

BEZWYKOPOWA BUDOWA

PRZEGLĄD

RYNKU MIKROTUNELOWEGO 2020



ROBERT OSIKOWICZ
ROE

Kwartalnik „Inżynieria Bezwykopowa” kilkakrotnie w swojej historii omawiał zasady prowadzenia prac mikrotunelowych i warunki brzegowe stosowania tej techniki. Analizowano wymagania dotyczące sprzętu, stosowanych materiałów i technologii. W specjalnej rubryce – kolumna wiertnicza, publikowano dane dotyczące referencyjnych projektów. W niniejszym artykule postaramy się odświeżyć wizerunek mikrotunelowania i sprawdzić, czy jest to nadal technika atrakcyjna dla inwestorów, projektantów i wykonawców podziemnych instalacji rurowych. Część przedstawionych informacji pochodzi z ankiet mających za zadanie pozyskanie informacji z rynku

miała być bardzo dokładną techniką stosowaną głównie w środowisku miejskim, pozwalającą uniknąć głębokich wykopów powodujących niedogodności dla społeczności lokalnych i działania biznesu. Prace nad koncepcją mikrotunelowała prowadziła w pierwszej połowie lat 70. firma Komatsu. Tym niemniej pierwszy zestaw urządzeń skonstruowała i wdrożyła japońska firma Iseki w roku 1976. Zestaw ten umożliwiał zabudowę przewodów rurowych w szerokim zakresie warunków geologicznych. Po pewnych modyfikacjach firma Iseki wprowadziła na rynek kolejną maszynę do mikrotunelowania o nazwie Crunchingmole, która w roku 1981 została wyposażona w oprzyrządowanie pozwalające na kruszenie dużych kamieni znajdujących się na trasie (o rozmiarach dochodzących do 20% średnicy tunelu).

Europejski debiut techniki opracowanej przez Iseki miał miejsce w Wielkiej Brytanii około roku 1980. Jednak prawdziwa jej ekspansja na naszym kontynencie nastąpiła dzięki wielkim projektom infrastrukturalnym prowadzonym w Berlinie i Hamburgu na początku lat 80. Niemieccy producenci uruchomili produkcję urządzeń do mikrotunelowania – w 1982 r. (Soltau) i w 1985 r. (Herrenknecht). Pierwszy mikrotunelowy projekt w Ameryce Północnej odnotowano w 1984 r. w Fort Lauderdale na Florydzie. Zabudowano dzięki niemu 180-metrowy odcinek rurociągu o średnicy 72" (1829 mm) pod ruchliwą autostradą. W 1995 r. powstała pierwsza maszyna mikrotunelowa wyprodukowana w USA przez firmę Akkerman. W Polsce historia praktycznych aplikacji mikrotunelowych rozpoczęła się w roku 1998.

Dzięki prasie i konferencjom branżowym można odnotować fakt, że mikrotunelowanie stało się techniką o zasięgu globalnym i jest w praktyce aplikowane na wszystkich kontynentach. Jak wynika z analiz firm produkujących sprzęt i urządzenia, dotychczas zrealizowano ponad 70 pojedynczych instalacji na dystansie powyżej 1 km. Poniżej zaprezentowano przykłady współczesnych referencyjnych projektów mikrotunelowych:

- Budapeszt (Węgry): tunel kanalizacyjny pod dnem Dunaju wykonany z rur żelbetowych; długość – 635 m; łuk horyzontalny; głębokość sztybów – 23 m; geometria rur

- ID1400/OD 1720; warunki geologiczne – margiel, ił, piasek;

- Hamburg (Niemcy): tunel ostonowy dla posadowienia dwóch gazociągów pod dnem rzeki Łaby; długość wierconej sekcji – 1580 m; ciśnienie wody gruntowej – 4 bary; geometria rur – OD3000;
- Soczi (Rosja): tunel pod dnem Morza Czarnego (instalacja *Outfall*) wywiercony na dystansie 2014 m; geometria rur – ID2000/OD2525; warunki geologiczne – wapień, ił;
- Altamira (Meksyk): rekordowy tunel pod dnem zatoki Meksykańskiej z 2018 r. (instalacja *Outfall*) wywiercony na dystansie 2246 m w ramach projektu Sur de Texas-Tuxpan; geometria rur – ID2600/OD3200; warunki geologiczne – ił, glina, piasek;
- Zug (Szwajcaria): budowa tunelu retencyjnego o długości 882 m; pionowe i poziome łuki o promieniu poniżej 300 m; geometria rur – OD2725; warunki geologiczne – piasek, ił, żwir;
- Zillertal (Austria): tunel poprowadzony do góry ze stałą inklinacją 7° na dystansie 863 m; geometria rur – OD1970; warunki geologiczne – kwarcyt 170 MPa;
- Cleveland (USA): tunel kanalizacyjny wywiercony na dystansie 826 m w kształcie litery S (dwie krzywizny horyzontalne o promieniu 220 i 500 m); geometria rur żelbetowych – ID1524/OD1866; głębokość instalacji – 18 m;
- Painesville (USA): tunel wodny pod dnem jeziora Erie wywiercony na dystansie 1203 m i na głębokości 20 m; geometria żelbetowej rury przeciskowej – ID1524/OD1866.

PRZEZNACZENIE I ZAKRES STOSOWANIA

W powszechnej opinii branży konstrukcyjnej mikrotunelowanie jest jedną z najbardziej efektywnych i bezpiecznych metod instalacji rurociągów. Specjalistyczna technika budowy wymaga użycia zaawansowanego technicznie sprzętu wiertniczego obsługiwane przez wykwalifikowaną załogę. Wykorzystywana jest do bezwykopowej budowy infrastruktury sieciowej ze szczególnym uwzględnieniem kanalizacji i wodociągów, ale także do zabudowy gazociągów, rur

DEFINICJA TECHNIKI

Mikrotunelowanie jest jednoetapową techniką wiertniczą służącą bezwykopowej budowie instalacji podziemnych, która wykorzystuje zdalnie sterowane urządzenie MTBM (ang. *Microtunnel Boring Machine*) w połączeniu ze stacją siłowników odpowiadającą za wciskanie rur przeciskowych (ang. *Pipe Jacking*). Rurociąg (kolektor) instalowany jest w pojedynczym przejściu od komory nadawczej do komory odbiorczej.

HISTORIA I KAMIEŃ MIŁOWE

Mikrotunelowanie jest jedną z najstarszych nieinwazyjnych, zdalnie sterowanych metod budowy podziemnej infrastruktury. Jej korzenie sięgają początku lat 70. ubiegłego stulecia. W zamyśle jej pionierów

osłonowych i rurociągów technologicznych. Stosunkowo nową opcją jest aplikowanie techniki do projektów realizowanych na styku lądu i morza (instalacje typu *Outfall* i *Landfall*). Wśród jej niewątpliwych zalet wymienia się: bardzo wysoką dokładność położenia instalacji, szeroki zakres możliwych materiałów do zabudowy i średnic rur przeciskowych, przewidywalny postęp prowadzonych prac oraz fakt, że rurociąg jest instalowany w jednym etapie, bezpośrednio za głowicą mikrotunelową. Naturalnym środowiskiem dla mikrotunelowania jest miasto. Projektowane długości pojedynczych odcinków są funkcją warunków lokalnych (typ pokonywanych przeszkód, zastana infrastruktura podziemna), średnicy rury, głębokości instalacji oraz warunków hydrologicznych i geologicznych. Długość pojedynczej sekcji przy rozsądnie zaplanowanych pośrednich stacjach siłowników może przekroczyć 1000 m dla rur o średnicach nominalnych powyżej 1500 mm. Zakres dostępnych średnic rur waha się od 10" (250 mm) do około 142" (3600 mm), a średnia głębokość posadowienia instalacji mieści się w zakresie od kilku do około 20 m (choć zdarzają się też głębsze tunele). Metoda pozwala na zabudowę większych średnic przewodów rurowych w porównaniu do technik alternatywnych, za jakie uważa się HDD i Direct Pipe.

Mikrotunelowanie polega na drażeniu otworu o zaplanowanej trajektorii pomiędzy dwoma komorami. Dominują wciąż instalacje wiercone przy stałym spadku (stałej inklinacji). Wymiary i kształt komór zależą od wielkości stacji siłowników i geometrii rur przeciskowych (średnica i długość) stanowiących konstrukcję tunelu oraz od sposobu zabezpieczenia ścian szybu. Stosowane oprzyrządowanie do precyzyjnego kierowania trajektorią tunelu umożliwia utrzymywanie inklinacji w bardzo wąskim zakresie. Potencjalne odchylenie osi tunelu od założeń projektowych nie przekracza kilku centymetrów. Do lat 90. technikę można było stosować głównie do realizacji odcinków prostoliniowych, co było jej istotnym ograniczeniem. Obecnie powszechne są realizacje instalacji krzywoliniowych (po łuku). Ilość łuków i ich promienie determinowane są przez parametry geometryczne stosowanych rur

przeciskowych i uwarunkowania geologiczne. Nierzadko stosuje się promienie krzywizn z przedziału od 200 do 500 m.

