



TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 9



tekst: **dr inż. EMILIA KULICZKOWSKA**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, **inż. ANNA KASPRZYK**, studentka Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki; Studenckie Naukowe Koło Inżynierów Środowiska „Krecik”

Artykuł przygotowano na podstawie kwartalnika „Trenchless International” nr 27 (drugiego w 2015 r.), wydawanego przez ISTT (Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych). Cykl *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach* powstaje we współpracy z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych.

1. Najciekawsze projekty bezwykopowe

Europa

Podpisanie przez Thames Water kontraktów na 4 mld £

Dwie współpracujące z Thames Water firmy podpisały największe z dotychczas realizowanych w Wielkiej Brytanii kontrakty opiewające na sumę ponad 4 mld £, które będą realizowane w najbliższych pięciu latach.

Przetarg na budowę Superkolektora

Thames Tideway ogłosiło przetarg na budowę tunelu Thames Tideway Tunnel znanego również pod nazwą Superkolektora (ang. *Super Sewer*) na sumę 4,2 mld £. Podczas przetargu zostało wybranych trzech wykonawców, do zadań których należy wykonanie trzech oddzielnych odcinków: zachodniego, centralnego oraz wschodniego o łącznej długości 25 km. Do grona wykonawców należą BMB JV, FLO JV oraz CVB JV. Superkolektor będzie największą z dotychczas wykonanych inwestycji. Pozwoli na zapewnienie niezbędnej przepustowości systemu kanalizacyjnego przez kolejne 100 lat oraz pomoże zapobiec występującemu obecnie zrzutowi milionów ton zanieczyszczeń ze ścieków do Tamizy.

Azja

Mikrotunelowanie dla drapaczy chmur

Przedsiębiorstwo komunalne w Dubaju zastosowało niedawno mikrotunelowanie do połączenia zaawansowanego systemu klimatyzacyjnego z drapaczami chmur Emirates Towers pod ruchliwą ulicą. Prace zostały wykonane przez Empower, firmę odpowiedzialną za dostarczanie lokalnych usług klimatyzacyjnych. W projekcie wykorzystano istniejącą już komunalną infrastrukturę klimatyzacyjną, zbudowaną wcześniej dla Międzynarodowego

Centrum Finansów Dubaju (ang. *Dubai International Finance Center*). Do wykonania inwestycji użyto nieinwazyjnej techniki bezwykopowej, aby uniknąć zakłóceń w ruchu oraz utrudnień związanych z dojazdem pracowników lokalnych instytucji.

Rozpoczęcie budowy tunelu irygacyjnego w Nepalu

Rozpoczęto projekt pierwszej w Nepalu mechanicznej budowy tunelu. W ramach inwestycji przewidziano wywiercenie maszyną o średnicy 5 m tunelu o długości 12 km, pozwalającego na doprowadzenie wody do dwóch kluczowych nepalskich regionów rolniczych. Projekt znany pod nazwą *Bheri Babai Diversion Multipurpose Project* zapewni 480 GW energii na rok oraz nawodni 60 tys. ha terenów rolniczych w regionach Bardiya i Banke.

Australia

Poszerzenie sieci gazowej z użyciem wierceń kierunkowych

Wydział Ochrony Środowiska Rządu Stanowego Zachodniej Australii wydał warunkowe zezwolenie na rozbudowanie projektu *Chevron Australia's Gorgon Gas Development*, w którym przewidziano wykonanie odcinków z użyciem technologii HDD. Zaakceptowany w marcu 2015 r. projekt ma na celu zwiększenie możliwości produkcyjnych gazu LNG na Barrow Island w zachodniej Australii o 33%. Pozwoli to na zwiększenie produkcji z 15 do 20 mln t gazu rocznie.

Afryka

HDD dobrodziejstwem dla Kamerunu

Firma Victoria Oil & Gas ogłosiła ukończenie budowy rurociągu o średnicy 400 mm i długości 1,4 km w Duala w Kamerunie.

który powstał częściowo przy użyciu technologii wiercenia kierunkowego. Zakończona inwestycja wymagała zastosowania metody HDD na odcinku 100 m, zaś pozostałe 1,3 km zostało wykonane z użyciem tradycyjnych metod odkrywkowych.

