

TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 19



tekst: **dr inż. prof. Półk JUSTYNA LISOWSKA**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, **inż. ANGELIKA WOŹNIAK**, **inż. KATARZYNA WÓJCIKOWSKA**, **inż. MARLENA ŻUGAJ**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Studenckie Naukowe Koło Inżynierów Środowiska „Krecik”

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Techniki Bezwykopowych, przedstawiamy skrót najciekawszych artykułów zamieszczonych w 37. numerze „Trenchless International”.

1. Światowy Kongres Technologii Bezwykopowych w Medellin

25–27 września 2017 r. odbył się Światowy Kongres Technologii Bezwykopowych (Trenchless World Congress) w Medellin w Kolumbii, połączony z wystawą, podczas której przedstawiciele firm z całego świata zaprezentowali najnowsze rozwiązania z dziedziny technologii bezwykopowych. Kongres zorganizował Kolumbijski Instytut Technologii i Techniki Infrastruktury Podziemnej (Columbia Institute for Subterranean Infrastructure Technologies and Techniques – CISTT) przy wsparciu Międzynarodowego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych (International Society for Trenchless Technology – ISTT).

W ramach kongresu przewidziano szeroki zakres szkoleń i kursów tematycznych. Szkolenia dotyczyły mikrotunelowania, przewiertów sterowanych i wierceń kierunkowych (HDD), przecisków hydraulicznych oraz przecisków pneumatycznych. Z kolei program kursów obejmował sześć kluczowych obszarów wiedzy niezbędnej do udanego montażu instalacji przewiertów sterowanych (HDD), jak: obsługa i zastosowanie, sprzęt i materiały, planowanie badań środowiskowych, przegląd maszyn, przepisów i zezwoleń, bezpieczeństwo w miejscu pracy oraz minimalizacja ryzyka. Jeden z kursów szkoleniowych został opracowany wspólnie z Instytutem Technologii Bezwykopowych w Luizjanie (Louisiana Technology University i Buried Asset Management Institute-International) i obejmował zagadnienia związane z zarządzaniem infrastrukturą podziemną.

W programie konferencji znalazły się również zagadnienia dotyczące oceny stanu technicznego sieci i instalacji, inspekcji, odnowy i rehabilitacji. Zwrócono uwagę na rozwój metod oceny stanu technicznego sieci i instalacji, rozwój metod badań oraz innowacyjność w zakresie nowych technologii stosowanych w inżynierii środowiska.

Wśród wielu czołowych postaci ze świata nauki biorących udział w kongresie nasz kraj reprezentował prof. dr hab. inż. Andrzej Kulickowski z Politechniki Świętokrzyskiej, który wygłosił referat *Bezpieczeństwo konstrukcyjne przewodów wodociągowych*.

2. Ciekawe realizacje z zastosowaniem technik bezwykopowych

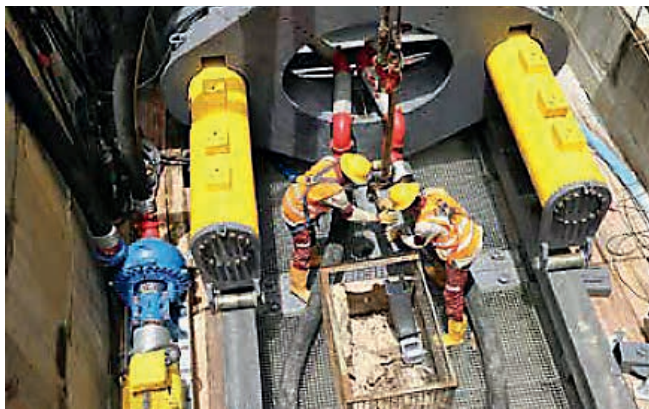
2.1. Projekt Centro Parrilla w Kolumbii

Od 2015 r. firma Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM) opracowywała projekt Centro Parrilla, mający na celu wymianę 40-letniej infrastruktury podziemnej (sieci wodociągowej i kanalizacyjnej) o długości ponad 50 km w Medellin w Kolumbii. Z uwagi na lokalizację inwestycji w centrum miasta, a równocześnie w strefie ochrony archeologicznej niezbędne było zastosowanie technologii bezwykopowych. Umożliwiło to także redukcję hałasu na poszczególnych odcinkach dróg oraz wyeliminowało szkody gospodarcze i społeczne.