Technika mikrotunelowania aplikowana jest głównie w miastach i służy do budowy kolektorów wod-kan. Koszty budowy stosunkowo głębokich szybów są wtedy kompensowane zyskami płynącymi z ograniczonej ingerencji w życie miasta. Instalacje pod rzekami, zbiornikami wodnymi czy linią brzegową morza należą w Polsce do rzadkości, tak samo jak instalacje w terenie pozamiejskim. Pewnym wyjątkiem od tej reguły są prace prowadzone pod torami kolejowymi. W ciągu ostatnich kilku lat obserwujemy też powszechne wykorzystywanie tej metody do zabudowy rur produktowych i rur osłonowych dla gazociągów wysokiego ciśnienia.

Mikrotunelowanie jest jedną z najstarszych nieinwazyjnych, zdalnie sterowanych metod budowy podziemnej infrastruktury. Jej korzenie sięgają początku lat 70. ubiegłego stulecia

LIMITY STOSOWANIA

W oczywisty sposób zalety techniki mikrotunelowej przewyższają znacząco jej wady czy ograniczenia. Tym niemniej warto wspomnieć o potencjalnych problemach i niedogodnościach, jakie mogą wystąpić na etapie realizacji:

- problemy ze statecznością szybu startowego;
- awaria mechaniczna głowicy MTBM;
- kawernowanie przestrzeni pierścieniowej i potencjalne osiadanie gruntu;
- nadmierne siły przeciskowe;
- pęknięcie rury przeciskowej;
- nieszczelności pojawiające się w tunelu;
- kolizja z dużymi obiektami kamienistymi na trasie tunelu;

- blokowanie się układu płuczkowego fazą stałą;
- nadmierne zużywanie się tarczy mikrotunelowej.

SPRZĘT

Jak wynika z dotychczasowej praktyki, selekcji sprzętu dokonuje się w czterech etapach:

- określenie parametrów instalacji (długość, średnica, średni promień krzywizny, warunki geologiczne);
- wybór głowicy mikrotunelowej dostosowanej do warunków zawartych w punkcie powyżej;
- wybór typu stacji pchającej zdolnej do pokonania sił tarcia i uzyskania postępu prac;
- wybór układu płuczkowego o przepustowości dostosowanej do spodziewanej zawartości fazy stałej i strumienia cyrkulującej w zamkniętym obiegu płuczki.

Konwencjonalnie zaprojektowany zespół urządzeń do mikrotunelowania składa się z sześciu elementów:

- głowicy mikrotunelowej;
- stacji siłowników wraz z zespołem zasilającym;
- systemu smarowania (redukcji sił tarcia);
- systemu transportu urobku;
- systemu separacji faz w przypadku płuczkowego transportu fazy stałej;
- systemu nawigacji (kierowania osią tunelu).

Głowica mikrotunelowa wykorzystuje pełną tarczę skrawającą, co oznacza, że hydraulicznie obracana tarcza urabia formację całą swoją powierzchnią. Tarcza ta może obracać się zarówno w prawą, jak i lewą stronę z prędkością sięgającą kilku obrotów na minutę. Głowice mikrotunelowe wyposaża się w jeden z trzech typów tarcz: do formacji miękkich (łatwo urabialnych), formacji mieszanych oraz typowych formacji skalnych lub rumoszu skalnego. W ramach systemów mikrotunelowych dominują dwa rozwiązania dotyczące transportu generowanego przez system wierzący urobku: system z płuczkowym transportem fazy stałej (*Slurry Shield*) oraz system z mechanicznym

HABA-BETON

MONOLITHIC IDEAS WWW.HABA-BETON.EU

PROGRAM DOSTAWCZY

- > rury żelbetowe / betonowe
 - o przekroju okrągłym K-GM i K-FM
- > rury do mikrotunelowania
- > rury PEHD z otuliną żelbetową
- > profil jajowy / przekroje gardzielowe / profile specjalne / profil ramowy
- > systemy studni > studnie styczne
- > elementy denne studni
 - system HABA-PERFECT
- > studnie opuszczane startowe i odbiorcze do mikrotunelowania
- > odwodnienia liniowe



transportem urobku (*EPB Shield*).

W Polsce najczęściej wykorzystuje się systemy mikrotunelowe z obiegiem płuczki. Urządzenia tego typu mają charakter uniwersalny i mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w różnorodnych warunkach geologicznych. Tarcze skrawające mogą być adaptowane i uzbrajane adekwatnie do rozpoznanych warunków panujących na trasie wiercenia. Urobek jest kruszony i mieszany w komorze roboczej z cyrkulującą płuczka. Powstała zawiesina (mieszanka suspensji ilowej i rozdrobnionego urobku) jest odprowadzana kolektorem płuczki na powierzchnię, gdzie trafia do układu separacji faz (grawitacyjnego i/lub mechanicznego systemu oczyszczania płuczki). Płuczka pozbawiona obcej fazy stałej jest ponownie transportowana kolektorem do głowicy mikrotunelowej, gdzie ma do wykonania kolejny cykl pracy. Obieg płuczki jest inicjowany i podtrzymywany dzięki zamontowanym w obiegu pompom wirowym. Z powyższego wynika, że płuczka cyrkuluje w obiegu zamkniętym. Strumień przepływu i ciśnienie panujące w kolektorach są ściśle monitorowane. Kontrola ciśnień i przepływów pozwala chronić tunel przed napływem wód gruntowych oraz stabilizować pracę na przodku tunelu.

Alternatywne systemy mikrotunelowe określane jako *EPB Shield* (*Earth Pressure Balance*) przeznaczone są do pracy wiertniczej w warunkach formacji kohezyjnych oraz formacji niestabilnych z wysokim poziomem wody gruntowej. Dzięki budowie samego urządzenia i zastosowaniu przenośnika ślimakowego równoważone jest skutecznie parcie gruntu. Konsekwencją mechanicznego transportu urobku jest brak konieczności stosowania rozbudowanego systemu oczyszczania i kondycjonowania płuczki.

Wybór typu maszyny wiertniczej jest uzależniony nie tylko od warunków geologicznych, ale i od długości samego tunelu. Hydrauliczny sposób transportu urobku w płuczce wiertniczej jest bardziej odpowiedni dla formacji piaszczysto-żwirowych i dłuższych odcinków tunelowania, podczas gdy głowice EPB z transportem ślimakowym są bardziej skuteczne w zwartych formacjach ilasto-pyłowych.

Jak w każdej zaawansowanej metodzie budowy podziemnej infrastruktury rurociągowej wykorzystuje się systemy kontroli przebiegu osi tunelu (kontroli trajektorii). W przypadku krótszych i prostoliniowych przekroczeń wykorzystuje się systemy laserowe. Wiązka z lasera zamocowanego w szybie startowym pada na odbiornik ulokowany w głowicy mikrotunelowej. Dane z odbiornika przesyłane są do interfejsu komputera sterującego procesem. Dane są analizowane na bieżąco i służą podejmowaniu decyzji o ewentualnej korekcie azymutu lub inklinacji. Przy dłuższych instalacjach lub trajektoriach, w których przewidziano realizację łuków poziomych lub pionowych, stosuje się żyroskopowe systemy nawigacji.

W skali światowej istnieje grupa kilkunastu producentów oferujących sprzęt i osprzęt dla techniki. Wśród najbardziej znanych i powszechnie stosowanych znajdują się następujące firmy (w kolejności alfabetycznej): Akkerman, Herrenknecht, Iseki Microtunneling, mts Perforator, Robbins, Terratec.

System mikrotunelowy charakteryzowany jest przez szereg parametrów, do których możemy zaliczyć takie, jak:

- średnica głowicy/tarczy, mm;
- maksymalna średnica przeciskanej rury, mm;
- długość i masa głowicy mikrotunelowej;
- zainstalowana moc, kW;
- dostępny moment obrotowy, kNm;
- zakres obrotów tarczy;
- potencjalna siła naporu w stacji siłowników, kN;
- średnica kolektorów zasilających i odprowadzających (w systemach *Slurry Shield*), cale;
- strumień przepływu płuczki (w systemach *Slurry Shield*), l/min.

PRZEBIEG PROJEKTU MIKROTUNELOWEGO

Prace wiertnicze odbywają się na podstawie projektu budowlanego lub projektu wykonawczego dedykowanego tej specyficznej technice. Projekt określa m.in.: warunki zabudowy, średnicę i materiał rurociągu, całkowitą długość instalacji, długości poszczegól-

nych odcinków, głębokość posadowienia instalacji. Projekt bazuje na dokumentacji geologicznej podłoża, uwzględniającej warunki hydrologiczne.