Ameryka

Kanadyjskie „leśne miasto” skupia się na projektach reliningu

Miasto Londyn w stanie Ontario w Kanadzie ogłosiło szereg dużych projektów rozpoczynających się w 2015 r., w tym relining przewodu o długości 18 km z użyciem technologii bezwykopowych. Około 7 km sieci wodociągowej oraz 11 km sieci kanalizacyjnej zostanie poddanych rehabilitacji z użyciem technik bezwykopowych. Ma to na celu redukcję kosztów oraz negatywnych wpływów na środowisko, które wystąpiłyby w przypadku zastosowania wykopów otwartych. Pozostałe projekty zawierają rekonstrukcję 20 km sanitarnych oraz deszczowych kolektorów w celu ochrony mieszkańców przed podtopieniami. Inwestycje wyceniono na 127 mln USD.

2. Inne ciekawe projekty

Chiny

Od momentu wejścia w nowe tysiąclecie dynamiczny rozwój Chin zaowocował gigantyczną falą inwestycji wykorzystujących technologie bezwykopowe. Zyskująca na popularności technologia HDD stała się preferowaną metodą budowy przewodów infrastruktury podziemnej, głównie ze względu na jej minimalny negatywny wpływ na otoczenie. Przede wszystkim stosowana jest w gęsto zaludnionych centrach Pekinu oraz Szanghaju. Do 2010 r. zostało wykonanych głównie metodą wiercenń kierunkowych ok. 70% miejskich linii telekomunikacyjnych i elektrycznych. Dzięki tej metodzie udało się zapewnić ochronę wielu zabytków historycznych oraz kulturowych. Technologie bezwykopowe są intensywnie wykorzystywane nie tylko w budowie sieci telekomunikacyjnych i elektrycznych, lecz również przy rozbudowie rurociągów transportujących gaz oraz ropę naftową. Ponadto metodę HDD wielokrotnie stosowano w Chinach w celu przekraczania rzek. Kolejnym ośrodkiem w Azji dominującym pod względem wykorzystywania technik bezwykopowych jest Hongkong. Na przełomie nowego tysiąclecia służby komunalne Hongkongu zaczęły powszechnie stosować techniki bezwykopowe. Techniki rehabilitacyjne, takie jak relining z rur ciasnopasowanych polietylenowych, wciąganie przewodów z rur ciągłych, renowacja z użyciem rur utwardzanych na miejscu (CIPP) oraz powstałych ze spiralnie zwijanych taśm, zostały szeroko rozpowszechnione w Hongkongu. Tradycyjne metody wykopowe przestały być jedynymi rozważanymi metodami wbudowywania rur i przewodów kablowych. Szeroko zaczęto stosować przewiertki sterowane, przeciski hydrauliczne oraz pneumatyczne wbijanie rur. W ciągu ostatnich 15 lat zostało zrealizowanych wiele projektów dotyczących nowych instalacji oraz rehabilitacji już istniejących sieci, m.in. program wymiany oraz rehabilitacji głównych przewodów obejmujący 15-letni okres, a dotyczący ponad 3000 km przewodów wodociągowych z użyciem technik bezwykopowych. W ostatnich latach Chiny doświadczają spowolnienia wzrostu gospodarki. Rząd kładzie coraz większy nacisk na minimalizowanie zanieczyszczeń oraz ingerencji w istniejącą infrastrukturę,

co może okazać się stymulujące dla dalszego rozwoju technik bezwykopowych.

