

# Perspektywy globalnego wpływu technologii bezwykopowych na rozwój gospodarczy

■ **prof. dr inż. Samuel T. Ariaratnam**, kierownik Katedry Inżynierii Budowlanej, Uniwersytet Stanu Arizona, Tempe, USA; prezes Międzynarodowego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych



**Stan infrastruktury podziemnej miast na świecie budzi niepokój ze względu na jego gwałtowne pogarszanie się, co stwarza potencjalne zagrożenia. Dekapitalizacja sieci wodociągowej niesie ryzyko zanieczyszczenia wody pitnej, a uszkodzone sieci kanalizacyjne stanowią potencjalne zagrożenie dla środowiska. Niestety, na świecie występuje ogólny niedobór środków finansowych na odnowę i naprawę infrastruktury miejskiej. W rezultacie właściciele infrastruktury podziemnej, starając się zmniejszać wydatki, stoją przed trudnym zadaniem poszukiwania strategii i technologii, które mogą przynieść oszczędności.**

Obecnie można zauważyć wzrost popularności technologii bezwykopowych. W artykule omówiono aktualne oraz przyszłe globalne trendy dotyczące technologii bezwykopowych, z uwzględnieniem wybranych projektów i zastosowań.

## 1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa użyteczności publicznej oraz rządy państw stoją obecnie w obliczu ważnego zadania odnowy i rozbudowy infrastruktury podziemnej (przewodów telekomunikacyjnych, gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych oraz ropociągów). Koszty związane z usuwaniem awarii oraz tzw. koszty społeczne mogą być dość wysokie w porównaniu z okresową konserwacją i naprawą. Rycina nr 1 przedstawia skutki zawalenia się przewodu wodociągowego w 2008 r. w Cleveland w stanie Ohio. Dostępność wody pitnej oraz urządzeń sanitarnych ma szczególne znaczenie dla stabilności społecznej. Statystyki pochodzące z artykułu opublikowanego w 2007 r. w czasopiśmie "Underground Infrastructure Management" są alarmujące: 2,2 mln ludzi umiera rocznie z powodu skażenia wody, pięć razy więcej dzieci umiera z powodu zanieczyszczonej wody oraz nieodpowiednich warunków sanitarnych niż z powodu AIDS, 1,1 mld lub jedna osoba na sześć nie ma dostępu do wody zdanej do spożycia, na całym świecie straty wody pitnej spowodowane nieszczelnościami w przewodach wynoszą 4 l na osobę dziennie, w USA 30–40% wody pitnej wycieka z nieszczelnych przewodów zanim dotrze do gospodarstw domowych.

Największe problemy związane z brakiem bieżącej wody i kanalizacji napotykać kraje rozwijające się. Zgodnie z raportem programu Narodów Zjednoczonych ds. osiedli ludzkich, odsetek gospodarstw domowych z dostępem do

wodociągu lub bieżącej wody na terenie posesji lub dostępu do kanalizacji generalnie zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się wielkości miasta. Jest to z pewnością poważny problem dla obszarów gęsto zaludnionych, np. São Paulo, Szanghaj czy Bombaj. Instytucje finansowe, takie jak Bank Światowy, Azjatycki Bank Rozwoju i Japoński Bank Współpracy Międzynarodowej, zapewniają wsparcie, bardzo potrzebne do zainicjowania rozwoju infrastruktury. Odnowa infrastruktury wodociągowej i ściekowej, jak również budowa nowych rurociągów muszą również nieść ze sobą pewną formę budowy potencjału, który umożliwi lokalnym wykonawcom zdobywanie wiedzy na temat dalszego udoskonalania infrastruktury.

Celem nadrzędnym jest poszukiwanie realnych technologii umożliwiających zmniejszenie kosztów i zapewnienie korzyści środowiskowych. Instalacja, kontrola, naprawa i wymiana urządzeń podziemnych wykonywana jest tradycyjnie, przez wykorzystanie technologii budowlanych opartych na wykopach. Tego typu prace są często drogie, szczególnie w zatłoczonych miastach. W celu osiągnięcia wymaganej głębokości wykonawcy muszą ostrożnie wykonywać roboty wykopowe, aby nie uszkodzić istniejącej infrastruktury podziemnej, co z kolei spowalnia pracę. Dodatkowe koszty są zazwyczaj związane z odtworzeniem nawierzchni ulicznych, chodników, roślinności oraz naprawami wynikającymi z osiadania terenu. Oprócz tych kosztów prace wykopowe generują również tzw. koszty społeczne, spowodowane utrudnieniami w ruchu czy negatywnym wpływem na przedsiębiorstwa działające w okolicy [5].