Inwestycja rozpoczęła się w styczniu 2015 r., a zakończyła w listopadzie 2017 r. Realizacja trwała 842 dni i obejmowała budowę sieci kanalizacyjnych o średnicach 600 i 800 mm, rehabilitację sieci kanalizacyjnej w zakresie średnic od 200 do 900 mm, naprawę sieci kanalizacyjnych i wodociągowych w zakresie średnic od 75 do 250 mm. Do rehabilitacji zastosowano technologie ciasnopasowane (Close Fit Lining – CFL), rury utwardzane na miejscu (CIPP), a także rury z polietylenu o wysokiej gęstości (PE-HD) z włóknem szklanym oraz impregnowane rękawy z żywicy poliestrowych lub epoksydowych [1]. Do odnowienia odcinków przewodów – metodę Pipe Bursting przy użyciu rur PE-HD. Do budowy – poziome kierunkowe wiercenia (HDD) z rur PE-HD oraz mikrotunelowanie. Nowa infrastruktura umożliwiła transport ścieków przez kolektor północny (Interceptor Norte) do



Ryc. 1. Mapa śródmieścia Medellín oraz plan prowadzonej inwestycji Centro Parrilla



Ryc. 2. Prace montażowe przy realizacji projektu Centro Parrilla

oczyszczalni ścieków Aguas Claras w gminie Bello. Na rycinach 1 i 2 zaprezentowano plan i przebieg inwestycji.

2.2. Realizacje z zastosowaniem technologii bezwykopowych w Meksyku

2.2.1. Przekład hydrauliczny pod lotniskiem w Monterrey

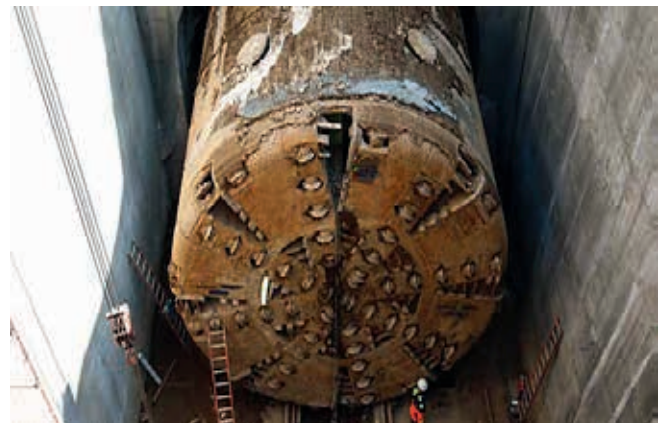
W czerwcu 2017 r. główny wykonawca, Ingeniería en Túneles y Redes, S.A. de C.V., zainstalował 60 m przewodów stalowych osłonowych. Sieć kanalizacyjna została wykonana w technologii bezwykopowej z wykorzystaniem przekładów hydraulicznych. Realizacja miała miejsce w Monterrey w stanie Nuevo Leon. Do wiercenia pilotażowego zastosowano głowicę wielonożową Rock Drill Adapter TriHawk® firmy Akkerman. Realizacja pod lotniskiem w Monterrey zajęła dwa dni i nie wpłynęła w znaczący sposób na pracę lotniska (ryc. 3).

