiri. Przepustowość przewodu z czasem stała się zbyt mała, by sprostać zrzutowi oczyszczonych ścieków od systematycznie wzrastającej liczby ludności. Rozwiązaniem tego problemu było wybudowanie rurociągu zastępczego, który przebiega nową trasą, jednak jego wylot znajduje się w tym samym miejscu, co dotychczasowy (ryc. 4).

Projekt musiał być bardzo szczegółowo przygotowany ze względu na bliskość terenów o znaczących walorach środowiskowych – Shakespear Regional Park. Przed ostatecznym rozpoczęciem prac podjęto nawet działania polegające

na przeszukaniu terenu i przeniesieniu zwierząt na czas budowy w bezpieczne dla nich miejsce.

Wykonawca – firma McConnell Dowell – zdecydował o zastosowaniu technologii Direct Pipe. Decyzja przedsiębiorstwa opierała się głównie na wcześniejszych doświadczeniach związanych z tą metodą podczas realizacji w Tajlandii, a także dobrym rozpoznaniu warunków gruntowych. Było to pierwsze zastosowanie tej technologii w Nowej Zelandii.

Maszyna do mirotunelowania MTBM została dostarczona do Whangaparaoa na początku kwietnia 2018 r. Do wybudowania rurociągu na terenie półwyspu wykorzystano głowicę Herrenknecht AVN1000DP MTBM o długości 13 m z tarczą urabiającą o średnicy 1325 mm o nazwie Blanche. Średni postęp pracy w gruncie wynosił 28–35 mm/min. Maszyna została wykorzystana do wbudowania rurociągu stalowego o średnicy zewnętrznej 1220 mm i grubości ścianki równej 16 mm. Wokół wbudowanego rurociągu powstał pierścień o grubości 52 mm na odcinku 1929 m, w który wstrzyknięto zawiesinę bentonitową dla

stabilizowania gruntu. W celu zapewnienia projektowanej stuletniej żywotności rurociągu i jego ochrony przed korozją podjęto decyzję o zainstalowaniu wewnątrz stalowego rurociągu wykładziny z PE-HD o średnicy zewnętrznej 1100 mm.

Część podwodną projektowanego odcinka zmontowaną w Kaiaua (ryc. 5) 26 lipca holowano drogą morską do Army Bay (ryc. 6). Rurociąg o długości 890 m następnie zatopiono, przymocowano do dna oceanu i zabezpieczono do czasu, aż zostanie wybudowana część rurociągu biegnąca pod półwyspem. Ostatecznie oba rurociągi zostały połączone 2 sierpnia 2018 r. W tym celu firma McConnell Dowell wykonała dwa wykopy pośrednie o głębokościach 47 i 17 m.

Budowa przewodu kanalizacyjnego stanowiła bardzo duże wyzwanie ze względu na warunki bezpieczeństwa i możliwe zagrożenie środowiskowe. Dzięki zaangażowaniu i precyzji udało się zrealizować projekt zgodnie z planem, jednocześnie bijąc kolejny rekord długości rurociągu wbudowanego w technologii Direct Pipe.

3.2. Rehabilitacja przewodu wodociągowego w Irvine Ranch w Kalifornii (USA)

Zastosowanie technologii CIPP (*cured-in-place pipe*) przyczyniło się do poprawy niezawodności dostaw i zmniejszenia strat wody w dzielnicy Irvine Ranch w Kalifornii. Rehabilitacji poddano rurociąg transportujący wodę z recyklingu. Przewód biegnie wzdłuż drogi pożarowej między Crystal Cove i Pacific Ridge w Newport i dostarcza wodę do nawadniania. Prace rozpoczęto od czyszczenia rurociągu oraz usunięcia przerastających korzeni, zalegającego gruzu i innych materiałów, które mogłyby uniemożliwić prawidłowe zainstalowanie wykładziny. Wykładzina CIPP została zainstalowana wewnątrz istniejącej rury na długości 1372 m.



Ryc. 6. Holowanie rurociągu z Kaiaua do Army Bay [3]



Ryc. 7. Technologia SPR [4]



Ryc. 9. Urządzenie do utwardzania powłok żywic UV REE2000 Mobile 150 [6]

3.3. Rehabilitacja przewodu kanalizacyjnego na terenie Chorwacji oraz Bośni i Hercegowiny

System Primus Line® DN 400 PN18 zastosowano do rehabilitacji fragmentu grawitacyjnego przewodu kanalizacyjnego posadowionego na terenie Chorwacji oraz Bośni i Hercegowiny. Przewód z rur polietylenowych PE-HD o średnicy 400 mm i długości 150 m jest posadowiony w pobliżu chorwackiego miasta Ston. Ułożony jest w terenie należącym do różnych właścicieli. Technologia Primus Line została wybrana jako najlepsze rozwiązanie do odnowy przewodu, na którego trasie występowały łuki do 15°, pracującego pod ciśnieniem roboczym 1 b i wypełnionego ściekami. Zastosowanie metody pozwoliło inwestorom uniknąć pozyskiwania pozwoleń na wykonanie wykopów i ponowne uruchomienie rurociągu. Rehabilitację przewodu wykonano w ciągu jednego dnia roboczego.



