

TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 27, 2



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

W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym we współpracy z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych, prezentujemy drugą część skrótu najciekawszych artykułów, które ukazały się w numerach 44–46 czasopisma „Trenchless International” z lat 2019–2020.

1. Rehabilitacja przewodów kanalizacyjnych w Izmirze i Stambule w Turcji

Administracja Wodociągów i Kanalizacji w Izmirze – IZSU (ang. Izmir Water and Sewage Administration) – w 2019 r. zorganizowała przetarg na rehabilitację z zastosowaniem powłok utwardzanych na miejscu CIPP 11 km przewodów kanalizacyjnych o średnicach z zakresu 300–400 mm w Izmirze, trzecim co do wielkości mieście Turcji, z populacją 4,2 mln mieszkańców [2].

Z kolei w Stambule trwają działania związane z rehabilitacją przy użyciu powłok CIPP 200 km przewodów kanalizacyjnych o średnicach od 300 do 600 mm. Zakończenie prac przewiduje się w 2020 r. [2].

2. Rehabilitacja przewodu kanalizacyjnego w Emmen w Holandii

Emmen to miasto w Holandii w prowincji Drenthe, z populacją nieco ponad 100 tys. osób. W 2018 r. gmina stanęła przed koniecznością rehabilitacji ponad 700-metrowej betonowej rury kanalizacyjnej o dużej średnicy. Stan techniczny kanału uległ pogorszeniu ze względu na wiek. Wymagał odnowy, ponieważ miasto korzysta z tej infrastruktury do transportu ścieków do pobliskiej oczyszczalni. W rezultacie spółce Aegion Insituform zlecono przeprowadzenie rehabilitacji rurociągu przy użyciu flagowego produktu, czyli powłok utwardzanych na miejscu (CIPP) [2].

Insituform® CIPP jest stosowany od kilkudziesięciu lat w celu ochrony kana-

łów przed korozją, przywrócenia bezpieczeństwa konstrukcyjnego, zmniejszenia infiltracji, wyeliminowania nieszczelnych połączeń, poprawy jakości wody i zwiększenia przepustowości rurociągów na całym świecie. Firma oferuje różnorodne rozwiązania w zakresie odnawiania rurociągów ściekowych i deszczowych, a także sieci ciśnieniowych oraz sieci dystrybucji i przesyłu wody. Insituform może szybko zainstalować bezwykopowo powłoki CIPP w obszarach niedostępnych dla metod otwartego wykopu. Produkty firmy były wykorzystywane do odnawiania rurociągów pod autostradami, mostami, lotniskami i terenami wrażliwymi pod względem środowiskowym. Szereg zalet, którymi charakteryzują się powłoki, był zapewne decydujący dla ostatecznego wyboru tej technologii do odnowy kanału w Emmen [2].

W celu rehabilitacji przewodu kanalizacyjnego powłoka Insituform® CIPP została wyprodukowana w zakładzie firmy w Wielkiej Brytanii i wysłana do Holandii transportem morskim. Następnie została nasączona żywicą w zakładzie Insituform w Zoetermeer, stosując proces impregnacji próżniowej. Wszystkie rury CIPP firmy Insituform są zaprojektowane tak, aby spełniać indywidualne specyfikacje projektu. Zdolności produkcyjne firmy są certyfikowane zgodnie z normą ISO 9001: 2015 przez SAI Global, a produkcja każdej powłoki jest monitorowana od początku do końca. Powłoka w tym przypadku miała średnicę 60” (1524 mm) i została podzielona na trzy różne długo-

ści: 325 m, 309 m i 91 m. Po impregnacji żywicą każda powłoka była bardzo ciężka, ważyła odpowiednio 72 t, 70 t i 22 t, czyli łącznie 164 t. Po nasączeniu zostały one przetransportowane ponad 200 km trzema samochodami ciężarowymi do miejsca ostatecznego montażu. Znajdowało się ono wzdłuż Nieuw Amsterdamsestraatweg, prowincjonalnej drogi w mieście, która jednak charakteryzuje się dużym natężeniem ruchu drogowego, więc zakłócenia podczas montażu powłoki musiały być jak najmniejsze [2].

Należy zwrócić szczególną uwagę na miejsce prowadzonych prac. Utrudnienia w ruchu były minimalne, ruch drogowy odbywał się normalnie, jednak do zastosowania dźwigów i innego ciężkiego sprzętu potrzebna była duża liczba metalowych płyt, które pomagały chronić nawierzchnię drogi przed uszkodzeniem. Szczególną ochroną otoczono pobliskie nieruchomości mieszkalne. Dokonano ustaleń, aby instalacja nie kolidowała z sezonem prac na sąsiadujących polach uprawnych i by zagwarantować przywrócenie zagospodarowania terenu do stanu sprzed prowadzenia robót [2].