2.2.2. Budowa kanału ściekowego w Mexico City

8 czerwca 2017 r. zakończono budowę Tunel Emisor Poniente II (TEP II) w Meksyku, trwającą od sierpnia 2015 r. Tunel został skonstruowany dla zmniejszenia ryzyka związanego z wystąpieniem powodzi w niektórych dzielnicach Meksyku. W projekcie wykorzystano maszynę typu crossover Robbin XRE TBM o średnicy 8,7 m do wydrążenia tunelu o długości 5,8 km (ryc. 4). Zaletą zastosowania maszyny jest możliwość pracy



Ryc. 3. Przekład hydrauliczny pod lotniskiem w Monterrey



Ryc. 4. Maszyna typu crossover Robbin XRE TBM, wykorzystana do budowy tunelu Emisor Poniente II w Meksyku

w każdych warunkach gruntowych [2]. Duża siła ciągu oraz łatwość zmiany momentu obrotowego głowicy tnącej sprawiły, że budowa tunelu w szczególnie trudnym terenie zakończyła się sukcesem. Podczas realizacji projektu osiągnięto rekordową prędkość wykonania wierceń maszyną TBM – 57 m w ciągu dnia i 702 m w ciągu miesiąca.

2.3. Dynamic Pipe Bursting w Trewirze w Niemczech

W Trewirze, najstarszym niemieckim mieście, poddano wymianie kamionkowe przewody kanalizacyjne o średnicy DN 300 metodą dynamicznego kruszenia rur (Dynamic Pipe Bursting). Wykonawcą robót była firma Tracto-Technik. Inspekcja kanału wykazała znaczne zarysowania rurociągu odłamkami kamionki, które spowodowały eksfiltrację ścieków z kanału do gruntu. Uszkodzenie odnotowano na 20 m monitorowanego odcinka.

Do kruszenia przewodów istniejącej konstrukcji zastosowano urządzenie Grundocrack. Jest ono zasilane sprężonym powietrzem, a siłę napędową 35 kN zapewnia wciągarka linowa Bagela. W instalacji zainstalowano rury dociskowe HL (ryc. 5), wykonane z polipropylenu (PP-HM). Dodatkowym utrudnieniem było to, że znaczna część rurociągu została ułożona na grubym betonie. Spowodowało to spowolnienie procesu kruszenia rury, ponieważ przesunięcie odłamków do otaczającego gruntu było utrudnione.

Użyte urządzenie do kruszenia rur ma małe gabaryty, co ułatwiło transport i zminimalizowało zakłócenia w pracy posterunku policji. W ciągu 3,5 godziny istniejąca konstrukcja kamionkowa została zastąpiona nową, wykonaną z polipropylenu (PP-HM).



Ryc. 5. Wprowadzenie przewodu z polipropylenu PP-HM do istniejącej konstrukcji wykonanej z kamionki

2.4. Najciekawsze rehabilitacje z zastosowaniem technologii CIPP

2.4.1. Magistrala wodociągowa w Hiszpanii – InsituMain®

W hiszpańskim mieście Kordoba wykonano rehabilitację magistrali wodociągowej o średnicy 300–1200 mm rękawem InsituMain® oraz naprawę sieci kanalizacyjnej o średnicy 300–1250 mm przy użyciu technologii CIPP (ryc. 6). Podczas rutynowego czyszczenia i inspekcji CCTV w 60-letnich przewodach wykryto prze-



Ryc. 6. Instalowanie rękawa InsituMain® CIPP podczas rehabilitacji magistrali wodociągowej w Kordobie w Hiszpanii

cieki, brak fragmentów ściany przewodu, pęknięcia podłużne oraz znaczną erozję. Uszkodzenia te spowodowały pogorszenie stanu konstrukcji przewodów i zwiększyły prawdopodobieństwo wystąpienia awarii.

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągowe w Kordobie (Empresa Municipal de Aguas de Córdoba – EMACSA) zdecydowało się na zastosowanie technologii bezwykopowych do naprawy rurociągu, ponieważ teren inwestycji znajdował się w strefie ochrony archeologicznej, a trasa przewodu przechodziła przez zadrzewione tereny parku i centralne dzielnice miasta.

System InsituMain® został zaprojektowany w taki sposób, aby spełnić wymagania dotyczące wykładzin AWWA klasy IV jako w pełni strukturalnej wykładziny, niezależnej od rury przewodzącej. Jest materiałem składającym się z włókien poliestrowych, włókna szklanego oraz żywicy. Warstwa polipropylenu na wewnętrznej powierzchni rury zwiększa gładkość rury, zmniejsza tarcie powierzchni, tworzy dodatkową barierę antykorozyjną dla rury oraz zabezpiecza przed wyciekami.