Pod rzeką Jangcy

W styczniu 2013 r. Chińska Agencja Planowania Rurociągów oraz Szanghajska Spółka Gazowa zleciły wykonawstwo projektu trzech równoległych połączeń gazowych pod rzeką Jangcy o długości 3,3 km każde. Zlecenie stanowiło ciekawe wyzwanie ze względu na ograniczony czas przeznaczony na jego realizację, wynoszący zaledwie sześć miesięcy. Wykonawca musiał się zmierzyć z wieloma trudnościami, takimi jak szybki nurt rzeki, duża długość przewiertu, duże natężenie ruchu żeglugi rzecznej oraz osady rzeczne złożone z drobnego piasku i gliny. Konwencjonalne przewiertki byłyby obciążone dużym ryzykiem zakleszczenia ze względu na aluwialne osady oraz wymaganą dużą długość rurociągów. W związku z tym wykorzystano dwa przewiertki pilotażowe, rozpoczęte z przeciwnych stron rzeki z zastosowaniem metody Intersect. Dzięki temu zmniejszono kąt wejścia i wyjścia rurociągów oraz rozwiązano problem związany z żeglugą rzeczna. Do wykonania użyto systemu ParaTrack-2 z układem dwóch osobnych źródeł magnetycznych. Pierwsze źródło stanowiła konwencjonalna cewka użyta do wykonania pierwszej części przewiertu, natomiast druga część została wykonana przy pomocy magnesu obrotowego zainstalowanego za wiertnicą. Drugie źródło magnetyczne było konieczne do precyzyjnego dopasowania przeciwnych żerdzi wiertniczych. Wykorzystany w realizacji projektu zespół wiertniczy składał się z wiertła o średnicy 250 mm (ryc. 1). Przewody zostały zbudowane przy użyciu rur o długości 12 m i średnicy 71,1 cm. Ze względu na napotkane trudności wykonanie pierwszego przewiertu zajęło 30 dni, lecz dzięki nabytym doświadczeniom pozostałe dwa przewiertki udało się wykonać łącznie w ciągu 24 dni. Realizacja odbyła się w zaplanowanym czasie oraz budżecie.

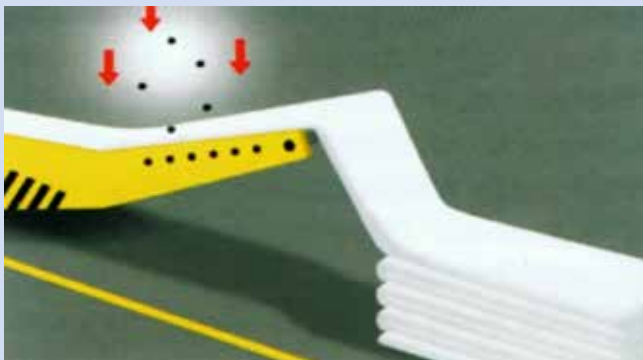


Ryc. 1. Jeden z zespołów wiertniczych, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

Hongkong

Eksploatacja przewodów jest często utrudniona ze względu na brak wiedzy na temat infrastruktury umieszczonej w gruncie. Pomimo rozwoju komputeryzacji nadal napotyka się problemy z brakami w dokumentacji czy zagubieniem lub uszkodzeniem danych elektronicznych. Wyjściem z tej sytuacji jest rozwiązanie testowane przez firmę RJS Associates z Hongkongu. Polega ono na wprowadzaniu mikrochipów do rękawów CIPP (ryc. 2).

System UDAM (ang. *Urban Detection and Management*) pozwala na katalogowanie danych dotyczących użytych rękawów. Dzięki bazom danych producentów możemy za pomocą numeru identyfikacyjnego konkretnego egzemplarza zidentyfikować



Ryc. 2. Schemat umieszczenia chipów w produkowanym linerze, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27



Ryc. 3. Dane przechowywane są zarówno w pamięci chipów, jak i bazie danych użytkownika, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

takie parametry, jak proces wykonania, użyte materiały, grubość linera, data wykonania itp. (ryc. 3).

Po wykonaniu inwestycji wykonawca ma możliwość umieszczenia dodatkowych informacji dotyczących zleceniodawcy, wykonawcy czy czasu i sposobu wykonania rehabilitacji. Po wprowadzeniu danych nie jest możliwa ich modyfikacja, zaś odczyt następuje przy użyciu skanera UDAM wprowadzanego do przewodu. Dzięki takiemu rozwiązaniu można upewnić się co do użytych materiałów, a więc np. zapobiec używaniu tańszych zamienników. Jak do tej pory firma RJS Associates przeprowadza testy swojego rozwiązania. Zakończenie badań planowane jest na rok 2015.