Na okres trzech tygodni konieczne było zainstalowanie bajpasu, aby zapewnić ciągły przepływ ścieków, ponieważ naprawiany rurociąg miał kluczowe znaczenie dla transportu surowych ścieków do oczyszczalni w mieście. Wybudowano obejście, które pompowało prawie 700 m³/h ścieków. Przed montażem powłoki odnawiany rurociąg został opróżniony i wyczyszczony. Kilka przeszkód

musiało zostać również ręcznie usuniętych, aby zapewnić powłoce właściwy sposób wprowadzenia, zanim została zainstalowana przy użyciu standardowego procesu inwersji i utwardzania wodą. Projekt został zrealizowany w trzech etapach 28 lutego, 6 marca i 13 marca 2018 r. Biorąc pod uwagę rozmiar i wagę powłok, do ich podnoszenia wykorzystano gigantyczne dźwigi (ryc. 1). Projekt został ukończony, a kanał przywrócono do eksploatacji 22 marca 2018 r. [2].



Ryc. 1. Wykorzystanie dźwigu do wprowadzenia powłoki CIPP do przewodu kanalizacyjnego poddawanej rehabilitacji [2]

3. Rehabilitacja wodociągu w Barcelonie w Hiszpanii

Wodociąg w Barcelonie w Hiszpanii wymagał rehabilitacji po ponad 20 latach intensywnego użytkowania. W tym celu zdecydowano o zastosowaniu powłoki InsituMain® CIPP [3].

Magistrala wodociągowa – zbudowana z rur ze sprężonego betonu (PCCP) o średnicy wewnętrznej 1250 mm – jest niezbędnym elementem infrastruktury dla obszaru metropolitalnego Barcelony. Rurociąg dostarcza wodę do niektórych dzielnic w Barcelonie, w tym Sabadell, Terrassa, Sant Quirze del Vallès, Rubí i Sant Cugat del Vallès [3].

Wodociąg został zbudowany w 1997 r., a po 22 latach zbliżał się koniec jego żywotności. Około 80% jego trasy przebiega przez obszary wiejskie, a pozostałe 20% znajduje się w gęsto zaludnionych obszarach miejskich. W tym drugim przypadku konserwacja i rehabilitacja były najbardziej złożone i ryzykowne, a odcinek w dzielnicy Les Fonts był dotknięty szczególnie wysoką liczbą awarii. Dodatkowo na wykonawcę czekał szereg wyzwań:

- posadowienie wodociągu znajdowało się na głębokości do 5,5 m p.p.t.,
- z upływem lat wzdłuż trasy wodociągu wybudowano wiele budynków. W niektórych przypadkach konstrukcje te blokowały dostęp do rurociągu, w innych awaria oznaczałaby poważne

zagrożenie zarówno dla mieszkańców, jak i budynków w okolicy.

- ciśnienie statyczne na tym odcinku ważyło się między 8 a 9 b, co prowadziło do małych pęknięć będących źródłem poważnych wycieków.

Biorąc pod uwagę wymienione wyzwania, ATL (właściciel wodociągu) zdecydował o przeprowadzeniu rehabilitacji uszkodzonego odcinka. Projekt rehabilitacji został zaprojektowany zgodnie z następującymi kryteriami:

- ok. 676 m rury ze sprężonego betonu powinno być poddanych rehabilitacji, po jej przeprowadzeniu żywotność wodociągu może się przedłużyć o kolejnych 25 lat,
- prace rehabilitacyjne powinny mieć minimalny wpływ na otoczenie i powinna zostać wykopana minimalna liczba wykopów,
- konieczne jest zabezpieczenie dostaw świeżej wody podczas prac rehabilitacyjnych, dlatego:
 - miały zostać zbudowane trzy otwory konserwacyjne i dwie komory dostępu,
 - miał powstać bajpas o długości 100 m z rur PE-HD i nominalnej średnicy 500 mm, aby zapewnić alternatywne źródło wody w trakcie prowadzenia prac rehabilitacyjnych wodociągu [3].