W Kordobie z uwagi na wysokie średnie dzienne temperatury zaistniała konieczność rozpoczęcia prac w godzinach porannych. Uniknięto wówczas przedwczesnego utwardzenia wykładziny jeszcze przed jej odwróceniem w murze.

2.4.2. Magistrala wodociągowa pod linią kolejową w Australii – Aqua-Pipe®

W 2012 r. zakład wodociągowy Queensland Urban Utilities przeprowadził ocenę stanu technicznego 50-letniej magistrali wodociągowej. Stwierdzono, że cztery łuki magistrali o kącie 45° są skorodowane i mogą stać się przyczyną wystąpienia awarii. Z uwagi na lokalizację magistrali wodociągowej pod ruchliwą linią kolejową w Australii podjęto decyzję o niezwłocznej rehabilitacji. Do tego celu zastosowano rękaw Aqua-Pipe® firmy Sanexen [3]. Rehabilitację przeprowadziła firma Ventia.

2.4.3. Magistrala wodociągowa na obszarze sejsmicznym we Włoszech – Primus Liner®

W wyniku działalności sejsmicznej w 2003 r. doszło do powolnych przemieszczeń mas skalnych w obszarach odkrywkowych Argille Varicolori we Włoszech. Spowodowało to uszkodzenie magistrali wodociągowej w Nuovo Scillato o łącznej długości 62 km i średnicy DN 900, wykonanej z rur stalowych. Naprawiono 1030 m odcinka na obszarze Burgitabus i 640 m odcinka w rejonie Scacciapicocchi. Na odcinku magistrali wodociągowej w Burgitabus zastosowano Primus Liner DN 250 PN 30, na odcinku w Scacciapicocchi średnica została zwiększona do Primus Liner DN 300 PN 25 w celu uwzględnienia niższych ciśnień (ryc. 7a i 7b).

Wybór techniki wykładziny CIPP utwardzanej promieniami UV w obu częściach magistrali wynikał z potrzeby uzyskania integralnego przewodu, wystarczająco elastycznego, aby zamortyzować osuwiska. Wymiana i zastosowanie rur stalowych zostały wykluczone ze względu na wcześniejsze doświadczenia i czas realizacji.



Ryc. 7a i 7b. Instalacja rękawa Primus Liner® podczas bezwykopowej rehabilitacji magistrali wodociągowej we Włoszech

Prace rozpoczęto 15 marca 2017 r., a zakończono 12 kwietnia 2017 r. Był to jeden z najważniejszych projektów bezwykopowej rehabilitacji, jaki kiedykolwiek zrealizowano we Włoszech.

2.5. Zastosowanie technologii ProKASRO Goliath w Nowym Jorku

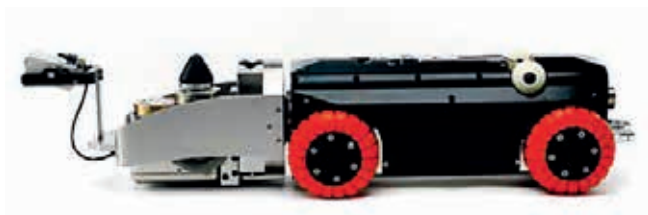
Amerykańska firma EN-TECH Corp podjęła się nietypowego czyszczenia przewodów kanalizacyjnych w Queens w stanie Nowy Jork. Realizacja polegała na czyszczeniu 40 m kolektora kanalizacyjnego o średnicy 450 mm, wypełnionego betonem o wysokiej wytrzymałości. Rury ułożone w gruncie zostały przypadkowo przewiercone i uszkodzone podczas wykonywania prac fundamentowych.

Podjęto kilka nieudanych prób usunięcia betonu przy użyciu węża wysokociśnieniowego z głowicą frezującą, frezu samobieźnego, napędzanych ciśnieniem wody i ciśnieniem powietrza. Powyższy sprzęt okazał się nieskuteczny i czasochłonny, gdyż możliwe było usunięcie jedynie 2 cm betonu dziennie. Następnie zastosowano robota elektrycznego firmy ProKASRO w wersji 1,7 oraz 4,0. Niemniej jednak postęp w wysokości 7,5 cm dziennie nie był jeszcze optymalnym sposobem całkowitego i szybkiego usunięcia betonu.