Rozwiązaniem tych problemów jest przyjęcie zrównoważonych i oszczędnych strategii rozwoju. Stosowanie innowacyjnych materiałów oraz technologii budow-



Ryc. 1. Zawalenie się przewodu wodociągowego w Cleveland w stanie Ohio

lanych przynosi szereg korzyści. Obecnie wykorzystanie technologii bezwykopowych wzrasta w dość szybkim tempie, ponieważ inżynierowie oraz rządy państw planują wdrażanie najnowocześniejszych technik budowy infrastruktury podziemnej. Technologie bezwykopowe można zdefiniować jako grupę technologii, materiałów oraz niezbędnych narzędzi i maszyn, które wykorzystywane są do budowy nowych lub odnowy istniejących przewodów podziemnych, z minimalizacją lub całkowitym wyeliminowaniem robót ziemnych.

## 2. Historia technologii bezwykopowych

Szerokie stosowanie bezwykopowej budowy, napraw lub wymiany infrastruktury podziemnej rozpoczęło się stosunkowo niedawno. Jednak początek wdrażania technik bezwykopowych sięga 1860 r., kiedy to spółka budująca linię kolejową Northern Pacific Railroad zapoczątkowała wykorzystanie przecisków hydraulicznych. W latach 30. ubiegłego wieku przy pomocy tej technologii wbudowane zostały żelbetowe rury o średnicach w przedziale od 1070 mm do 1830 mm. Następnie zaczęto stosować inne technologie bezwykopowej budowy,

Tab. 1. Rozwój technologii bezwykopowych w porządku chronologicznym

Technologia	Rok wprowadzenia	Kraj
Przeciski hydrauliczne ( <i>pipe jacking</i> )	1860	USA
Przeciski hydrauliczne sterowane z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym ( <i>auger boring</i> )	1940	USA
Przeciski pneumatyczne przebijałkami tzw. kretem ( <i>impact moling</i> )	1962	Niemcy
Horyzontalne przewiertki sterowane (HDD)	1971	USA
Utwardzane powłoki żywiczne (CIPP)	1971	Wielka Brytania
Mikrotunelowanie ( <i>microtunneling</i> )	1973	Japonia
Bezwykopowa wymiana przewodów z pozostawieniem zniszczonego starego przewodu w gruncie ( <i>pipe bursting</i> )	1981	Wielka Brytania
Pneumatyczne wbijanie rur stalowych ( <i>pipe ramming</i> )	lata 80.	USA
Przeciski sterowane poprzez zagęszczanie gruntu przebijałkami pneumatycznymi, tzw. kretem ( <i>guided moles</i> )	lata 90.	Niemcy
Dwuetałowe przeciski hydrauliczne z laserowym systemem sterowania i kontroli ( <i>pilot tube microtunneling</i> )	1995	Niemcy
Przeciski hydrauliczne z napędem bezpośrednim głowicy rozwierającej ( <i>axis vacuum microtunneling</i> )	2008	Australia / USA

w tym przeciski hydrauliczne sterowane z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym (*auger boring*, 1940), przeciski pneumatyczne przebijałkami, tzw. kretem (*impact moling*, 1962), horyzontalne przewiertki sterowane (HDD, 1971), mikrotunelowanie (*microtunneling*, 1973) oraz technologię bezwykopowej wymiany przewodów z pozostawieniem zniszczonego starego przewodu w gruncie (*pipe bursting*, 1981) [1]. Tabela 1 przedstawia rozwój technologii bezwykopowych w porządku chronologicznym. Wszystkie przedstawione technologie są obecnie stosowane w skali globalnej.