Kanada

W roku 2009 władze Toronto zdecydowały o wymianie taboru kolei miejskiej oraz budowie nowych torowisk wzdłuż arterii miejskich dla rozładowania rosnącego obciążenia tej kolei. Z wymianą wiązała się konieczność rehabilitacji i wzmocnienia istniejącej sieciowej infrastruktury podziemnej. Ze względu na natężenie ruchu miejskiego oraz stan techniczny przewodów zdecydowano się na wykorzystanie metody bezwykopowej w celu odnowy kolektora burzowego w ulicy Leslie. Uznano za zasadne, niezależnie od aktualnego stanu technicznego kanałów, ich wzmocnienie, aby mogły one przenieść dodatkowe obciążenia dynamiczne. Rehabilitowane kanały składały się z pięciu różnych przekrojów poprzecznych, m.in. prostokątnego oraz eliptycznego. Do prac została wybrana metoda polegająca na łączeniu gotowych elementów na miejscu budowy (ang. *Grotted-in-place panel lining*). W inwestycji wykorzystano rury z żywic poliestrowych wzmocnianych włóknem szklanym (ryc. 4). Przegląd kamerą CCTV wykazał nietypową zmianę przekroju

eliptycznego kolektora – na długości ok. 7 m na kształt zbliżony do odwróconego przekroju dzwonowego (ryc. 5). W związku z niskim współczynnikiem chropowatości rur GRP obliczenia zmiany przepływu po rehabilitacji wykazały wzrost przepustowości o 0,3 m³/s, co korzystnie wpłynęło na zdolności samooczyszczania kolektora. Zainstalowanie modułów przejściowych – na odcinku zmiany przekroju – trwało jedynie cztery dni (ryc. 6). Moduły zostały wciągnięte po wcześniej zainstalowanych stalowych stelażach, następnie wszystkie połączenia wypełniono żywicą epoksydową.



Ryc. 4. Dostarczenie modułów firmy Channeline, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27



Ryc. 5. Skonstruowany w fabryce odcinek przewodu o zmiennym przekroju, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

USA

Przewiert pod zatoką Laguna Madre

Miasto Corpus Christi dostarcza wodę pitną na wyspę Padre położoną u wybrzeży stanu Teksas. Dotychczas przy dostawie wody korzystano z istniejącego stalowego przewodu o średnicy 60,1 cm, którego żywotność dobiegała końca. Z tego względu miasto potrzebowało nowego przewodu wodociągowego. Podczas prac projektowych zdecydowano o budowie przewodu ze zgrzewanego polichlorku winylu o średnicy 45,7 cm na potrzeby



Ryc. 6. Kolejne instalowane moduły przewodu, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

wodociągu oraz dodatkowych dwóch: stalowego o średnicy 20,3 cm do transportu gazu ziemnego i ze zgrzewanego PVC o średnicy 10,2 cm na potrzeby przewodów telekomunikacyjnych. Budowę wszystkich trzech przewodów przewidziano w technologii wierceń kierunkowych (HDD) o osiach ułożenia przebiegających równolegle względem siebie. Dłuższy z przewiertów wymagał zastosowania metody Intersect, tj. wiercenia otworów pilotażowych z dwóch stron do momentu spotkania głowic pilotażowych, a następnie wycofania w trybie retrakcji drugiej przewierconej żerdzi z podążającą za nią pierwszą żerdzią wiertniczą do punktu nawiertu. Ze względu na zagłębianie przewodów firma użyła dwóch konwencjonalnych cewek śledzących. Najpierw zostały one umieszczone w wodzie przy wykonywaniu początkowych nawiertów, a następnie były przesuwane nad realizowanym kanałem, aż do spotkania się dwóch żerdzi wiertniczych. Pierwszy został przeciągnięty przewód FPVCP o średnicy 10,2 cm. Umożliwiło to zainstalowanie cewki w tym przewodzie i dzięki niej precyzyjne wykonanie kolejnych przewiertów. Przy dłuższym przewiercie pod zatoką Laguna Madre plac budowy został starannie zaplanowany ze względu na niewielką dostępną ilość miejsca dla drugiej wiertnicy. Podczas wysokiego przyptywu poziom wody podniósł się, co skutkowało rozmiękczeniem i destabilizacją gruntu (ryc. 7). W związku z bliskością linii brzegowej, znajdującej się w odległości 13,7 m od wiertnicy, poniżej urządzenia wiertniczego ułożono maty stabilizujące grunt. Ważąca 500 t wiertnica użyta od strony Corpus Christi została umieszczona na niewielkim placu sąsiadującym z groblą komunikacyjną. Instalacja ponad 1,6 km przewodu wymagała niezwyklej ostrożności oraz przygotowań. Przewód został zgrzany na całym odcinku, umieszczony na prowadnicy rolkowej i balastowany czystą wodą w celu zmniejszenia tarcia przewodu o ścianki wykonanego otworu wiertniczego oraz zmniejszenia wpływu wyporu pustego przewodu w gruncie. Skuteczne przeprowadzenie pierwszego z przewodów pod zatoką Laguna Madre było jednocześnie najdłuższym znanym przewiertem sterowanym z użyciem termoplastycznego ciągnącego przewodu.