Problem został rozwiązany przy użyciu niemieckiego robota hydraulicznego ProKASRO Goliath (ryc. 8 i 9). System obejmuje hydrauliczną frezarkę dostosowaną do wymagań pracy ze spe-



Ryc. 8. Kontener ProKASRO w miejscu naprawy kolektora kanalizacyjnego w Nowym Jorku



Ryc. 9. Samobieźny hydrauliczny robot frezujący KASRO [5]

cialnymi głowicami frezującymi, dostarczonymi przez Schneider Diamantwerkzeuge. Zaletą tego systemu było usunięcie połowy zalegającego betonu z rur kanalizacyjnych w ciągu sześciu tygodni, podczas gdy wcześniejsze rozwiązania przyniosłyby ten sam efekt po dwóch latach.

2.6. Wykorzystanie technologii Slipliningu przez firmę Hobas w Nowym Jorku

Zakład wodociągowy w Niagara Falls w stanie Nowy Jork wykorzystał technologię Slipliningu do renowacji ponad stuletniej sieci kanalizacyjnej, która wykazywała uszkodzenia konstrukcyjne przewodów.

Podczas inspekcji telewizyjnej sieci w 2013 r. stwierdzono poważne uszkodzenia konstrukcyjne oraz infiltrację wody grunтовой do wnętrza nieszczelnych przewodów kanalizacyjnych. Sieć o długości 670 m i średnicy 1370 mm była już wielokrotnie poddawana próbom rehabilitacji.

W wyniku dużej głębokości posadowienia sieci kanalizacyjnej i obecności podziemnych mediów należących do pobliskiej fabryki chemicznej i podstacji energetycznej przedsiębiorstwo wodociągowe Niagara Falls Water Board (NFWB) zdecydowało się na zastosowanie technologii bezwykopowej. W projekcie użyto rur trójwarstwowych, wykonanych z odlewanych odśrodkowo żywicy poliestrowych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP). Wykonawcą prac była lokalna firma Yarussi Construction, która wykorzystwała rury Hobas (ryc. 10), ponieważ ich zastosowanie wiązało się ze znaczącymi korzyściami finansowymi. Konieczne było również zainstalowanie kilku wewnętrznych uszczelnień do łączenia rur, aby zapobiec infiltracji.



Ryc. 10. Rury Hobas na placu budowy

2.7. Rozwój technologii Shuttlemole

W 2016 r. firma Iseki Poly-Tech Inc. została uhonorowana nagrodą ISTT na Międzynarodowej Konferencji i Wystawie Technologii Bezwykopowych w Pekinie za przyczynienie się do rozwoju technologii Shuttlemole. W początkowych założeniach maszyna miała przede wszystkim wspomagać technologię Pipe-Roofing Iseki. Stwierdzono jednak, że wykazuje dodatkowe zalety, takie jak zdolność do ominięcia przeszkody wzdłuż rurociągu, co oznaczało, że głowica do mikrotunelowania może zostać wycofana i zainstalowana od nowa w tulei osłonowej.

Głowica Shuttlemole jest wyposażona w rolki tnące, zamontowane na obwodzie tarczy skrawającej. Posiada unikatową zdolność wycofywania głowicy przez chowanie się rolek tnących w tulejach osłaniających.

Przy użyciu technologii Shuttlemole wykonano wiele inwestycji, w tym trzy, które są godne uwagi ze względu na swoją innowacyjność (ryc. 11 i 12).



Ryc. 11. Wykop początkowy z zastosowaniem technologii Shuttlemole

2.7.1. Tunel podziemny

Materiał przewodów: rura stalowa o średnicy 1200 mm.

Liczba przewodów: 27 rur osłonowych.

Długość jednego odcinka przewodu: 200 m.

Miejsce realizacji: skrzyżowanie autostrad.

Projekt obejmował instalację Pipe-Roofing składającą się z 27 rur stalowych o średnicy 1200 mm. Metoda Pipe-Roofing miała decydujący wpływ na zmniejszenie osiadania nawierzchni.