Faza konstrukcyjna obejmuje przygotowanie komór roboczych oraz montaż w nich urządzeń wiertniczych i osprzętu. Właściwe roboty wiertnicze polegają na drążeniu tunelu z jednoczesną zabudową kolejnych segmentów rur. Tarcza głowicy mikrotunelowej napędzana jest silnikiem hydraulicznym bądź elektrycznym. Głowica mikrotunelowa przemieszcza się dzięki naporowi zespołu siłowników umieszczonych w szybie startowym. Siła naporu (pchania) umożliwia jednocześnie wywarcie nacisku na ścianę tunelu oraz pokonanie oporu, jaki generuje ciąg rur w wywierconym otworze. Siłowniki przykładają równomiernie siłę poprzez pierścienie nakładane na przeciskaną rurę. Szybkość posuwu siłowników jest zsynchronizowana z postępowaniem głowicy wiertniczej. Wciskane za głowicą rury przeciskowe (produktowe lub osłonowe) stanowią docelową konstrukcję tunelu.

W powszechnej opinii branży konstrukcyjnej mikrotunelowanie jest jedną z najbardziej efektywnych i bezpiecznych metod instalacji rurociągów

Przewody zasilające system napędowy i sterujący oraz kolektory płuczki znajdują się wewnątrz tunelu i są przedłużane w miarę zwiększania się jego długości. Zabudowywane wewnątrz tunelu rury stanowią naturalne podparcie ściany wyrobiska. Dla obniżenia tarcia wynikającego z kontaktu pomiędzy zewnętrzną powierzchnią rurociągu a ścianą otworu stosuje się iniekcje ze strukturalnego płynu smarowego. Dysze do iniekcji cieczy smarnej umieszczone są w wybranych rurach przeciskowych.

W przypadku drążenia długich odcinków tunelu istnieje możliwość zaplanowania i za-



Amiblu[®]
Pipes designed for generations



Rury GRP - najlepsze produkty do nowoczesnych technologii bezwykopowych

- Wielokrotnie lżejsze od betonu
- Niskie siły niezbędne do przeciskania
- Wysoka precyzja sterowania na zakrętach
- Długość odcinki przeciskowe - osiągnięto 930 m
- Rozwiązanie „dwa w jednym” - rury ciśnieniowe do przeciskania

Amiblu jest największym na świecie dostawcą rur i kształtek GRP. Posiada dekady doświadczeń w setkach projektów w zakresie systemów kanalizacyjnych, przemysłowych, rozwiązań dla wody pitnej, odwodnień dróg i mostów, melioracji i elektrowni wodnych realizowanych na całym świecie.



www.amiblu.com

montowania wewnątrz tunelu pośrednich stacji siłowników. Wprowadzenie takich elementów dzieli tunel na sekcje obsługiwane przez poszczególne stacje, wywołując tym samym zmniejszenie sił przeciskowych wywieranych na kolejne odcinki rur i odciążenie głównych siłowników.

Proces wiercenia ma charakter zdalny i jest kontrolowany ze stanowiska wiertacza (operatora systemu) ulokowanego na powierzchni terenu w kontenerze sterowniczym. Monitorowane i rejestrowane są informacje o przebiegu trajektorii, o siłach przeciskowych, momencie obrotowym, pozycji zaworów sterujących, parametrach hydraulicznych wiercenia. Stabilność czoła tunelu jest kontrolowana poprzez pomiar ilości wydobytego materiału. System musi odebrać i wytransportować ilość urobku wynikającą z postępu wiercenia. Przepustowość systemu separacji musi być większa od strumienia cyrkulującej w zamkniętym obiegu płuczki. Wydatek pomp płuczkowych i parametry reologiczne zatłaczanej płuczki powinny zapobiegać sedymentacji fazy stałej w kolektorach oraz pozostawać w równowadze z zewnętrznym ciśnieniem wody gruntowej. Ilość suspensji smarnej zatłaczanej do przestrzeni pierścieniowej otworu powinna być skorelowana z pojemnością teoretyczną, tempem wiercenia, warunkami geologicznymi oraz aktualnym poziomem sił przeciskowych.

Proces tunelowania kończy się w momencie wyjścia (przebiecia) głowicy w szybie końcowym (odbiorczym). Po zakończeniu prac wiertniczych i demontażu głowicy

odłączane są wszystkie urządzenia i instalacje wewnątrz rury. Komora wyjściowa dla poprzedniego odcinka może stać się komorą startową dla następnego lub też z jednej komory startowej wykonuje się tunele w dwóch kierunkach.

PORÓWNANIE Z POKREWNymi METODAMI KONSTRUKCYJNYMI

Jak dotąd tylko trzy metody bezwykopowej budowy zostały uznane za zaawansowane i dające możliwość instalowania rurociągów na długich dystansach. Są nimi: HDD, mikrotunelowanie i metoda hybrydowa – Direct Pipe. Na etapie planowania inwestycji dokonuje się wyboru pomiędzy dostępnymi technikami. Najczęściej stosuje się w tym celu analizę wielokryterialną. Zaleca się w tej materii polegać na udokumentowanych studiach przypadku, a więc na projektach o znanych parametrach, metodyce postępowania oraz pozytywnym scenariuszu zdarzeń. Pod uwagę należy brać ponadto popularność danej technologii i dostępność do usług na lokalnym rynku.

Dla lepszego zrozumienia potencjalnych różnic przeprowadzono analizę możliwości trzech technik bezwykopowej budowy. Wzięto pod uwagę trzy najdłuższe udokumentowane instalacje zrealizowane na terenie Polski, dla każdej ze stosowanych średnic i zaprezentowano to na rys. 1.

Dwie linie trendu przecinają się w okolicy średnicy 1400 mm. Technologia HDD, jak dotąd, była wykorzystywana w Polsce do instalacji rurociągów o średnicy nieprzekraczającej 1200 mm i w tym zakresie wykazuje

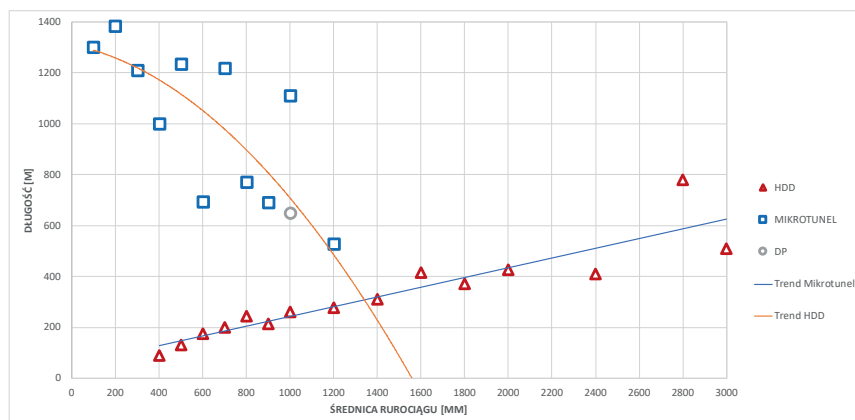
przewagę nad technologią mikrotunelowania, jeśli chodzi o długość pojedynczej instalacji (odcinka). Można zauważyć, że w przypadku średnic od DN1400 wzwyż technika mikrotunelowania nie ma konkurencji.

Decyzja o wykorzystaniu konkretnej metody budowy powinna mieć uzasadnienie techniczne i ekonomiczne. Aspekty związane z ochroną środowiska i istniejącej już infrastruktury są obecnie rozważane jako dodatkowy, a czasem nawet decydujący argument za uruchomieniem procedury wiertniczej. Należy zwrócić przy tym uwagę na to, że każda z wymienionych możliwości ma swoje optymalne zakresy stosowania. Porównania metod dokonuje się, biorąc pod uwagę następujące kryteria:

- geologia;
- geometria otworu;
- aplikacja i geometria rurociągu;
- typ (rodzaj) przeszkody;
- warunki zabudowy;
- wymagana precyzja położenia instalacji;
- wydajność (tempo prowadzonych prac);
- poziom bezpieczeństwa (potencjalne ryzyko);
- koszty;
- posiadane referencje.