### 3. Przegląd rynków globalnych

Poniższy rozdział stanowi przegląd niektórych działań związanych z wykorzystaniem technik bezwykopowych na świecie. Zostały tu omówione wybrane projekty realizowane w Ameryce Południowej, Ameryce Północnej, Australii, Europie, Afryce, na Bliskim Wschodzie i w Azji.

#### 3.1. Ameryka Południowa

W wyniku budowy nowej infrastruktury, a zwłaszcza ropociągów i gazociągów, na kontynencie południowoamerykańskim nastąpiła ekspansja technik bezwykopowych. Rurociągi mają kluczowe znaczenie dla przyszłego wzrostu gospodarczego w tym regionie, który pretenduje do miana ośrodka surowców energetycznych. Gospodarka Brazylii, największego kraju w Ameryce Południowej, jest jedną z najbardziej samowystarczalnych na świecie. Dzięki obfitości zasobów naturalnych kraj ten sięga po złoża ropy naftowej i gazu ziemnego

oraz buduje obecnie tysiące kilometrów rurociągów do transportu tych mediów. W związku z tym wykorzystanie dużych wiertnic do horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD) gwałtownie wzrosło. Innymi wykorzystywanymi technologiami bezwykopowymi są przeciski hydrauliczne sterowane, z transportem urobku przenośnikiem ślimakowym (*auger boring*) oraz bezwykopowa wymiana (*pipe bursting*). Przykładem może być tu projekt Petrobras' Gastau, który obejmował wybudowanie 97 km gazociągu o średnicy 711 mm pomiędzy São Paulo i Rio de Janeiro. Do pokonania licznych przeszkód, które znajdowały się na trasie gazociągu, zastosowano technologię przecisków hydraulicznych sterowanych (*auger boring*). Program odnowy przewodów wodociągowych w mieście Campinas obejmował wymianę 2,4 km rur żeliwnych przy pomocy technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*). Rycina 2 przedstawia inkrustację w istniejącym przewodzie wodociągowym z rur żeliwnych, natomiast typowy przykład zastosowania technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*) w Brazylii pokazano na rycinie 3. Koszt projektu z zastosowaniem technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*) był minimalny w porównaniu z kosztami związanymi ze stratami wody z istniejącej infrastruktury. Kolumbia jest wschodzącym rynkiem w Ameryce Południowej. Obecnie realizowane są w Bogocie oraz Medellin liczne projekty infrastrukturalne z zastosowaniem technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD), mikrotunelowania oraz technologii utwardza-



Ryc. 2. Inkrustacja żeliwnego przewodu wodociągowego o średnicy 100 mm w Campinas w Brazylii

Ryc. 3. Wymiana przewodu wodociągowego w Brazylii za pomocą technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*)

nych powłok żywicznych (CIPP). Oczekuje się, że wykorzystywanie technologii bezwykopowych w Ameryce Południowej będzie wzrastać, ponieważ dąży się tam do poprawy jakości infrastruktury komunalnej oraz efektywnego wykorzystywania zasobów energetycznych.

#### 3.2. Ameryka Północna

Działania związane z infrastrukturą podziemną w Ameryce Północnej można uogólnić jako budowę nowych przewodów na zachodzie oraz odnowę istniejącej infrastruktury na wschodzie. Wszystkie technologie bezwykopowe są tam wykorzystywane wraz z technologiami horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD) oraz utwardzanych in situ powłok żywicznych (CIPP), które są stosowane najczęściej. Rycina 4 przedstawia bezwykopową odnowę przewodu kanalizacyjnego w Las Vegas w stanie Nevada przy użyciu technologii CIPP. Większość projektów z zastosowaniem technologii HDD związana jest z inwestycjami na rynkach telekomunikacyjnym oraz dystrybucji gazu i ropy naftowej, natomiast większość inwestycji związanych z odnową przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych przeprowadza się za pomocą technologii CIPP. Stan Teksas oraz kanadyjska prowincja Alberta są obecnie miejscami wzmoczonej aktywności w zakresie sto-





Ryc. 4. Bezwykopowa odnowa przewodu kanalizacyjnego w Las Vegas w stanie Nevada przy użyciu technologii utwardzanych powłok żywicznych (CIPP)