2.7.2. Projekt w Singapurze

Materiał przewodów: rura stalowa o średnicy 800 mm.

Liczba przewodów: 36.

Długość jednego odcinka przewodu: 30 m.

Technologię Shuttlemole zastosowano po raz pierwszy w Singapurze w 2016 r. do budowy podziemnego przejścia dla pieszych na zatłoczonej głównej drodze miejskiej. Choć w projekcie pierwotnie zakładano użycie metody wykopowej, po analizie aspektów ekonomicznych i społecznych oraz w celu skrócenia czasu trwania realizacji zastosowano metodę bezwykopową Pipe-Roofing.

2.7.3. Instalacja podziemna w Japonii

Średnica przewodu: 1650 mm.

Długość podnoszenia: 299 m (w tym odcinek krzywej R = 80 m).

Stan podnośnika: rozpoczęcie od istniejącego wjazdu.



Ryc. 12. Głowica Shuttlemole

W projekcie odwadniania w Japonii wykorzystano maszynę o średnicy zewnętrznej 1980 mm, aby przejść przez istniejący wąż bezpośrednio do poziomu piwnicy istniejącej stacji metra. Z uwagi na wąską przestrzeń, która nie pozwalała na wprowadzenie tradycyjnej maszyny, podjęto decyzję o zastosowaniu głowicy Shuttlemole.

2.8. Innowacyjne zastosowanie głowicy TBM w Turcji

Firma E-Berk, znana z produkcji innowacyjnych maszyn TBM, zrobiła kolejny krok na drodze swojego rozwoju, produkując własny TBM E-3301 o średnicy 3,25 m w stolicy Turcji, Ankarze. W 2002 r. firma skutecznie weszła na rynek zdominowany przez znanych producentów TBM dzięki połączeniu innowacyjnych produktów z elastycznymi technikami produkcji. Przy projektowaniu maszyny TBM E-3301 postawiono na jej innowacyjne oprogramowanie. Dokładne specyfikacje oraz standardowe informacje, takie jak moment obrotowy, siła ciągu i moc silników, długo pozostawały tajemnicą producenta.

Produkty i usługi firmy E-Berk wykorzystano do realizacji prestiżowych projektów na całym świecie, m.in. tunelu pod cieśniną Bosfor, który połączył europejską i azjatycką stronę Stambułu, metra w Warszawie, Bombaju i Chennai w Indiach.

2.9. Budowa gazociągu Czeszów – Wierzchowice w Polsce

W ramach budowy gazociągu Czeszów – Wierzchowice po raz pierwszy w Polsce zastosowano technologię Direct Pipe (ryc. 13 i 14). Głównym wykonawcą była firma PGNiG Technologie SA, natomiast wykonawcą robót wiertniczych – PPI Chrobok SA. Do realizacji przedsięwzięcia użyto maszyn AVB800 MTMB firmy Herrenknecht i stacji Pipe Thruster do wbudowywania rur o długości 700 m i 464 m oraz średnicy zewnętrznej 1047 mm. Topografia terenu, niekorzystne warunki gruntowe oraz obszary cenne przyrodniczo były dodatkowym wyzwaniem dla wykonawcy.

Direct Pipe to metoda jednoetapowa, która polega na tym, że jednocześnie z drążeniem otworu za pomocą specjalnej głowicy mikrotunelowej wprowadzana jest docelowa rura przewodowa. Stosując tę metodę, nie trzeba przygotowywać całego rurociągu w jednym odcinku, można go podzielić na kilka krótszych fragmentów i układać etapami. Eliminuje to konieczność wykonywania wykopów, łącząc zalety mikrotunelowania i procesów HDD dla wbudowywania rurociągów



Ryc. 13. Plac budowy gazociągu Czeszów – Wierzchowice



Ryc. 14. Wbudowywanie rur za pomocą technologii Direct Pipe

o długości ponad 1500 m. W celu zmniejszenia sił tarcia zastosowano system Pipe Thruster, umieszczony w wykopie początkowym. System ten wspomaga wiertnicę HDD dodatkową siłą wypychającą lub wciągającą do 750 t. W zależności od charakterystyki podłoża mogą być zrealizowane ponadprzeciętne prędkości wciągania. Podczas projektu załoga osiągnęła wydajność do 147 m na dobę.