KOSZTY APLIKACJI

Szacuje się, że mikrotunelowanie może być konkurencyjne pod względem ekonomicznym w stosunku do konwencjonalnych metod układania instalacji, jeśli jej głębokość przekracza 5 m. Wynika to ze znacznych kosztów wykonywania głębokich wykopów i konieczności ich zabezpieczenia. Również występowanie niestabilnej formacji geologicznej i konieczność pracy poniżej poziomu wody gruntowej są dodatkowymi czynnikami przemawiającymi za wyborem mikrotunelowania. Dynamiczny rozwój metody wynika przede wszystkim z jej zalet, do których zalicza się głównie: możliwość stosowania w niemal każdych warunkach geologicznych bez obniżania zwierciadła wody gruntowej wzdłuż trasy tunelu, minimalna ingerencja na powierzchni terenu i ograniczenie osiadań gruntu wokół wyrobiska. Mikrotunelowanie jest postrzegane



RYŚ. 1. Wykres zależności długości instalacji od średnicy rurociągu dla projektów realizowanych techniką HDD, DP i mikrotunelowania w Polsce (oś Y – długość, oś X – średnica rurociągu)

Parametr	Mikrotunelowanie	HDD	Direct Pipe
Zakres średnic rurociągów	10-142" (254-3607 mm) 250-3600 mm	4-60" (102-1524 mm) 100-1500 mm	28-60" (711-1524 mm) 700-1500 mm
Zakres długości instalacji (maksymalny)	2500 m	3000 m (single shot) 5000 m (Intersect)	2000 m
Zakres długości instalacji (typowy)	50-500 m	100-1000 m	250-750 m
Minimalne przykrycie	2-4 D D - średnica rurociągu	10-15 D	3-5 D
Maksymalna głębokość	30-40 m	>100 m	30-40 m
Zmiana inklinacji	możliwa	powszechna	powszechna
Zmiana azymutu	możliwa	powszechna	możliwa
Wymagane komory	tak (głębokie)	nie	tak (płytkie)
Wymagana lira do instalacji	nie	tak	tak
Możliwy materiał do zabudowy	stal, GRP, żelbet, polimerobeton, kamionka	stal, HDPE, F-PVC, żeliwo, rury hybrydowe	stal
Ilość etapów prac wiertniczych	1	2-3	1
Sposób transportu urobku	płuczkowy (w kolektorach) lub mechaniczny	płuczkowy (w przestrzeni pierścieniowej otworu)	płuczkowy (w kolektorach)
Sposób podparcia ściany otworu	instalowany rurociąg	płyn wiertniczy i casing mechaniczny (opcjonalnie)	instalowany rurociąg
Przydatność dla instalacji grawitacyjnych	bardzo dobra	dostateczna	dobra
Dokładność wiercenia	bardzo wysoka	wysoka	wysoka
Adaptacja do warunków geologicznych	bardzo dobra	dobra	dobra
Wymagana przestrzeń robocza	średnia	duża	duża
Koszty jednostkowe instalacji	wysokie	niskie	średnie
Produktywność techniki	średnia	wysoka	wysoka
Obciążenia instalacyjne na 1 m ² poboczniczy rurociągu	1000-3000 N	150-600 N	500-1800 N

TAB. 1. | Porównanie parametrów trzech zaawansowanych technik budowy rurociągów podziemnych

jako bezpieczne także ze względu na wysoki stopień zmechanizowania prac oraz zdalne sterowanie procesem wiercenia. Eliminuje to w większości przypadków konieczność pracy ludzi w tunelu. Dodatkowym czynnikiem wspierającym wybór mikrotunelowania są względnie niskie koszty przywrócenia terenu budowy do stanu pierwotnego. Techniki bezwykopowe, do których zalicza się mikrotunelowanie, cechują się wysokim poziomem akceptacji społecznej. W warunkach aglomeracji miejskich operowanie metodą otwartego wykopu paraliżuje komunikację, lokalny biznes i obniża komfort życia mieszkańców. Negatywne konsekwencje społeczne i gospodarcze są trudne do wyliczenia. Dlatego konwencjonalne technologie są sukcesywnie wypierane poza obszary zurbani-

nizowane, gdzie nie powodują takich perturbacji, a ich uciążliwość dla środowiska pozostaje na akceptowalnym poziomie.

RURY PRZECISKOWE

Dobór materiału, z którego ma być wykonana instalacja, zależy od jej przeznaczenia, głębokości tunelu, środowiska wodno-gruntowego. W przeważającej większości przypadków używane są rury ze stali, betonu, betonu polimerowego, kompozytowe lub rury kamionkowe. Wybór typu i średnicy rury powinien być dokonywany na podstawie obliczeń hydraulicznych, obliczeń wytrzymałościowych, uwzględniających obciążenia występujące w fazie realizacji oraz obciążenia na etapie eksploatacji. Co

do zasady rury przeciskowe powinny mieć okrągły przekrój i gładką powierzchnię boczną.

Średnice standardowych głowic mikrotunelowych, zgodnie z obowiązującymi normami, są ściśle związane z rurami przeciskowymi wykonanymi z żelbetu lub polimerobetonu. Wśród parametrów, które brane są pod uwagę przy wyborze materiału rury, znajdują się: koszt, wytrzymałość zmęczeniowa, odkształcalność, odporność na reakcje chemiczne, odporność na udary, ciężar jednostkowy, szczelność połączeń. Średnica głowicy mikrotunelowej musi być nieznacznie większa od średnicy zewnętrznej rury przeciskowej. Wielkość prześwitu (*Overcut*) wynosi od 2 do 4" (51-102 mm).

Producent/dostawca	Lokalizacja / kontakt [www]	Materiał (typ) rury	Rury z wykładziną wewnętrzną (wkładka)	Zakres średnic nominalnych i zewnętrznych	Ciśnienie nominalne [bar]	Długość produkowanych odcinków rur [mm]	Ciężar właściwy materiału [kg/dm ³]
Amiblu Poland	Hobas: Dąbrowa Górnicza www.amiblu.com	CCGRP	wewnętrzne linery z żywicy poliestrowej, winyloestrowej, poliuretanowej	250-3600	1-16	500-6000	1,9-2,1
	Flowtite: Gdańsk www.amiblu.com	CFW	wewnętrzne linery z żywicy poliestrowej, winyloestrowej, poliuretanowej	100-2400	1-16	500-6000	1,9-2,1
Betonstal	www.betonstal.com.pl	polimerobeton		800-2000, DA960-2390		DN800 2000;	2,3-2,4
Eutit Polska	www.eutit.com.pl	bazalt		150-400	1,5	1000	
HABA-Beton	Olszowa www.haba-beton.pl	rura żelbetowa	rura z wewnętrzną okładziną PEHD o grubości 4 mm	300-3700	2,5	2000-5000	
Meyer-POLYCRETE® / Polimerobeton.pl	www.polimerobeton.pl	polimerobeton		250-3500 DA360-4160	2,4-3	1000-3000, na zamówienie również inne	2,3
PV Prefabet	www.pv-prefabet.com.pl	żelbetowa rura przeciskowa	wykładzina PEHD o grubości 4 mm lub 3 mm	400/665- 3200/3800	0,5	2000- 3000	0,96-25,200
Superlit Boru / SOLECO PRO		rury GRP wykonane metodą nawojową		DA272-3600	1-10	do 3000	
		rury GRP wykonane metodą odlewania odśrodkowego		DA427-1434	1-10	1800, 2800	
Steinzeug-Keramo	www.steinzeug-keramo.com	rury kamionkowe przeciskowe		150-1400		1000-2000	2,2

TAB. 2. | Wybrane parametry rur przeciskowych (na podstawie danych producentów rur)

W tab. 2 zestawiono parametry rur przeciskowych oferowanych przez producentów obecnych na polskim rynku.

W ciągu ostatnich kilku lat w zakresie rur wykorzystywanych w procesie mikrotunelowania nie pojawiły się znaczące zmiany i inno-

wacje, jednakże producenci cały czas pracują nad udoskonalaniem własnych produktów. Amiblu Poland wskazuje na wprowadzenie nowych typów łączników przeciskowych dla rur ciśnieniowych oraz na łączniki przeciskowe ze zintegrowanymi dyszami iniekcyjny-

mi. HABA-Beton wyróżnia w swoim portfolio rury przeciskowe z wewnętrzną okładziną PEHD, poprawiającą odporność chemiczną rury. Meyer-POLYCRETE w ostatnim czasie ulepszył konstrukcję rur dzięki zastosowaniu elastycznego kleju do montażu manszet. Pro-

	Szywność nominalna [N/m ²]	Wytrzymałość na ściskanie MPa	Wytrzymałość na rozciąganie MPa	Współczynnik sprężystości wzdłużnej MPa	Wytrzymałość na rozciąganie obwodowe przy zginaniu MPa	Odporność chemiczna (zakres pH)	Chropowatość ściany mm	Nasiąkliwość [%]	Wytrzymałość na ścieranie
	32 000-1000 000	90	15	12 000-18 000	120-140	1-10	0,001-0,016		PU liner 0,1- 100 000
	32 000-1000 000	90	15	12 000-18 000	200	1-12	0,01		PU liner- 0,1-100 000
		≥ 90	≥ 12		≥ 12	1-10		<0,1	średnie wytarcie 0,3 mm
						1-14		0,04	
						0-14	dla betonu 0,1 dla okładziny PEHD 0,013	z okładziną 0 bez okładziny do 4%	
	1310570- 11385791	> 95	> 15	20 000	> 15	1-12	<0,05	0	< 0,5
		C40/50 - C70/85					0,1	≤ 5	
	20 000- 1000 000	średnio ≥80	≥75			2-12	0,01 wg Colebrook - White'a, 0,008 Manninga		≤ 0,85
	32 000-640 000	średnio ≥80	≥75			2-12	0,01 mm wg Colebrook - White'a, 0,008 wg Manninga		≤ 0,85
		100-200	10-20	50 000	10-20	0- 14	0,02	do 6%	≤0,25

wadzi też badania nad wykorzystywaniem rur polimerobetonowych w kanalizacji ciśnieniowej. Z kolei Superlit Boru San./SOLECO PRO jako innowacje podaje rury przeciskowe produkowane metodą nawojową oraz opracowanie metody pokrywania warstwy wewnętrznej

rur żywicą poliuretanową, która podnosi ich odporność na ścieranie.