Zdecydowano o zastosowaniu powłoki InsituMain. Powłoka ta zbudowana była z dwóch warstw włókien poliestrowych w połączeniu z dwiema warstwami włókna szklanego i powłoką polipropylenową. Została nasączona specjalną żywicą, nadającą się do bezpośredniego kontaktu z wodą pitną, która spełnia wszystkie wymagania określone w dekrete królewskim 140/2003, na mocy którego regulacje techniczne i zdrowotne dotyczące zaopatrzenia i kontroli jakości wody przeznaczonej do spożycia publicznego są zatwierdzone [3].

Impregnacja powłoki żywicą miała miejsce w zakładzie Insituform Technologies Ibérica w Valdemoro. Jakość nasączania powłoki została zagwarantowana przez zapewnienie równomierne rozprowadzenia żywicy. Po zakończeniu procesu powlekania wykładzinę przetransportowano na miejsce realizacji inwestycji.

Przed zamontowaniem powłoki wewnątrz rurociągu wykonawca zrealizował zadania, które obejmował projekt, tzn.:

- zbudowano trzy otwory konserwacyjne – jeden do instalowania zaworów do odcinania rurociągów w sieci wodnej (A1) i dwa do połączeń (A2 i A3),
- wykonano pięć wykopów umożliwiających zainstalowanie wykładziny InsituMain® CIPP,
- zbudowano 100-metrowy wodociąg obejściowy z rur PE-HD (bajpas). Rehabilitacja odcinka wodociągu została zrealizowana w pięciu etapach:
 - od otworów konserwacyjnych E3 do A3 o długości 158 m,
 - od otworów konserwacyjnych E1 do A1, 177 m,
 - od otworów serwisowych E1 do E2, 235 m,
 - od otworów serwisowych E2 do A2, 47 m,
 - od otworów serwisowych A2 do A3, 59 m.

Pierwsza instalacja powłoki, z komory E3 do A3, została przeprowadzona na długości 158 m przy różnicy wysokości wzdłuż rurociągu wynoszącej 5,58 m. Tydzień później załoga Insituform przeniosła się do komory E1, aby zamontować drugą powłokę, od E1 do A1, o długości 177 m i różnicy wysokości pomiędzy początkiem a końcem równej 1,56 m. Najdłuższa powłoka w tym projekcie została zainstalowana pomiędzy komorami E1 i E2, miała długość 235 m i różnicę wysokości pomiędzy końcami równą 3,13 m. Ostatnie dwie instalacje powłok wykonano z komory po prawej stronie, najpierw z komory E2 do A2 o długości 47 m i różnicy wysokości 1,38 m, a następnie z A2 do A3 o długości 59 m i różnicy wysokości między początkiem a końcem odcinka równej 0,61 m. Kompletna rehabilitacja obejmowała 676 m rurociągu o średnicy DN 1250 mm i została przeprowadzona w ciągu pięciu tygodni [3].

4. Rehabilitacja rurociągu transportującego solankę we Francji

Solanka jest użytkowana w zakładzie Kem One na południu Francji. Konserwacja rurociągu transportowego o długości ponad 450 m była przeprowadzona z zastosowaniem technologii Primus Line® w celu zminimalizowania korozji i przedłużenia żywotności przewodu [3].

Zakład Kem One w Lavéra, niedaleko Marsylii, wykorzystuje solankę do produkcji węgla sodu, wodoru i podchlorynu sodu z chloru. Stężenie chlorku sodu w transportowanym płynie

wynosi 300 g/l całkowicie rozpuszczonego w wodzie. Zakład jest źródłem 25% produkcji francuskiego chloru i 40% produkcji francuskiego monomeru chlorku winylu [3].

Stan techniczny rurociągu stalowego DN 450 mm, o którym mowa, jest regularnie sprawdzany. W 2018 r. stwierdzono potrzebę przeprowadzenia remontu na odcinku o długości 455 m z czterema zakrętami pod kątem 45° i promieniu $r = 33 \times D$ każdy [3].

Rozważano w zasadzie dwie możliwości, tzn. zainstalowanie nowego rurociągu stalowego z zastosowaniem wiercenia HDD lub przeprowadzenie odnowy istniejącego rurociągu za pomocą powłoki Primus Line, wzmocnionej włóknem Kevlar®. Po analizie obu wariantów wskazano, że możliwe były znaczne oszczędności przy użyciu systemu Primus Line, który wyeliminowałby również korozję i skrócił wymagany czas realizacji. Projekt został zrealizowany przez dwóch partnerów Primus Line: Altero Travaux Publics jako generalnego wykonawcę i Danphix S.p.A. jako podwykonawcę [3].