Ryc. 8. Instalowanie powłoki Primus Line w przewodzie wodociągowym DN 350 w Brukseli [5]

3.4. Rehabilitacja przewodu wodociągowego w Amsterdamie (Holandia)

Przedsiębiorstwo AOC Aliancys, współpracując z Insituform jako wykonawcą, przywróciło dostawę wody pitnej do centrum Amsterdamu dzięki zastosowaniu technologii reliningu do rehabilitacji stuletniej rury żeliwnej. Dostawy wody zostały przerwane, gdy eksploatowany rurociąg wody pitnej zapadł się wraz z częścią nabrzeża w pobliżu Nassaukade, ulicy nad brzegiem drogi wodnej Singelgracht w Amsterdamie. Zapadniętą rurą dostarczano wodę pitną do gospodarstw domowych w centrum miasta, więc znalezienie alternatywy dla zaopatrzenia terenu było niezbędne. Odkryto ułożony w gruncie stuletni nieużywany przewód żeliwny o średnicy 600 mm. Uznano, że będzie to odpowiedni rurociąg zastępczy, który pozwoli wznowić dostawę wody. 50-metrowy odcinek został poddany odnowie w ciągu dwóch dni przy zachowaniu nieznacznego wpływu na ruch drogowy i otaczające środowisko.

4. Firmy reklamujące się w 42. numerze „Trenchless International”

4.1. Aussie Trenchless

Australijska firma Aussie Trenchless zajmuje się kompleksową oceną stanu technicznego przewodów oraz ich rehabilitacją. Firma jest dostawcą urządzeń Hydrapulse służących do czyszczenia przewodów kanalizacyjnych. W swojej ofercie ma również urządzenia Hot Sleeve, które umożliwiają szybkie utwardzanie powłok żywiczych na niewielkich długościach. Aussie Trenchless wykonuje też rehabilitację przewodów z zastosowaniem technologii powłok spiralnie zwijanych (SPR; ryc. 7) w zakresie średnic 150–1200 mm, a także odnowę przewodów przełazowych za pomocą krótkich modułów rur z polipropylenu (*pipe segment technology* – PST).

4.2. Rädlinger Primus Line GmbH

Niemiecka firma Rädlinger oferuje technologię Primus Line przeznaczoną do reno-

wacji rurociągów (ryc. 8). Primus Line® jest produkowany w średnicach nominalnych od DN 150 do DN 500 i zbudowany z trzech warstw. Powłoka zewnętrzna jest wykonana z odpornego na ścieranie polietylenu. Pomiedzy powłoką wewnętrzną a zewnętrzną znajduje się bezszwowa tkanina z włókien aramidowych, pełniąca funkcję warstwy nośnej statycznie. Powłoka wewnętrzna, w zależności od transportowanego medium, wykonana jest z polietylenu lub poliuretanu termoplastycznego. Technologia może być wykorzystywana do rehabilitacji przewodów wodociągowych, gazowych lub transportujących olej napędowy.

4.3. RelineEurope AG

Niemiecka firma RelineEurope oferuje technologię Alphaliner do renowacji przewodów kanalizacyjnych z zastosowaniem rękawów z żywic syntetycznych wzmocnionych włóknem szklanym ECR w zakresie średnic 150–1800 mm. W zależności od wymagań stosowane są żywice poliestrowe (UP) lub żywice winyloestrowe klasy premium (VE). W ofercie znajduje się także rękaw AlphalinerECO – wariant z żywicą, która nie zawiera styrenu, AlphalinerHP z konstrukcją typu sandwich i podwójną ścianą nasączoną od zewnątrz żywicą oraz AlphalinerPN do przewodów ciśnieniowych. Firma dostarcza również sprzęt do utwardzania powłok światłem UV: REE400, RE2000, REE4000 (ryc. 9).

Literatura

- [1] Kulczkowski A., Nogaj S.: *No-Dig 2018 w Kapsztadzie*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2018, nr 6, s. 16–18.
- [2] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. nauk. A. Kulczkowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.
- [3] „Trenchless International” 2019, No. 42 (Winter).
- [4] <http://aussietrenchless.com>
- [5] <https://www.primusline.com>
- [6] <https://relineeurope.com>
- [7] <http://www.istt.com>
- [8] <https://www.watercare.co.nz>