Jeśli chodzi o zapotrzebowanie na rury w ciągu ostatnich pięciu lat, producenci zgodnie potwierdzają, że nadal jest wiele zapytań dotyczących dostaw i notują wzrosty

sprzedaży z roku na rok. Niektóre z ankietowanych firm mówią nawet o podwojeniu produkcji w tym okresie. Większość prognozuje dalsze wzrosty i niezmiennie postrzega rynek technologii bezwypokopowych jako przyszłościowy i rozwojowy.

ZARZĄDZANIE PROJEKTEM

Planowanie i wycena działań wiertniczych odbywa się analogicznie do innych technik wiertniczych. Podstawowym dokumentem weryfikującym jest plan wykonalności projektu (instrukcja wiercenia), który powinien obejmować następujące zagadnienia:

- konstrukcja szybów startowych i odbiorczych;
- konfiguracja sprzętu wiertniczego;
- zasady operowania i sterowania systemem MTBM;
- lista parametrów weryfikowanych i monitorowanych, do których należą: trajek-

toria (tolerancja i odchyłki parametrów wiercenia kierunkowego), kontrola zachowania się gruntu ponad trasą tunelu, optymalne i maksymalne zakresy pracy maszyny tunelowej (siły przeciskowe, moment obrotowy, przepływy i ciśnienia w kolektorach), dystrybucja sił przeciskowych pomiędzy główną stacją siłowników i stacjami pośrednimi, objętość i parametry cieczy smarnej, gospodarka płynem wiertniczym i odseparowanym urobkiem;

- organizacja placu budowy;
- harmonogram i budżet projektu;
- personel firmy wiertniczej;
- bezpieczeństwo pracy;

- podwykonawcy;
- zarządzanie ryzykiem wiertniczym;
- zarządzanie jakością procesu.

FIRMY WIERTNICZE

W Polsce działa kilkanaście podmiotów oferujących usługi w technice mikrotunelowania lub w pokrewnych technikach przeciskowych. Pionierzy mikrotunelowania w Polsce – warszawska Beta, poznańska Hydrobudowa 9 czy PRG Metro nie funkcjonują już na rynku. Zastąpiły je skutecznie inne firmy konstrukcyjne, wśród których największe znaczenie mają obecnie: Inkop,

Firma wiertnicza	Liczba systemów MTBM Zakres średnic [mm]	Systemy hybrydowe DP/System2	Liczba niezależnych systemów separacji faz	Główne branże zlecające prace	Wybrane lokalizacje projektów 2014-2020
Abikorp Warszawa www.abikorp.pl	2 400-4000 mm	tak	2	wod-kan gaz	Łomża Kraków Opole Psary Tomaszów Mazowiecki Warszawa
DENYS NV Gent, Belgia ww.denys.com	8 800-2500 mm	tak	7	gaz	Tworóg-Tworzeń
Inkop Kraków www.inkop.pl	11 250-2400 mm		4	wod-kan	Ciechanów Dąbrowa Górnicza Dęblin Gliwice Gdańsk Kraków Łódź Olsztyn Warszawa Zielona Góra
PPI Chrobok Studzienice www.chrobok.com.pl	2 400-1500 mm	tak	5	wod-kan gaz ciepłownictwo	Czeszów-Wierzchowice Gdańsk Gliwice Mysłowice Oława Strachocina-Pogórska Woła Warszawa
Sanimet Częstochowa www.sanimet.pl	11 250-3000 mm		6	wod-kan	Iława Płock Stalowa Woła Wałbrzych Warszawa Zabrze
Przedsiębiorstwo Budowlano-Melioracyjne TOLOS Żory www.tolos.pl				gaz ciepłownictwo	Gogolin Krobla-Odolanów Lewin Brzeski Opole Skarbimierz Zabrze-Bytom Zdzieszowice-Kędzierzyn

TAB. 3. | Potencjał wykonawczy wybranych podmiotów wiertniczych



DOKŁADNE WYMIARY ORAZ NIEZWYKŁA WYTRZYMAŁOŚĆ

RURY PRZECISKOWE Z POLIMEROBETONU DN250-DN3500

ODPORNE

Wysoka wytrzymałość
nawet w agresywnych
warunkach

WYTRZYMAŁE

Niezawodność nawet przy
największych obciążeniach
ściskających

KOMPLETNY SYSTEM

Rury przeciskowe, rury
odkrywkowe, studnie i zbiorniki
o dowolnych kształtach

Producent/Dostawca	Materiał	Zakres średnic DN [mm]	Zakres wysokości [mm]
HABA-Beton	żelbetowe	1200-3700	1000-3000 pojedynczy element
Berding Beton / Polimerobeton.pl	żelbetowe	2000-4000 oraz większe o przekroju prostokątnym	1500-3300 pojedynczy element
BEWA		1500-3200	do 3000
Meyer-POLYCRETE® / Polimerobeton.pl	polimerobetonowe	1600-3200	1500-3000 pojedynczy element
P.V. Prefabet	beton C35/45-C70/85	2000-3200	500-2900
KAPRIN	beton	2500	do 8000

TAB. 4. | Wybrani producenci studni zapuszczanych dla mikrotunelowania

Molewski, Abikorp, Sanimet, Tolos, Nawitel, PPI Chrobok, Denys, Borwiert. Deklarują one posiadanie kilku głowic mikrotunelowych, mogących obsłużyć najbardziej popularne średnice zabudowywanych kolektorów. Dostawcą większości sprzętu wiertniczego są firmy Herrenknecht i mts Perforator. Dominującymi rozwiązaniami są systemy wiertnicze z płuczkowym transportem urobku, co implikuje konieczność posiadania zestawu płuczkowego o przepustowości zgodnej z technologicznie uzasadnionym strumieniem przepływu. Wymagany minimalny wydatek cyrkulującej płuczki wzrasta wraz ze średnicą drążonego tunelu. W tab. 3. zestawiono możliwości sprzętowe wybranych firm wiertniczych działających na rynku polskim.

PROJEKTY W POLSCE

W ciągu ponad 20 lat ukończono ponad 100 istotnych projektów mikrotunelowych w zakresie średnic pomiędzy 400 a 3000 mm. Parametry projektów o sumarycznej długości przeciskanych odcinków powyżej 1 km

przedstawiono w tab. 5. Największa liczba istotnych projektów została zrealizowana w dużych miastach, takich jak: Warszawa, Wrocław, Poznań, Katowice, Kraków, Szczecin i Toruń.

Pierwsza historyczna realizacja projektu mikrotunelowego (DN1600) miała miejsce w Toruniu, gdzie pod zabytkowym parkiem i linią tramwajową wykonano instalację o łącznej długości blisko 1000 m. Warszawska firma Beta osiągnęła w najdłuższym odcinku 350 m. Wynik ten stał się pierwszym punktem odniesienia na liście rekordów mikrotunelowych. W latach 1999-2001 zrealizowano w Warszawie jeden z największych w tamtym czasie projektów mikrotunelowych w Europie. Najdłuższy odcinek przeciskanej rury o średnicy 2400 mm pomiędzy komorami liczył 475 m. W kolejnych latach (2004-2005) długość odcinka pomiędzy komorą startową a odbiorczą została jeszcze zwiększona i wyniosła 537 m (kolektor DN1600 w ul. Czerniakowskiej w Warszawie). Wynik ten został poprawiony o 6 m podczas budowy kolektora kanalizacyjnego E1.