Ryc. 5. Budowa wodociągu w Nowej Zelandii przy użyciu technologii HDD



Ryc. 6. Odnowa przewodu kanalizacyjnego w Helsinkach w Finlandii przy użyciu technologii CIPP

sowania technologii HDD. Budowane są tam ropociągi oraz gazociągi. Technologie bezwykopowe są częściej stosowane do odnowy przewodów kanalizacyjnych niż przewodów wodociągowych. Oczekuje się jednak, że wykorzystanie technik bezwykopowych w sieciach wodociągowych również wzrośnie ze względu na wzmocniony popyt i wprowadzenie nowych technologii oraz materiałów. Na przykład, kanadyjskie miasto Montreal odnotowało 60 mln USD oszczędności dzięki wykorzystaniu technologii CIPP do odnowy 36,6 km przewodów wodociągowych w latach 2008 i 2010. Inne duże projekty w Ameryce Północnej obejmują projekt odnowy kanalizacji w Honolulu o wartości 516 mln USD, projekt mający na celu uszczelnienie kanalizacji w Nowym Orleanie (196 mln USD), a także projekt z zastosowaniem mikrotunelowania (56 mln USD), będący częścią programu poprawy jakości systemu wodociągowego San Francisco.

### 3.3. Australia i Oceania

Rynek technologii bezwykopowych na obszarze Australii i Oceanii obejmuje różnego rodzaju inwestycje wodociągowe, kanalizacyjne, telekomunikacyjne, ropociągowe oraz gazociągowe. Technologie HDD oraz odnowy liniowej są powszechnie stosowane w Australii i Nowej Zelandii. W ciągu ostatnich kilku lat technologia HDD była wykorzystywana do realizacji wielu inwestycji wodociągowych zarówno w Australii, jak i w Nowej Zelandii. Rycina 5 przedstawia wykorzystanie technologii HDD podczas budowy nowego wodociągu o średnicy 200 mm na północ od Auckland w Nowej Zelandii. W zachodniej Australii tendencją do korzystania z technologii bezwykopowych w górnictwie potwierdza realizacja projektu o wartości 10,9 mln USD, którego celem jest odnowa rurociągów górniczych przy pomocy technologii CIPP. Oczekuje się, że dzięki

silnej gospodarce australijskiej w ciągu następnej dekady wykorzystanie technologii bezwykopowych w tym regionie będzie wzrastać.

### 3.4. Europa

Europa jest najgęściej zaludnionym kontynentem, dlatego technologie bezwykopowe są często jedynym sposobem na zaspokojenie potrzeb związanych z budową, modernizacją i utrzymaniem infrastruktury podziemnej. Aktualnie realizowane są milionowe kontrakty, których celem jest poprawa jakości przewodów kanalizacyjnych oraz systemów dystrybucji wody. Na przykład, brytyjskie przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji Thames Water jest obecnie zaangażowane w program modernizacji wodociągów i kanalizacji, o wartości 5 mld £. Znaczna część tej modernizacji jest wykonywana przy pomocy technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*) oraz odnowy liniowej. Rycina 6 przedstawia odnowę przewodu kanalizacyjnego w technologii CIPP wykonaną w Helsinkach w Finlandii. Technologia HDD jest wykorzystywana w Rosji podczas prowadzenia głównych projektów naftowych i gazowych, natomiast w Holandii, Danii i Czechach stosowana jest ostatnio technologia przecisków hydraulicznych (*pipe jacking*). W Niemczech realizowane są obecnie liczne projekty dotyczące różnych technologii z zastosowaniem odnowy liniowej, a także budowane są nowe przewody z wykorzystaniem technologii HDD oraz mikrotunelowania. Natomiast w całej Europie prowadzone są liczne projekty z wykorzystaniem odnowy liniowej oraz technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*). Bank Światowy zapewnił finansowanie inwestycji polegającej na odnowie infrastruktury kanalizacyjnej, uszkodzonej podczas wojny w Sarajewie, w wysokości 35 mln USD. Dziś podobne inwestycje w Europie Wschodniej spowodowały szybki rozwój w takich

krajach, jak Polska, Bułgaria, Rumunia i Węgry.