Podczas fabrycznych testów przeprowadzono test ciśnienia rozrywającego na wyprodukowanej powłoce wysokociśnieniowej DN 400 oraz złącze. Wyniki testu wykazały ciśnienie rozrywające powłoki wynoszące 92 b, a złącza z powodzeniem przetestowano przy 115,5 b. Długoterminowe testy według DVGW VP 643 i ISO 9080 wykazały współczynnik tkaniny 2,0, aby osiągnąć 50-letni okres użytkowania. Dodatkowo uwzględniono współczynnik bezpieczeństwa 1,25, dzięki czemu rurociąg mógł być bezpiecznie obsługiwany przy ciśnieniu 28 b, a wewnętrzna powłoka polietylenowa wykładziny była odpowiednia do transportu solanki [3].

W ramach przygotowania instalacji utworzono bajpas, aby zagwarantować dostawę solanki w czasie remontu rurociągu. Rurociąg sprawdzono za pomocą inspekcji CCTV dla oceny jego stanu technicznego, a następnie wykonawca przeprowadził jego mechaniczne czyszczenie. Powłokę o długości 455 m dostarczono na rolce transportowej w postaci wstępnie uformowanej w przekroju poprzecznym na kształt litery U. Głowica ciągnąca została zamontowana na początku powłoki (ryc. 2) i połączona ze złączem obrotowym, a następnie z liną wyciągarki [3].

Powłokę można było zainstalować w mniej niż godzinę i przywrócić kołowy

przekrój poprzeczny za pomocą sprężonego powietrza. Końcowe łączniki zostały zamontowane, a odnowiony odcinek poddany próbom ciśnienia. Pusta przestrzeń między powłoką a rurociągiem była wypełniona azotem w celu monitorowania przestrzeni pierścieniowej. Cała instalacja systemu Primus Line została zakończona w ciągu tygodnia, a tym samym wydłużyła żywotność rurociągu o ok. 50 lat.



Ryc. 2. Powłoka Primus Line przygotowana do wciągnięcia do rurociągu [3]

5. Nowe urządzenie firmy IBG Hydro-Tech

Firma IBG Hydro-Tech systematycznie opracowuje i wytwarza produkty i systemy, które można dostosować do potrzeb indywidualnych klientów, od pojedynczych komponentów po w pełni wyposażone pojazdy. Dzięki ponad 40-letniemu doświadczeniu w projektach krajowych i międzynarodowych firma dostarcza innowacyjne rozwiązania w branży technologii bezwykopowych [2].

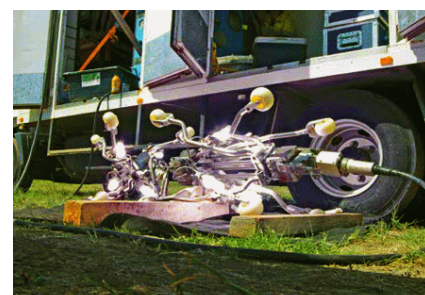
Przedsiębiorstwo IBG posiada w swojej ofercie nowy produkt – robot UHP 250. Prace nad urządzeniem trwały od połowy 2018 r. Powstało ono w wyniku współpracy IBG z Jetchem Systems. Dzięki połączeniu maszyn o ultrawysokim ciśnieniu UHP (*ultra high pressure*) dostarczanych przez Jetchem oraz wykorzystaniu sprawdzonych już przez IBG robotów frezujących HydroCut i eCUT powstał unikatowy produkt. Urządzenie nie wykorzystuje mechanicznego narzędzia. Zamiast tego pracę wykonuje strumień wody, którego ciśnienie można podnieść do maksymalnie 2800 b. Pierwszy robot z serii UHP o nazwie UHP250 został zaprojektowany dla rurociągów od DN 250 do DN 600 mm i może być również stosowany w profilach owalnych dzięki regulowanemu podnośnikowi nożycowemu i dwóm bocznym adapterom. Montowane z przodu obrotowe ramie UHP może być wymienione przez użytkownika w zaledwie kilku krokach. W celu kontrolowanego i skutecznego cięcia

strumieniem wody zainstalowano jedną tylną i dwie przednie kamery, a diody LED i moduły zaktualizowano do znacznie mocniejszych wersji [2].

6. Utwardzanie powłok CIPP z zastosowaniem urządzeń firmy ProKASRO

Pokonywanie trudności podczas realizacji inwestycji wymaga użycia sprzętu najwyższej klasy. Taka sytuacja miała miejsce w Australii, gdzie dzięki zastosowaniu urządzeń firmy ProKASRO udało się przeprowadzić zaplanowane prace [2].