Długość tunelu dla rury DN2000 osiągnęła wówczas 543 m. Rezultat ten przetrwał do 2010 r., kiedy to w ramach budowy instalacji zasilającej Oczyszczalnię Ścieków Czajka zbudowano kolektor w standardzie DN2800, a jeden z wykonywanych odcinków osiągnął 930 m. Projekt zdobył międzynarodowe uznanie i nagrodę przyznaną przez światową organizację ISTT. Wynik ten pozostał niepoprawiony do dnia dzisiejszego. Lista referen-

Szacuje się, że mikrotunelowanie może być konkurencyjne pod względem ekonomicznym w stosunku do konwencjonalnych metod układania instalacji, jeśli jej głębokość przekracza 5 m



GDMT Inżynieria Bezwykopowa
TRENCHLESS ENGINEERING

ZAMÓW PRENUMERATĘ

wystarczy wejść na naszą stronę

www.prenumerata.inzynieria.com



T O L O S



www.tolos.pl

MIKROTUNELOWANIE

DO ŚREDNICY 3000 MM

**TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE:
RENOWACJE W TECHNOLOGII RELININGU,
CIASNOPASOWANIA I KRAKINGU STATYCZNEGO
INŻYNIERIA WODNA I SANITARNA**

**USŁUGI GEOTECHNICZNE
BUDOWNICTWO DROGOWE I KOLEJOWE**

Przedsiębiorstwo
Budowlano-Melioracyjne
TOLOS Piotr Walczak
i wspólnicy sp. k.

ul. Kleszczowska 28, 44-240 Żory
tel/fax: +48 32 435 09 57
e-mail: tolos@tolos.pl

Rok realizacji	Firma wiertnicza	Lokalizacja Nazwa projektu	Inwestor	Aplikacja	Długość całkowita	Średnica	Najdłuższy odcinek	System mikrotunelowy	Rura
1998	Beta Warszawa	Toruń Kolektor A + B	Wodociągi Toruńskie	kolektor ogólnospławny	1000 m	DN1600	350 m	Soltau	HOBAS GRP
1999-2002	Hydrobudowa 9 Poznań	Warszawa al. Prymasa Tysiąclecia	MPWiK Warszawa	kolektor ogólnospławny	524 m 3485 m	DN1200 DN2400	475 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2000-2001	Hydrobudowa 9 Poznań	Zielona Góra	ZWiK Zielona Góra	kolektor ogólnospławny	818 m 270 m	DA1230 DA1100		Herrenknecht	HOBAS GRP
2002-2003	Beta Warszawa	Katowice Kolektor Wełnowiecki	Drogowa Trasa Średnicowa	kanalizacja	382 m 1030 m	DN1400 DN1600	296 m 362 m	Soltau	Betras żelbet
2002-2003	Hydrobudowa 9 Poznań	Poznań Kolektor Umultowski	Aquanet Poznań	kanalizacja	239 m 1480 m	DN500 DN800		Wamet Herrenknecht	KERAMO kamionka
2003-2005	Hydrobudowa 9 Poznań	Wrocław Kolektor Ślęza	MPWiK Wrocław	kolektor ogólnospławny	465 m 1939 m	DN900 DN1000		Herrenknecht	HOBAS GRP
2003-2006	Hydrobudowa 9 Poznań	Poznań Kolektory Górczyńskie	Aquanet Poznań	kolektor sanitarny i deszczowy	1359 m 601 m	DN800 DN1400		Herrenknecht	Betras, HABA-Beton żelbet
2004-2005	Hydrobudowa 9 Beta, Brochier	Warszawa Czerniakowska	MPWiK Warszawa	kanalizacja sanitarna	3712 m	DN1600	537 m	Soltau Herrenknecht	Betras żelbet
2004-2005	Ajmix Warszawa	Warszawa ul. Modlińska	MPWiK Warszawa	kolektor ogólnospławny	513 m 839 m	DN500 DN1000		Iseki Herrenknecht	Amitech Mayer poli-merobeton, GRP
2004-2005	Beta Warszawa	Poznań Kolektory Marcelińskie	Aquanet Poznań	kanalizacja	1413 m 144 m	DN1200 DN1600		Soltau	Betras żelbet
2004-2005	Hydrobudowa 9 Poznań	Poznań Żonkil (Geant)	Budowa centrum handlowego	kolektor deszczowy i sanitarny	840 m 1880 m 2368 m	DN600 DN800 DN1200		Herrenknecht	HOBAS, Betras GRP, żelbet
2005	Inkop Kraków Gildemeister	Wrocław Rondo Czekoladowe	MPWiK Wrocław	kanalizacja sanitarna	1002 m	DN600	170 m	Herrenknecht	KERAMO kamionka
2005	Beta Warszawa Inkop Kraków	Warszawa ul. Połczyńska	MPWiK Warszawa	kolektor ogólnospławny	1500 m	DN1400	348 m	Soltau Herrenknecht	Betonstal polimero-beton
2006	Inkop Kraków	Kraków ul. Weissa	MPWiK Kraków	kolektor ogólnospławny	1145 m	DN300- -600		Herrenknecht	KERAMO kamionka
2006-2008	Hydrobudowa 9 Poznań	Szczecin	Wodociągi Szczecińskie	kolektor deszczowy i sanitarny	3370 m	DN900- -1800		Herrenknecht	HABA-Beton żelbet
2006-2009	Hydrobudowa 9 PRG Metro Warszawa	Warszawa Kolektor E-1	MPWiK Warszawa	kanalizacja	3316 m	DN2000	543 m	Soltau Herrenknecht	HOBAS GRP
2007-2008	Inkop Kraków Gildemeister	Toruń Osiedle Wrzosy	Wodociągi Toruńskie	kolektory kanalizacyjne	900 m 1500 m	DN800 DN1600	244 m 327 m	Herrenknecht	Betras, Prefabet żelbet
2007-2008	Inkop Kraków	Toruń Kolektory Torunia Północnego	Wodociągi Toruńskie	kolektor deszczowy kolektor sanitarny	1381 m 1079 m	DN1600 DN800	330 m 244m	Herrenknecht	Prefabet żelbet

TAB. 5. | Projekty mikrotunelowe w Polsce o łącznej długości instalacji powyżej 1 km zrealizowane w latach 1998-2020

Rok realizacji	Firma wiertnicza	Lokalizacja Nazwa projektu	Inwestor	Aplikacja	Długość całkowita	Średnica	Najdłuższy odcinek	System mikrotunelowy	Rura
2007-2009	Inkop Kraków	Kraków Kolektor Dolnej Terasy Wisły	MPWiK Kraków	kolektor grawitacyjny	1835 m	DN1000	220 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2008-2009	Pol-Aqua Piaseczno	Warszawa Białołęka	Dom Development	kanal sanitarny	4988 m	DN800	120 m	Herrenknecht	Amitech, Mayer poli-merobeton
2008-2010	Inkop Kraków	Kraków DTW – etap III	MPWiK Kraków	kolektor	3263 m	DN800-1100	220 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2009	Inkop Kraków	Wrocław ul. Obornicka- Pełczyńska	MPWiK Wrocław	kanalizacja sanitarna	1590 m	DN500	120 m	Herrenknecht	KERAMO kamionka
2009	PPI Chrobok ZRI Chrobok	Wrocław Kolektor Ślęża	GDDKiA MPWiK Wrocław	kanalizacja sanitarna	1068 m	DN1600	240 m	Herrenknecht	Betonstal polimero- beton
2009	Pol-Aqua Piaseczno	Warszawa ul. Jana Kazimierza, ul. Notecka	MPWiK Warszawa	kolektor ogólnospławny	525 m 480 m 514 m	DN1000 DN1400 DN1600		Herrenknecht	HOBAS GRP
2009-2010	Sobet Brzeg	Wrocław ul. Graniczna	MPWiK Wrocław	kanalizacja sanitarna	1884 m	DN600	120 m	mts Perforator	KERAMO kamionka
2009-2010	Inkop Kraków	Olsztyn brzeg jeziora Track	UM Olsztyna	kanalizacja sanitarna	2327 m	DN500-1000	220 m	Herrenknecht	KERAMO kamionka
2009-2010	PRG Metro Warszawa	Olsztyn budowa systemu kana- lizacyjnego	UM Olsztyna	kanalizacja sanitarna	1358 m	DN800	119 m	Herrenknecht	KERAMO kamionka
2009-2011	PRG Metro Warszawa Hydrobudowa 9 Poznań	Warszawa kolektor do OŚ Czajka etap I	MPWiK Warszawa	kanalizacja	5714 m	DN2800	930 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2010	Geosa Hiszpania	Bydgoszcz	Gabierno del Polonia	kanalizacja	1138 m	DN600	150 m		HABA Beton żelbet
2010	Pol-Aqua Piaseczno	Warszawa Bemowo	MPWiK Warszawa	kolektor ogólnospławny	574 m 443 m	DN1200 DN1000			Amitech Polimero- beton
2010-2011	PRG Metro Warszawa	Kraków al. 29 listo- pada	MPWiK Kraków	kolektor sanitarny	1286 m	DN500		Herrenknecht	HOBAS GRP
2010-2012	PRG Metro Warszawa	Pruszków ul. Błomska i ul. Akacyjowa	MPWiK Warszawa	kanalizacja ściekowa	1714 m	DN800		Herrenknecht	KERAMO kamionka
2011	Microtunneling Partner	Puszcza Zielonka Swarzędz	Związek Międzygmin- ny + Aquanet	kanalizacja sanitarna	2300 m	DN300		mts Perforator	KERAMO kamionka
2011	Pol-Aqua Warszawa	Katowice Gigablok V-IX	KIWK Katowice	kanalizacja ogólnospławna	2082 m	DN600-1400		Herrenknecht	Amitech polimero- beton
2011	Sanimet Częstochowa	Gdańsk PGE Arena	GIK Hydrobudowa Gdańsk	kanalizacja deszczowa	1674 m	DN1600	282 m	Herrenknecht	Amitech polimero- beton