Jednym z głównych wyzwań stojących przed rozwojem infrastruktury podziemnej w Europie jest brak odpowiedniego sprzętu do lokalizacji istniejących elementów uzbrojenia podziemnego. W ciągu ostatnich kilku lat na brytyjskich uniwersytetach prowadzone były badania finansowane przez rząd, których celem jest opracowanie specjalistycznego sprzętu do mapowania przestrzeni podziemnych [3]. Wyniki tych badań powinny być przydatne do lokalizowania i nanoszenia na mapy istniejących przewodów, tym samym zmniejszając ryzyko napotkania nieznanego uzbrojenia podziemnego.

### 3.5. Afryka

Afryka jest nadal najbiedniejszym i najsłabiej rozwiniętym kontynentem na świecie. Niedostatek wody pitnej i odpowiednich urządzeń sanitarnych to krytyczne kwestie, z którymi boryka się ten kontynent. Obecnie brakuje tam ok. 35 mld USD rocznie na inwestycje infrastrukturalne, co jest poważną przeszkodą dla wzrostu gospodarczego i zrównoważonego rozwoju. Dlatego istotne jest korzystanie z innowacyjnych materiałów i technologii w celu zminimalizowania tego problemu. Wśród wszystkich państw afrykańskich, Egipt i RPA to kraje, w których przeprowadzono większość inwestycji z wykorzystaniem technologii bezwykopowych. W Egipcie zrealizowano liczne projekty z użyciem mikrotunelowania w celu polepszenia stanu infrastruktury wodno-ściekowej. W RPA stosowano natomiast technologie mikrotunelowania, HDD, bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*) oraz CIPP. W Durbanie zrealizowano ostatnio projekt wymiany rur azbestowo-cementowych o wartości 205 mln USD, obejmujący zastąpienie 1750 km przewodów wodociągowych za pomocą technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*). Natomiast w Jo-

hannenburgu, w czasie trwania projektu o wartości 1,7 mln USD, zastosowano technologię HDD podczas budowy tunelu wieloprzewodowego, prowadzącego przewody światłowodowe, kable elektryczne oraz przewód wodociągowy. Inicjatywy edukacyjne oraz zewnętrzne finansowanie w rozwój infrastruktury są kluczowe dla rozwoju technologii bezwykopowych w Afryce.

### 3.6. Bliski Wschód

Wśród krajów bliskowschodnich bogate kraje Zatoki Perskiej, takie jak Bahrajn, Arabia Saudyjska, Zjednoczone Emiraty Arabskie, Katar i Kuwejt, są tymi, które cierpią najbardziej z powodu niedoboru opadów atmosferycznych, dlatego w państwach tych istnieją największe możliwości rozwoju infrastruktury wodociągowej. Inwestycje w infrastrukturę wodociągową znajdują się prawdopodobnie na trzecim miejscu wśród inwestycji infrastrukturalnych w Arabii Saudyjskiej (80 mld USD w ciągu najbliższych 20 lat), po inwestycjach w infrastrukturę ropociągową i gazociągową oraz elektroenergetyczną. Narodowy plan dla inżynierii sanitarnej Bahrajnu obejmuje budowę ponad 20 km kolektorów sanitarnych technologią mikrotunelowania w ciągu najbliższych 20 lat. W Zjednoczonych Emiratach Arabskich stosowana była natomiast technologia HDD do realizacji wielu inwestycji w zakresie budowy infrastruktury komunikacyjnej, gazowej oraz sieci elektroenergetycznych. Rycina 7 przedstawia wiertnicę do horyzontalnych przewiertów sterowanych używaną do budowy sieci wodociągowych, kanalizacyjnych oraz linii telekomunikacyjnych podczas budowy Wysp Palmowych w Dubaju.