Walka z azbestem

Szacuje się, że w latach 1940–1960 wbudowano ok. 1 mln km rur azbestowocementowych, zanim odkryto szkodliwy wpływ azbestu na organizm człowieka. Ze względu na jego korzystne właściwości materiałowe azbestocement stosowano na potrzeby kanalizacji sanitarnej, deszczowej oraz do transportu wody pitnej. Niestety, przy przewidywanym czasie wytrzymałości materiałowej, prognozowanym na 50–70 lat, ograniczenie potencjalnego ryzyka i negatywnego oddziaływania na środowisko stało się w przypadku rur azbestocementowych priorytetowym działaniem. W związku z tym zaproponowano rozwiązanie powyższego problemu z użyciem bezwykopowej metody CIPP w przypadku przewodów azbestocementowych nadających się do rehabilitacji (ryc. 8). Jak do tej pory przeprowadzono kilka



Ryc. 7. Niestabilny grunt okazał się nie lada wyzwaniem, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

projektów w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie oraz Nowej Zelandii, które prezentowały możliwość zastosowania utwardzanego rękawa jako alternatywnej – i często dającej lepsze efekty – metody. Zastosowanie ich może przedłużyć okres przydatności rur azbestowocementowych do 50 lub więcej lat. Znaczącą zaletą metody CIPP w przypadku rehabilitacji przewodów azbestowocementowych jest możliwość zminimalizowania ilości włókien azbestu wprowadzanych do środowiska. Obecnie prowadzone są badania w celu określenia ewentualnych dodatkowych środków zapewniających bezpieczeństwo w przypadku rehabilitacji rur wodociągowych wykonanych z azbestocementu.

Szwecja

Różnorodność dostępnych technik wiertniczych w Szwecji pozwala chronić równowagę ekologiczną przy jednoczesnym podnoszeniu jakości wód. Od 2009 r. szwedzka gmina Lerum pracuje nad osiągnięciem statusu najbardziej zrównoważonego i przyjaznego środowisku szwedzkiego regionu do roku 2025. W styczniu 2014 r. lokalny wykonawca Styrud podłączył 40 tys. domów gminy Lerum do głównej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w pobliżu Gothenburga po tym, gdy lokalna oczyszczalnia przestała spełniać wystarczające wymogi względem odprowadzanych ścieków oczyszczonych dla założonych progów zanieczyszczeń stanowiących 15 mg N/dm³. Czas na wykonanie inwestycji był krótki – począwszy od kwietnia 2013 r., realizacja musiała zostać zakończona do 1 stycznia 2014 r. Nie był to również niewielki projekt, gdyż obejmował budowę przewodu polietylenowego o średnicy 450 mm na długości 3100 m za cenę 4,5 mln USD. Ze względu na zmienne warunki gruntowe, uzbrojenie terenu oraz krótki czas realizacji wykonawca wykorzystał jednocześnie różne technologie budowy, takie jak metodę wykopu tradycyjnego oraz przewiertu sterowanego HDD. Wymagało to starannego planowania i zarządzania wykończeniem inwestycji. Niektóre odcinki przewodu zlokalizowano



Ryc. 8. Rura azbestocementowa po naprawie, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

blisko torowiska kolejowego oraz ogromnego dębu będącego pod ochroną. Na tych etapach budowy zastosowano przewiert sterowany (ryc. 9). Łącznie tą metodą wykonano ponad 1500 m przewodu. Przewiert sterowany wymaga dużych ilości wody. Aby nie wyczerpać możliwości sieci wodociągowej, zbudowano własne zbiorniki sedymentacyjne dla recykulacji wody w trakcie prac.