TAB. 5 cd. | Projekty mikrotunelowe w Polsce o łącznej długości instalacji powyżej 1 km zrealizowane w latach 1998-2020

Rok realizacji	Firma wiertnicza	Lokalizacja Nazwa projektu	Inwestor	Aplikacja	Długość całkowita	Średnica	Najdłuższy odcinek	System mikrotunelowy	Rura
2011-2012	Pol-Aqua Warszawa	Warszawa Kolektor W Wawer	MPWiK Warszawa	kanalizacja sanitarna	457 m 1294 m 3757 m 508 m	DN800 DN1000 DN1400 DN1600	140 m 220 m 240 m 200 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2011-2012	Inkop Kraków	Katowice MCK, al. Rożdżeńskie	UM Katowice	kolektor deszczowy	1427 m	DN1200	190 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2010-2012	Pol-Aqua Warszawa	Poznań Kolektor Prawobrzeżny	Aquanet Poznań	kolektor sanitarny	3517 m	DN1200-2400		Herrenknecht	HOBAS HABA Beton
2012	Sanimet Częstochowa	Mikołów Centrum ul. Rybnicka	ZIM Mikołów	kanalizacja deszczowa	1280 m	DN1000	240 m	Herrenknecht	KERAMO kamionka
2011-2013	PPI Chrobok Bojszowy Nowe	Wrocław Opatowice	MPWiK Wrocław	wodociąg	2127 m	DN800	150 m	Herrenknecht	Ferrum stal
2012-2013	Inkop Kraków	Warszawa Trakt Lubelski	MPWiK Warszawa	kanalizacja sanitarna	1501 m	DN400-800	160 m	Herrenknecht	HOBAS GRP
2013-2014	Inkop Kraków	Ciechanów ul. Fabryczna-Sienkiewicza	ZWiK w Ciechanowie	kolektor sanitarny	1910,5 m	DN800		Herrenknecht	
2013-2014	Inkop Kraków	Warszawa Targówek Trasa Armii Krajowej	MPWiK Warszawa	kolektor sanitarny	1478 m	DN800		Herrenknecht	KERAMO kamionka
2014-2015	Lintor, PRG Metro, PPI Chrobok	Kraków ul. Glogera ul. Obozowa	MPWiK Kraków	kolektor sanitarny	1359 m	DN600			KERAMO kamionka
2014-2015	Abikorp Warszawa	Warszawa Kolektor Burakowski-Bis	MPWiK Warszawa	kanalizacja	3217 m	DN3000	613 m	mts Perforator	HOBAS GRP
2014-2015	Molewski Włocławek	Gdańsk Kolektor WM-1	GIWK	kanalizacja	1723 m 495 m	DN1800 DN800	350 m	Herrenknecht	beton
2015	Inkop Kraków Elgrunt	Gdańsk Kolektor Zarosłak	GIWK	kolektor sanitarny	1526 m	DN1000	140 m	Herrenknecht	Prefabet żelbet
2016	PPI Chrobok Bojszowy Nowe	Czeszów-Wierzchowice	Gaz-System Warszawa	gazociąg wysokiego ciśnienia	1160 m DP	DN700 DP	700 m DP	Herrenknecht DP	stal
2016-2019	Inkop Kraków	Łódź	ŁSI	kanalizacja sanitarna	2400 m	DN700 DN800		Herrenknecht	kamionka żelbet
2017	Sanimet Częstochowa WUPRINŻ	Poznań Kolektor Junikowski	Aquanet Poznań	rurociąg tłoczny kolektor sanitarny	2520 m 389 m	DN700 DN1400		Herrenknecht	GRP
2018-2019	PPI Chrobok Bojszowy Nowe	Strachocina-Pogórska Wola	Gaz-System Warszawa	gazociąg wysokiego ciśnienia	3979 m DP	DN700 DP	630 m DP	Herrenknecht DP	stal
2019	DENYS	Tworóg-Tworzeń	Gaz-System S.A.	rura osłonowa	1055 m	DN1400	255 m	Herrenknecht	Meyer-POLYCRETE® GmbH / polimerobeton PRC-TC

TAB. 5 cd. | Projekty mikrotunelowe w Polsce o łącznej długości instalacji powyżej 1 km zrealizowane w latach 1998-2020

cyjnych projektów o najwyższym poziomie wskaźnika HDI (*Hole Difficulty Index*) została zaprezentowana w tab. 6.

KONDYCJA RYNKU

Zdaniem niektórych podmiotów wiertniczych rynek pozostawał w ostatnich latach na średnim poziomie, mając na uwadze dostępne możliwości wykonawcze. Tym niemniej, mikrotunelowanie nieustannie ewoluuje zarówno pod względem kompetencyjnym, jak i technologicznym. Istnieje znaczny i niewykorzystany potencjał w przy-

padku realizacji długich odcinków pomiędzy komorami roboczymi. Istnieje też coraz lepsze zrozumienie dla projektów realizowanych w złożonych warunkach geologicznych. Jak wynika z wypowiedzi firm wiertniczych, inwestorzy projektów cenią sobie bardzo przewidywany czas realizacji zadania, możliwość podtrzymania intensywnego ruchu drogowego w sąsiedztwie prowadzonych robót, prowadzenie działań wiertniczych bez konieczności obniżania wód gruntowych wzdłuż trasy tunelowania.

NOWE ROZWIĄZANIA TECHNOLOGICZNE

Jak wynika z przeprowadzonych ankiet, do największych działań innowacyjnych wprowadzonych w Polsce w latach 2014–2020 należy zaadaptowanie metod hybrydowych (DirectPipe i System 2) do budowy instalacji gazowych i wod-kan. Zakres stosowania metod hybrydowych

został poszerzony o potencjalne aplikacje rur stalowych 28" (DN700). Było to możliwe dzięki zmianie koncepcji transportu urobku w rurociągach. Rozwiązania typowe dla rur z zakresu 40–56" zostały zastąpione pompą strumieniową zestawioną z małogabarytowym agregatem hydraulicznym. Obecnie trwają przygotowania do realizacji pierwszych tego typu przekroczeń w ramach budowy magistrali gazowej Polska–Litwa w standardzie DN700. Zdaniem firmy Herrenknecht rozwiązanie to może być zastosowane także w mikrotunelowaniu dla średnic poniżej 1000 mm, doprowadzając do istotnego zwiększenia zakresu długości pojedynczych sekcji przeciskanych rur.

NOWE IDEE KORZYSTNIE WPŁYWAJĄCE NA RYNEK

W związku z obserwowanymi w ostatnim okresie zmianami klimatu, zwiększeniem

W Polsce historia praktycznych aplikacji mikrotunelowych rozpoczęła się w roku 1998



INŻYNIERIA BEZWYKOPOWA

Steinzeug-Keramo, przedsiębiorstwo spółki Wienerberger AG, jest dostawcą rozwiązań w zakresie zrównoważonej gospodarki wodno-ściekowej. Jako średniej wielkości firma z wieloletnim doświadczeniem, oferujemy naszym partnerom doświadczenie w produkcji, montażu i eksploatacji systemów wodno-ściekowych.

Produkujemy rury, studnie, kształtki i akcesoria najwyższej jakości oraz specjalizujemy się w całkowitej lub częściowej renowacji kanałów i studni – w trosce o bezpieczną, niezawodną i ekonomiczną eksploatację przez wiele pokoleń.



Odwiedź naszą stronę internetową:
www.steinzeug-keramo.com

HDI	Firma	Rurociąg	Długość otworu	Projekt	Lokalizacja	Aplikacja	Rok	System
104.160	Hydrobudowa 9 PRG Metro	GRP DN2800	930 m	Czajka	Warszawa	kanalizacja	2010	Herrenknecht
94.080	Hydrobudowa 9 PRG Metro	GRP DN2800	840 m	Czajka	Warszawa	kanalizacja	2010	Herrenknecht
73.560	Abikorp	GRP DN3000	613 m	Kolektor Burakowski	Warszawa	kanalizacja	2014	mts Perforator
58.320	Abikorp	GRP DN3000	486 m	Kolektor Burakowski	Warszawa	kanalizacja	2014	mts Perforator
58.038	Hydrobudowa 9 PRG Metro	GRP DN2800	539 m	Czajka	Warszawa	kanalizacja	2010	Herrenknecht
49.200	Abikorp	GRP DN3000	410 m	Kolektor Burakowski	Warszawa	kanalizacja	2014	mts Perforator
45.600	Hydrobudowa 9	GRP DN2400	475 m	al. Prymasa Tysiąclecia	Warszawa	kanalizacja	2000	Herrenknecht
44.160	Abikorp	GRP DN2400	460 m	Miasto	Rzeszów	kanalizacja	2010	mts Perforator
43.440	Hydrobudowa 9	GRP DN2000	543 m	Kolektor E-1	Warszawa	kanalizacja	2006 2008	Herrenknecht
35.200	PRG Metro	GRP DN2000	440 m	Kolektor E-1	Warszawa	kanalizacja	2007 2009	Herrenknecht / Soltau

TAB. 6. | Zestawienie 10 projektów mikrotunelowych o najwyższym wskaźniku HDI zrealizowanych w Polsce

intensywności deszczy nawalnych, możemy przewidywać wyższe zainteresowanie budową kolektorów deszczowych o dużych średnicach (od DN1600 wzwyż). Istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że zwiększenie średnicy kolektorów ogólnospławnych oraz budowa kolektorów i zbiorników burzowych (tzw. retencja) wpisze się na stałe w plany rozwoju sieci kanalizacyjnych dużych aglomeracji.