Ryc. 7. Wiertnica HDD używana podczas budowy sztucznych wysp (Palm Trilogi) w Dubaju

### 3.7. Azja

Większość z najbardziej zaludnionych miast na świecie znajduje się na kontynencie azjatyckim. Istnieje tam duże zapotrzebowanie na technologie, które zapewniają metody małoinwazyjne pod-

czas budowy nowych przewodów oraz odnowy istniejącej infrastruktury podziemnej. Chiny jako najszybciej rozwijająca się gospodarka na świecie są ważnym odbiorcą technologii bezwykopowych. Szczególnie zastosowanie technologii HDD ma zasadnicze znaczenie dla projektów energetycznych, takich jak rurociąg zachodnio-wschodni o wartości 23,3 mld USD, który obejmuje budowę 8700 km gazociągu dostarczającego surowiec do aglomeracji znajdujących się na wschodzie kraju, w tym Pekinu i Szanghaju. Dodatkowo budowane są tam tysiące kilometrów ropociągów z wykorzystaniem technologii HDD. W Chinach działa teraz ponad 5000 wiertnic do horyzontalnych przewiertów sterowanych oraz istnieje ok. 30 lokalnych producentów sprzętu [7]. Rycina 8 przedstawia wiertnicę do horyzontalnych przewiertów sterowanych wykorzystywaną do budowy podziemnych linii elektroenergetycznych w Chinach.

Hongkong jest obecnie w trakcie realizacji 15-letniego kompleksowego programu odnowy magistrali wodociągowej, który obejmuje bezwykopową odnowę ponad 3000 km rurociągów w czterech etapach przy użyciu odnowy liniowej. Tylko pierwszy etap pochłonął 477 mln USD. Podobnie jak Hongkong, Singapur realizuje pięcioletni kompleksowy program bezwykopowej odnowy infrastruktury kanalizacyjnej na łączną sumę 295 mln USD, który ma zostać ukończony w 2014 r. Jego celem jest odnowa 3400 km przewodów kanalizacyjnych oraz 260 km przewodów ciśnieniowych. Większość inwestycji rehabilitacyjnych zostanie wykonana przy użyciu technologii utwardzanych powłok żywicznych (CIPP). Malezja, która posiada ok. 14 tys. km starzejących się przewodów kanalizacyjnych, zaczęła stosować technologie CIPP do ich bezwykopowej odnowy.

Doskonałym rynkiem dla technologii bezwykopowych są również Indie ze względu na szybką urbanizację głównych miast oraz pogarszanie się istniejącej infrastruktury podziemnej. Rycina 9 przedstawia jeden z otwartych kanałów ściekowych w miejscowości Madras w Indiach, które są niestety powszechnie spotykane w znacznej części kraju. Stanowią one zagrożenie dla zdrowia ludzkiego oraz dla środowiska i muszą być zastąpione przez podziemne przewody kanalizacyjne. Technologia HDD została natomiast wykorzystana do transportu ropy naftowej i gazu oraz budowy linii światłowodowych, szczególnie w połu-

dniowych Indiach. Delhi jest w trakcie realizacji kompleksowego programu odnowy przewodów kanalizacyjnych przy pomocy technologii CIPP. Obok Chin, Indie posiadają być może największy potencjał rynkowy, jeśli chodzi o wykorzystanie technologii bezwykopowych w Azji.

Mikrotunelowanie oraz przeciski hydrauliczne są najczęściej wykorzystywanymi technologiami bezwykopowymi w Japonii, co nie jest niczym zaskakującym, biorąc pod uwagę fakt, że jest to ich kraj pochodzenia. Także technologia nawojowa z zastosowaniem uźebrowanych taśm spiralnie zwijanych (*spiral wound lining*) jest dość intensywnie wykorzystywana w Japonii do odnowy przewodów kanalizacyjnych.



Ryc. 8. Budowa podziemnych linii elektroenergetycznych w Szanghaju w Chinach



Ryc. 9. Otwarty kanał ściekowy w miejscowości Madras w Indiach

### 4. Promocja technik bezwykopowych

Niestety, znajomość technik bezwykopowych wśród właścicieli infrastruktury, inżynierów oraz innych osób związanych z branżą jest dość słaba. Ze względu na to, że są to relatywnie nowe technologie, ważne jest, aby były szeroko rozpowszechniane poprzez edukację i szkolenia. Kilka uniwersytetów na całym świecie oferuje studia z zakresu technologii bezwykopowych, a różne organizacje związane z Międzynarodowym Stowarzyszeniem Technologii Bezwykopowych (ISTT) po-