Grupa Aaro zakończyła projekt dla Hutchinson Builders w ramach Yeerongpilly Green Development w Queensland w Australii. Inwestor poszukiwał alternatywnych rozwiązań przeprowadzenia rekonstrukcji przepustu wody deszczowej o długości 100 m i średnicy 1500 mm. Uznano, że nie jest możliwe przeprowadzenie prac w sposób tradycyjny z powodu ograniczonego dostępu. Zdecydowano o zainstalowaniu wewnątrz przepustu powłoki CIPP wzmocnionej włóknem szklanym, a następnie jej utwardzeniu promieniami UV. Źródło światła podczas procesu utwardzania było kontrolowane przez KASRO UV CCU i okazało się idealnym wyborem dla rur DN 1500 mm. Ponadto nowo opracowane i zastosowane w urządzeniu żarówki o mocy 1000 W zawierają specjalny odbłyśnik, który zapewnia o ok. 30% wyższą wydajność energetyczną w porównaniu ze standardowymi żarówkami o mocy 1000 W (ryc. 3) [2].



Ryc. 3. Urządzenie firmy ProKASRO do utwardzania powłok CIPP z nowo zaprojektowanymi żarówkami o mocy 1000 W [2]

7. Powłoka Primus Line do odnowy rurociągu ropy naftowej w Rumunii

W 2018 r. podczas rutynowej kontroli rurociągu ropy naftowej w pobliżu Videle w Rumunii zaobserwowano poważną korozję przewodów położonych zaledwie sześć lat wcześniej. Wykonany ze stali węglowej rumuński rurociąg transpor-

tuje ropę naftową do stacji magazynowej w Anghelesti, jednocześnie mijając kilka stacji pomp na swojej trasie. Wielokrotnie podejmowano działania polegające na czyszczeniu i konserwacji rurociągu, aby zapobiec korozji, ale uszkodzenia były tak poważne, że niezbędna była natychmiastowa rehabilitacja [2].

W październiku 2018 r. właściciel, OMV Petrom, zwrócił się do niemieckich specjalistów z zakresu rehabilitacji rur ciśnieniowych – Primus Line, o pomoc w rozwiązaniu problemu skorodowanego rurociągu. Kompleksowe analizy wykazały, że system Slipliningu niemieckiej firmy będzie najbardziej odpowiednim i ekonomicznym rozwiązaniem, bowiem charakteryzuje się odpornością na węglowodory i chemikalia. Dodatkowo dzięki swojej elastycznej strukturze powłoka może być montowana na łukach do 45° i może mieć długość od 300 do 2500 m. Bardzo istotny był również krótki czas dostawy Primus Line, bowiem produkt dostarczono na miejsce zaledwie 10 tygodni po złożeniu zamówienia [2].

Instalacja rozpoczęła się w grudniu 2018 r. i została wykonana przez CIS GAS – specjalistycznego dostawcę kompleksowych rozwiązań w zakresie budowy rurociągów oraz rumuńskiego partnera Primus Line. CIS GAS przeprowadził prace obejmujące 15 pojedynczych odcinków o łącznej długości 11,9 km. Dla zaoszczędzenia kosztów powłoka miała mniejszą średnicę (DN 250 mm) w porównaniu z rurą przewodową, a jej właściwości pozwalały utrzymać ciśnienie robocze wynoszące 20 b w celu spełnienia wymogów stawianych rurociągowi. Pierwszych pięć odcinków ukończono do grudnia 2018 r., a pozostałych dziesięć na przełomie lutego i marca 2019 r. [2].

8. Maszyny Herrenknecht do budowy tuneli pod lotniskami

Nazwa firmy Herrenknecht stała się wręcz synonimem tunelowania. Świadczy o tym choćby jej powszechne stosowanie do budowy tuneli pod lotniskami. W celu rozszerzenia systemu obsługi bagażu na lotnisku Kloten w Zurychu w 2001 r. głowa Herrenknecht Mixshield o średnicy 6280 mm wydrążyła tunel o długości 2400 m pod terenem lotniska. W 2002 r. maszyna EPB Shield o średnicy 6460 mm wykonała tunel o długości 18,6 km pod międzynarodowym lotniskiem Minneapolis Saint Paul w Stanach Zjednoczonych

dla nowo opracowanego systemu lekkiej kolei. W 2015 r. w Brazylii maszyna do mikrotunelowania AVN1500 (MTBM) zbudowała tunel o długości 367 m odprowadzający wodę deszczową pod pasem startowym lotniska Goiânia [2].