Ryc. 9. Przewiert sterowany pod jezdnią, fot. za: „Trenchless International” 2015, nr 27

3. Wybrane firmy promowane przez „Trenchless International”

Radius

Firma Radius ze Stanów Zjednoczonych oferuje rozwiertaki, wiertła oraz nietypowe rozwiązania konstrukcyjne dla narzędzi stosowanych w technologii HDD, szczególnie do prac w gruntach kamienistych.

Borestore

Firma Borestore w swojej ofercie posiada kompleksowy zestaw głowic i wymiennych wiertel do zastosowania przy przewiertach sterowanych. Dzięki łatwej zmianie wiertel można dostosować się do zmieniających się warunków gruntowych, a także zaoszczędzić czas montażu i koszt dodatkowych głowic.

American Augers

Firma American Augers, działająca na rynku od 1970 r. i przedstawiająca dwukrotnie swoje produkty na wystawie konferencyjnej *No-Dig Poland* w Kielcach, w swojej ofercie zaprezentowała urządzenie do czyszczenia płuczki wiertniczej typu MCD-1000 w systemie złożonym z trzech zbiorników pozwalających na czyszczenie ok. 3,785 dm³ płuczki na mi-

nutę. Firma zaoferowała również system wytrząsarek Derrick FLC-500.

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, o uciążu od 40 do 250 t, umożliwiając relining przewodów, zastosowanie metody redukującej średnicę, ciasnopasowania oraz powiększania średnic istniejących przewodów.

Hardmetals

Australijska firma Hardmetals w swojej ofercie zapewnia pełny zakres narzędzi i urządzeń używanych w metodzie przewiertów sterowanych, m.in. głowice rozwiercające, rozwiercająco-płuczkowe, pompy płuczkowe.

Channeline

Firma Channeline, posiadająca już 30-letnie doświadczenie na rynku, oferuje systemy liningu modułów z GRP do rehabilitacji przewodów o dużych średnicach, zarówno w przekrojach kołowych, jak i niekołowych, na potrzeby wodociągów i kanalizacji. W ofercie producent poleca wykonanie na miarę dla wymaganych kształtów i rozmiarów.

Brandenburger

Niemiecka firma Branderburger oferuje, potwierdzoną licznymi globalnymi sukcesami, technologię linerów GRP nasączonego poliestrem, utwardzanych na miejscu instalacji za pomocą promieniowania UV. Do zalet tego rozwiązania producent zalicza wysoką odporność mechaniczną oraz szybką i bezpieczną instalację.

Hermes Technologie

Firma Hermes Technologie, która prezentowała już dwukrotnie swoje wyroby podczas konferencji *No-Dig Poland* w Kielcach, oferuje urządzenie M-Coating służące do natrysku studzienek kanalizacyjnych oraz komór, a także zaprawę natryskową ERGELIT-KS do natrysku na mokro dla szybkiego i trwałego odnowienia kolektorów ściekowych.

ProKASRO

Niemiecka firma ProKASRO w swojej ofercie poleca przenośne 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.

Applied felts

Firma Applied Felts jest globalnym dostawcą rękawów rehabilitacyjnych CIPP. Od wielu lat sprzedaje swoje produkty, a także zapewnia poprawność ich instalacji. Firma miała swój wkład w opracowanie pierwszych technologii CIPP, a teraz dąży do kolejnego przełomu, oferując swój nowy produkt, Aqua Cure PS, kompleksowe rozwiązanie typu CIPP dla rur ciśnieniowych, zapewniające wysoką trwałość i wytrzymałość.