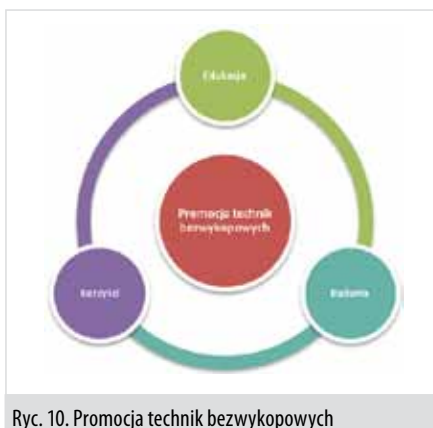
dejmują inicjatywy edukacyjne i szkoleniowe. Podczas trwania wielu konferencji, organizowanych w ciągu kilku ostatnich lat przez ISTT, przeprowadzano profesjonalne szkolenia w zakresie technik bezwykopowych. Celem jest zapoznanie uczestników z podstawowymi zagadnieniami dotyczącymi różnych technologii bezwykopowych wraz z zaprezentowaniem przykładów ich użycia w konkretnych inwestycjach przez partnerów ISTT. Jak pokazano na rycinie 10, promowanie technologii bezwykopowych można podzielić na trzy główne kategorie: edukację, badania, korzyści dla środowiska. Identyfikacja tych trzech elementów jest ważna dla dalszego zwiększenia wykorzystania technologii bezwykopowych na skalę globalną.

## 5. Edukacja

Jednym z najważniejszych aspektów promocji technologii bezwykopowych jest edukacja partnerów, czyli właścicieli infrastruktury, inżynierów, wykonawców, studentów, producentów oraz całego społeczeństwa. Obecnie brakuje dostatecznej wiedzy na temat technologii bezwykopowych, a w szczególności informacji, w jaki sposób najlepiej zaadaptować odpowiednie techniki do konkretnych sytuacji. Programy nauczania na uniwersytetach pozbawione są w większości zajęć na ten temat. Nastąpił jednak globalny wzrost dostępności wiedzy o technologiach bezwykopowych dzięki połączeniu wykładów z zajęciami technicznymi w niektórych instytucjach. Właściciele obiektów infrastrukturalnych mogą uzyskać informacje na temat technologii bezwykopowych, uczestnicząc w konferencjach branżowych, jednak dobrym sposobem na transfer wiedzy są również spotkania przy obiektach właściciela. Wykonawcy mogą uzyskać cenne wiadomości podczas konferencji oraz z publikacji branżowych zawierających opisy realizacji projektów. Dzisiaj wykonawcy posługujący się tradycyjnymi technologiami wykopowymi zaczynają stosować również technologie bezwykopowe.

## 6. Badania

Ze względu na to, że technologie bezwykopowe są relatywnie nową branżą, istotne jest kontynuowanie wysiłków badawczych związanych z ich rozwojem oraz osiągnięcie lepszego zrozumienia aspektów technicznych. Naukowcy z uniwersytetów, instytucji oraz firm prywatnych prowadzą różnorodne badania dotyczące m.in. udoskonalania technologii bezwykopowych, krótko- oraz długotermino-



Ryc. 10. Promocja technik bezwykopowych

wych efektów ich stosowania, poprawy bezpieczeństwa oraz ułatwienia obsługi. Wyniki badań są często rozpowszechniane na konferencjach oraz przez publikacje naukowe. ISTT sponsoruje coroczne Międzynarodowe Kolokwium Badawcze Technologii Bezwykopowych (ITTRC), zapraszając naukowców akademickich oraz badaczy z innych instytucji w celu omówienia działań badawczych. Do tej pory zorganizowano 14 kolokwium w 10 krajach. Kontynuacja prac badawczych jest kluczowa dla branży technologii bezwykopowych.