Międzynarodowe lotnisko w Dubaju stanowi centrum ruchu lotniczego w Zatoce Perskiej. Każdego roku obsługiwanych jest prawie 90 mln pasażerów, więc operatorzy stale inwestują w zwiększenie przepustowości. W ramach trzeciej fazy rozbudowy międzynarodowego lotniska, podczas bieżących operacji lotniczych, maszyna Herrenknecht (ryc. 4) AVND2400AB MTBM o średnicy 3025 mm bezpiecznie i precyzyjnie wydrążyła odcinki tuneli o długościach 610 m, 765 m i 825 m dla nowego systemu odprowadzającego wodę deszczową pod drogą kołowania. Zdolność do wykonywania bezpiecznych i precyzyjnych przewiertów pod płytami lotnisk jest jedną z najważniejszych zalet zmechanizowanej technologii tunelowania, zwłaszcza gdy operacji lotniczych nie można przerwać. W rezultacie wybudowano system odwadniający o łącznej długości 2200 m. W marcu 2019 r. pomyślnie zakończono realizację inwestycji [2].



Ryc. 4. Maszyna AVND2400AB MTBM firmy Herrenknecht [2]

9. Firma ImpulseRadar i jej najnowsze urządzenie – PinPointR

ImpulseRadar, czyli szwedzki producent georadarów GPR (*ground penetrating radar*), wprowadził na rynek swój najnowszy produkt – PinPointR (ryc. 5). Jest to szybki, produktywny i intuicyjny przyrząd do lokalizowania podziemnych zasobów. Rozwiązania GPR firmy ImpulseRadar są oparte na najnowszej platformie technologii próbkowania w czasie rzeczywistym RTS (*real-time sampling*) [2].

PinPointR został opracowany, aby zmaksymalizować produktywność dzięki zastosowaniu dwukanałowej anteny RTS w celu uzyskania niezrównanej przepustowości, prędkości i rozdzielczości. Maszyna oferuje niezawodny sposób szybkiej i łatwej lokalizacji, unikania lub mapowania podziemnych zasobów. Innowacyjna antena RTS firmy ImpulseRadar optymalizuje penetrację i wykrywanie zasobów na różnych głębokościach z maksymalną rozdzielczością. Działanie PinPointR jest kontrolowane za pomocą intuicyjnego interfejsu użytkownika systemu operacyjnego Android. Systemem można sterować bezprzewodowo ze smartfona lub tabletu. Ponadto aplikacja do zbierania danych zawiera standardową branżową funkcjonalność markerów, umożliwiającą użytkownikom oznaczanie danych w terenie w celu korelacji z rzeczywistymi znakami, które umieszczają na ziemi, oraz wszelkimi późniejszymi szkicami lub wynikami raportu [2].



Ryc. 5. Urządzenie PinPointR firmy ImpulseRadar [2]

PinPointR zawiera również wbudowany GPS i obsługuje zewnętrzny GPS dla lepszej georeferencji zebranych danych GPR. Dla użytkowników, którzy chcą publikować dane, pliki, w tym znaczniki, można importować do oprogramowania CrossPoint firmy ImpulseRadar w celu przetwarzania, wizualizacji, analizy i eksportować do formatów CAD, GIS i Google. PinPointR to najnowszy dodatek do linii rozwiązań GPR firmy ImpulseRadar, łączący serię dwukanałowych anten 2D crossover z rozwiązaniem Raptor 3D GPR Array [2].

PinPointR zawiera również wbudowany GPS i obsługuje zewnętrzny GPS dla lepszej georeferencji zebranych danych GPR. Dla użytkowników, którzy chcą publikować dane, pliki, w tym znaczniki, można importować do oprogramowania CrossPoint firmy ImpulseRadar w celu przetwarzania, wizualizacji, analizy i eksportować do formatów CAD, GIS i Google. PinPointR to najnowszy dodatek do linii rozwiązań GPR firmy ImpulseRadar, łączący serię dwukanałowych anten 2D crossover z rozwiązaniem Raptor 3D GPR Array [2].

Literatura

- [1] „Trenchless International” 2019, No. 44 (Summer).
- [2] „Trenchless International” 2019, No. 45 (Fall).
- [3] „Trenchless International” 2020, No. 46 (Winter).
- [4] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. nauk. A. Kulickowski. Wydawnictwo Seidel – Przywecki. Warszawa 2010.