3. Wybrane firmy promujące się na łamach czasopisma „Trenchless International”

3.1. Firma Tracto-Technik

Aktywnie działająca w Polsce firma Tracto-Technik oferuje maszyny przeznaczone do bezwykopowej wymiany metodą Grundoburst. Producent zapewnia sprzęt do wymiany przewodów o średnicach do 1200 mm, uciążu od 40 do 250 t, umożliwiając Relining przewodów, zastosowanie metody redukującej średnicę, ciasnopasowania oraz powiększania średnic istniejących przewodów.

3.2. Firma ProKASRO

Niemiecka firma ProKASRO posiada w swojej ofercie urządzenie KASRO mobile UV CCU system, przenośne rozwiązanie integrujące jednostkę sterującą oraz przewód o długości do 200 m wraz z bębniem, umożliwiając wygodne użycie technologii utwardzania promieniami UV linerów.

3.3. Firma Hobas (obecnie Amiblu)

Firma Hobas oferuje wysokiej jakości rury żywiczne, poliestrowe, wzmacniane włóknem szklanym (GRP), które znajdują zastosowanie w technologiach bezwykopowych. Produkty firmy zainstalowane zostały już w ponad 100 krajach na całym świecie za pomocą różnych metod: technologii tradycyjnej, przecisków hydraulicznych, mikrotunelowania, Slipliningu.

3.4. Firma Applied Felts

Firma Applied Felts oferuje najwyższej jakości powłoki CIPP dla rur kanalizacji ciśnieniowej oraz ciśnieniowych przewodów wodociągowych transportujących wodę nieprzeznaczoną do spożycia. Powłoki charakteryzują się bardzo wysoką odpornością na ciśnienie wewnętrzne przy zachowaniu najlepszych możliwych parametrów hydraulicznych i konstrukcyjnych.

3.5. Firma Primus Line

Rädlinger Primus Line GmbH stanowi część koncernu Rädlinger, który z sukcesem działa na rynku budowlanym od ponad 40 lat. Dzisiaj koncern zalicza się do najlepszych przedsiębiorstw budowlanych w Niemczech, a jego główne kompetencje obejmują przede wszystkim budowę dróg, obiektów inżynierskich i nawierzchni asfaltowych. Specjaliści z grupy Rädlinger wspólnie z partnerami z nauki i przemysłu opracowali technologię Primus Line®, która wyznacza nowe standardy w obszarze transportu gazu i mediów płynnych.

3.6. Firma Prime Drilling

Prime Drilling GmbH specjalizuje się w projektowaniu i produkcji poziomych wiertnic kierunkowych. Firma została założona w 1999 r. przez Wernera Wurma oraz Franka Auringera i od tego czasu stale się rozwija. Obecnie znana jest na całym świecie z innowacji w technologii HDD.

3.7. Firma Mears

Firma Mears oferuje usługi HDD w zakresie przejść drogowych, kolejowych, pod rzekami, a także standardowe projekty z wykorzystaniem technologii HDD, usługi geotechniczne, projektowanie oraz wykonawstwo.

3.8. Firma E-Berk

Firma E-Berk rozpoczęła działalność w 2002 r. w Ankarze. Część sukcesu firmy można przypisać połączeniu innowacyjnych produktów z elastycznymi technikami produkcji, co pozwoliło skutecznie wejść na rynki tradycyjnie zdominowane przez znanych producentów TBM. Do tej pory E-Berk eksportowała swoje produkty i usługi do 24 krajów, w których wykorzystano je w ponad 100 projektach tunelowych.

Literatura

- [1] www.ingenieriacontratos.com
- [2] www.therobbinscompany.com
- [3] www.aquapipes.eu
- [4] www.primusline.com
- [5] www.prokasro.de/en/news/13-news-en/169-ka-sro-goliath-goes-new-york-en