## 7. Korzyści dla środowiska

Emisja spalin związana z pracami budowlanymi jest istotnym czynnikiem problemów środowiskowych. W rezultacie producenci urządzeń zaczęli kłaść większy nacisk na budowę i rozwijanie silników, które mogą zmniejszyć emisję zanieczyszczeń do atmosfery. Dziś żyjemy w świecie, w którym kładzie się nacisk na redukcję emisji dwutlenku węgla przez zrównoważony rozwój. Technologie bezwykopowe mogą znacząco zredukować emisję spalin w porównaniu z tradycyjnymi technologiami wykopowymi. Shaik S. Sihabuddin oraz Samuel T. Ariaratnam opracowali kalkulator (e-Calc), który pozwala porównać szacowane emisje gazów do atmosfery na podstawie użytej technologii budowlanej oraz sprzętu. Podczas porównania technologii bezwykopowej wymiany (*pipe bursting*) z tradycyjną metodą wykopową okazało się, że zastosowanie technologii bezwykopowej pozwoliło zredukować emisję gazów do atmosfery o 80%. Jest to ważna cecha technologii bezwykopowych w kontekście konkurencyjności rynkowej, a zwłaszcza wobec tendencji do zwiększania efektywności środowiskowej.

## 8. Wnioski

Technologie bezwykopowe są coraz bardziej akceptowane jako alternatywa

dla tradycyjnych technologii wykopowych. Właściciele infrastruktury poszukują opłacalnych strategii i technologii, starając się zmniejszać wydatki. Wzrost liczby ludności spowodował konieczność wzmocnienia inwestycji w infrastrukturę na całym świecie. Dziś projekty bezwykopowe są prowadzone w wielu krajach na różnych kontynentach. Inicjatywy edukacyjne i szkoleniowe są ważne w kontekście rozpowszechniania wiedzy na temat korzyści płynących z stosowania technik bezwykopowych. Ponadto wysiłki badawcze i rozwojowe na uniwersytetach, w instytucjach oraz firmach prywatnych dostarczają impulsu do dalszego wzrostu. Dzień, w którym technologie bezwykopowe będą powszechnie stosowane do działań związanych z infrastrukturą podziemną, powinien wkrótce nadeść.

## Literatura

- [1] Ariaratnam S.T.: *Survey Questionnaire Results of the Current Level of Knowledge on Trenchless Technologies in China*. "Tunneling and Underground Space Technology" 2010, No. 25, Issue 4, pp. 802–810.
- [2] McKim R.: *Selection Method for Trenchless Technologies*. "Journal of Infrastructure Systems" 1997, Vol. 3, No. 3, pp. 119–125.
- [3] Metje N. et al.: *Mapping the Underworld: State-of-the Art Review*. "Tunneling and Underground Space Technology" 2007, No. 22, pp. 568–586.
- [4] Sihabuddin S., Ariaratnam S.T.: *Methodology for Estimating Emissions in Underground Utility Construction Operations*. "Journal of Engineering Design and Technology" 2009, No. 7, Issue 1, pp. 37–64.
- [5] Tighe S., Lee T., McKim R., Haas R.: *Traffic Delay Costs Savings Associated with Trenchless Technologies*. "Journal of Infrastructure Systems" 1999, Vol. 5, No. 2, pp. 45–51.
- [6] *Underground Infrastructure Management: Confronting the Global Water Infrastructure Challenge*. "Water Utility Infrastructure Management" 2007 (September – October), pp. 22–24.
- [7] Yan C.: *China Trenchless Industry Survey and Analysis*. Geological Society of China – Trenchless Technology Profession Committee. Pekin 2009 (raport rządowy).

TYTUŁ: DOMINIKA LICHOSIK, KATEDRA SIECI I INSTALACJI SANITARNYCH, POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA

# Zakład Robót Inżynieryjnych Henryk Chrobok i Hubert Chrobok sp.j.

ul. Gościńska 101, 43-220 Bojszowy Nowe, woj. śląskie  
tel. 32 218 90 00, fax 32 328 92 91  
info@firma-chrobok.pl



## Inżynieria bezwykopowa:

- przewierty i przeciski poziome
- mikrotuneling
- przewierty sterowane horyzontalne
- czyszczenie i cementowanie istniejących rurociągów
- relining
- kraking



## Zabezpieczenia wykopów:

- ścianki szczelne z grodziec stalowych
- ścianki berlińskie
- wbijanie rur i kształtowników stalowych
- palisady



## Wzmocnienia gruntu:

- iniekcja jet-grouting
- pale CFA
- kolumny DSM
- pale VIBREX / VIBRO
- kolumny żwirowe
- pale przemieszczeniowe
- mikropale
- kotwy i gwoździe gruntowe