PERSPEKTYWA DLA RYNKU W CZASACH COVID-19

Na potrzeby tego opracowania sprawdziliśmy również, czy sytuacja związana z trwającą od stycznia pandemią wpłynęła na produkcję, dostawy oraz zapotrzebowanie na sprzęt wiertniczy i rury. Wszystkie firmy podkreślają, że miała nieznaczny wpływ na ich działania. Głównie przekładały się one na zmianę organizacji funkcjonowania, jednak sytuacja pandemiczna nie wpłynęła na wielkość produkcji. Niektórzy producenci wskazują na krótkookresowe utrudnienia związane z dostawami, szczególnie tymi za-

granicznymi, co wynikało z obostrzeń wprowadzonych na granicach. Niemniej jednak kwestie logistyczne zostały sprawnie oprowadzone, dostawy w niektórych przypadkach w ogóle nie zostały zaburzone, w innych notowano niewielkie opóźnienia. Przerwy w działaniu operacyjnym firm nie przekraczały 30 dni. Natomiast jeden z kontraktorów wiertniczych stwierdził, że wzrosły diametralnie koszty działania w firmach, które wynikają z pogorszenia się płynności finansowej na szczeblu generalnych wykonawców inwestycji oraz w związku z obostrzeniami narzuconymi przez rząd.

NAGRODY TYTAN

Wskaźnikiem kondycji rynku mikrotunelowego w Polsce i w Europie mogą być nagrody i wyróżnienia przyznane projektom zrealizowanym w tej technice. Magazyn „Inżynieria Bezwykopowa” od 2003 r. jest fundatorem nagrody Tytan w kilku kategoriach. Dwie najbardziej reprezentatywne dla naszej analizy nagrody to: Projekt Roku – Nowa Instalacja oraz Europejski Projekt Roku. W pierwszej

kategori rywalizują tylko projekty związane z nowymi instalacjami. W latach 2003–2019 przyznano w sumie 16 nagród (w 2008 r. nie wyłoniono laureata). Projekty mikrotunelowe zdobyły łącznie 10 nagród (62% ogólnej liczby) i 34 nominacje (45%). Dominacja mikrotunelowania widoczna była zwłaszcza do roku 2012, kiedy to technika ta zdobyła wszystkie tytuły w kategorii Projekt Roku – Nowa Instalacja. Od roku 2013 ciężar przechylił się w stronę techniki alternatywnej (HDD), która wygrała w sześć na siedem konkursów. Ostatnie wyróżnienie dla projektu mikrotunelowego zostało przyznane w 2015 r. Z kolei kategoria Europejski Projekt Roku umożliwia nominację projektów zarówno dotyczących budowy, jak i rehabilitacji. W latach 2004–2019 przyznano łącznie 16 nagród. Projekty mikrotunelowe wygrywały konkurs czterokrotnie (25%), ostatni raz w 2016 r. W jednym przypadku nagrodą wyróżniono projekt aplikujący jednocześnie HDD i mikrotunelowanie. Dwukrotnie nagrodę Tytan przyznano wykonawcy projektu zrealizowanego w technice hybrydowej Direct Pipe.

PODSUMOWANIE

Mikrotunelowanie jest powszechnie uznawane za jedną z najbardziej skutecznych i bezpiecznych metod instalacji podziemnych rurociągów. Od debiutu techniki w Polsce minęło ponad 20 lat. Techniczna nowinka przekształciła się w narzędzie codziennej pracy o coraz doskonalszej postaci. Instalacje mikrotunelowe poza dużymi miastami spotyka się obecnie także w mniejszych ośrodkach. Inwestorami zostają nie tylko przedsiębiorstwa wod-kan budujące kolektory grawitacyjne o dużych średnicach. Mikrotunelowanie znalazło uznanie przy budowie instalacji ciśnieniowych, w tym gazociągów o średnicach od 500 do 1000 mm. Przed nami (w najbliższych miesiącach) ciekawe inwestycje mikrotunelowe w Warszawie. Do wykonania zaplanowano strategiczne dla miasta kolektory: Lindego-Bis, Wiślany oraz Mokotowski-Bis. Także gazociąg morski Baltic Pipe przekroczy linię brzegową dzięki mikrotunelowaniu. Sektor gazowy przyjął tę bezwykopową technikę jako użyteczne i ekonomiczne narzędzie w zakresie budowy rurociągów. Udana realizacja projektu mikrotunelowego wymaga dobrej współpracy inwestora, projektanta i firmy wiertniczej. Wymaga też dobrego przygotowania i zarządzania projektem w obszarze zakresu prac, organizacji zasobów, harmonogramu, budżetu, ryzyka i jakości. Wspomniane w tekście techniki hybrydowe reprezentowane w Polsce przez DirectPipe i System 2 zostaną szczegółowo omówione w artykule zaplanowanym na jesień 2020 r. |

LITERATURA

- [1] Ankiety wypełnione przez firmy wiertnicze, dostawców sprzętu i materiałów dla mikrotunelowania.
- [2] Breig U.: Latest Achievements in Microtunneling: Progress by experience and Innovation. Dubai, 2019.
- [3] Japan Microtunneling Association: Microtunneling Compendium.
- [4] Kilduff T.M.: The Planning, Construction of Microtunneling Projects. Trenchless Technology. March, 2017.
- [5] Kośmider P., Osikowicz R.: Rury w technologiach przeciskowych i mikrotunelowych. Inżynieria Bezwykopowa 5/2009.
- [6] Linde L.: Trenchless technologies for Small Diameter Tunnels. Bergen, 2016.
- [7] Madryas. C., Kolonko A., Wysocki L.: Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2002.
- [8] Najafi M.: Trenchless Technology. Planning, Equipment and Methods. McGraw-Hill, 2013.
- [9] Nicholas P.: Large Diameter Trenchless Pipeline Construction. AECOM, 2016.
- [10] Osikowicz R.: Rury dla technik przeciskowych. Inżynieria Bezwykopowa, 1/2013.
- [11] Osikowicz R., Kośmider P., Sumara A.: Przegląd rynku mikrotunelowego 2008. Inżynieria Bezwykopowa 3/2008.
- [12] Osikowicz R.: Przegląd rynku mikrotunelowego – 15 lat technologii w Polsce. Inżynieria Bezwykopowa 3/2013.
- [13] Salem D., Hegab M.: Risk Level Problems Affecting Microtunneling Projects Installation. Canadian Journal of Civil Engineering, August 2017.
- [14] Sterling R.: Development and Research Directions in Pipe Jacking and Microtunneling. Underground Space Magazine vol. 5/2020.
- [15] Strony internetowe firm produkujących sprzęt wiertniczy: Akkerman, Herrenknecht, Iseki Microtunneling, mts Perforator, Robbins, Terratec.
- [16] Strony internetowe firm produkujących rury przeciskowe: Amiblu Poland, Betonstal, HABA-Beton, Meyer, P.V. Prefabet, Steinzeug-Keramo.
- [17] TBM: Building Big With Microtunneling. Tunnel Business Magazine, May 2019.

INKOP
ul. Komuny Paryskiej 5, 30-389 Kraków
tel.: +48 12 262 14 41, fax: +48 12 262 41 32
e-mail: inkop@inkop.pl, www.inkop.pl

**PROFESJONALNY WYKONAWCA
MIKROTUNELI O ŚREDNICY DO 3500mm
I PRECYZYJNYCH PRZEWIERTÓW DO DN 1300mm
W EKSTREMALNYCH WARUNKACH
GRUNTOWO – WODNYCH**

Przecisk pneumatyczny o średnicy do 2100mm
Ścianki szczelne, igtofiltry

GDMT Inżynieria Bezwykopowa

ZAMÓW PRENUMERATĘ
wystarczy wejść na naszą stronę
www.prenumerata.inzynieria.com