

Wykopy początkowe i docelowe w bezwykopowej budowie przewodów podziemnych

Dr inż. Agata Zwierzchowska, Politechnika Świętokrzyska, Kielce

1. Wprowadzenie

Bezwykopowa budowa przewodów podziemnych polega na wprowadzeniu pod powierzchnię ziemi ciągu rur lub przewodów kablowych bez wykonywania wykopów liniowych. Jedynymi wykopami, które występują przy wbudowywaniu przewodów podziemnych metodami bezwykopowymi są wykopy punktowe, w postaci wykopu początkowego, pośredniego i wykopu docelowego (zwanymi również komorami, szybami lub studniami startowymi i odbiorczymi). W niektórych technologiach, np. w technologii przewiertów sterowanych (HDD) możliwe jest wbudowanie przewodów podziemnych bez wykonywania jakichkolwiek wykopów, nawet punktowych, a dodatkowo długość jednorazowo wbudowywanego odcinka może przekroczyć nawet 2 km.

2. Rodzaje i elementy składowe wykopów początkowych i docelowych

W bezwykopowej budowie przewodów podziemnych wykonywane są następujące typy wykopów: początkowe, docelowe i pośrednie. W wykopie początkowym umieszczone jest urządzenie do bezwykopowego wbudowywania przewodu. Może to być: wiertnica, przebijk lub główna stacja przeciskowa z głowicą mikrotunelową. Natomiast w wykopie docelowym odbierane są i ewentualnie wymie-

niane na większej średnicy, elementy urabiające grunt (rozwiertaki, poszerzacze, głowice pilotowe), a także elementy osłonowe (żerdzie pilotowe i stalowe rury osłonowe). W technologii mikrotunelowania i przecisków pneumatycznych, w wykopie docelowym odbierane są również urządzenia do bezwykopowej budowy, które przemieszczają się w gruncie (głowica mikrotunelowa, przebijk). Z wykopu docelowego, w niektórych technologiach, wciągane są również rurociągi do wykonanego uprzednio otworu, w kierunku do wykopu początkowego. Wykopy pośrednie wykonywane są tylko w realizacjach w technologii mikrotunelowania, w celu przeglądu tarczy skrawającej głowicy mikrotunelowej i ewentualnej wymiany zużytych elementów urabiających grunt.

Wykopy początkowe, pośrednie i docelowe mogą być różnych kształtów w przekroju poziomym: prostokątne, okrągłe, owalne lub też wielokątne. Ich wymiary zale-

żą od gabarytów zastosowanych urządzeń do bezwykopowej budowy, a te z kolei przede wszystkim od średnicy zewnętrznej wbudowywanego przewodu. Wszystkie czynniki wpływające na wielkość wykopów początkowych i docelowych oraz zależności pomiędzy nimi przedstawiono w [4]. Główne elementy składowe wykopów początkowych i docelowych to: obudowa ścian; płyta dena, stanowiąca jednocześnie podłoże pod urządzenie do bezwykopowej budowy; płyta oporowa (wykonywana tylko w wykopach początkowych dla budowy przewodów w technologiach z grupy przecisków hydraulicznych, w tym również mikrotunelowania), służąca do przenoszenia na grunt sił reakcji od siłowników hydraulicznych przeciskających rurociągi; pionowe ciągi komunikacyjne (drabiny, schody) (rys. 1).

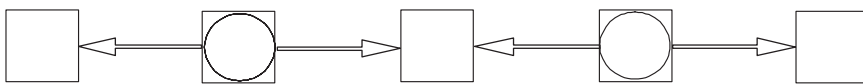
Wbudowywanie przewodów w technologiach bezwykopowych, w przeważającej większości przypadków odbywa się pomiędzy



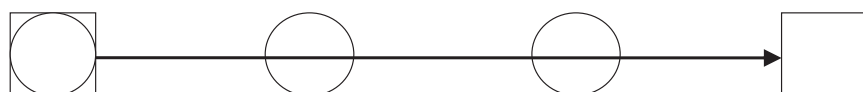
Rys. 1. Wykop początkowy o głębokości 45 metrów, 20 m poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej, wykonany w Korei dla wbudowania mikrotunelu [1]



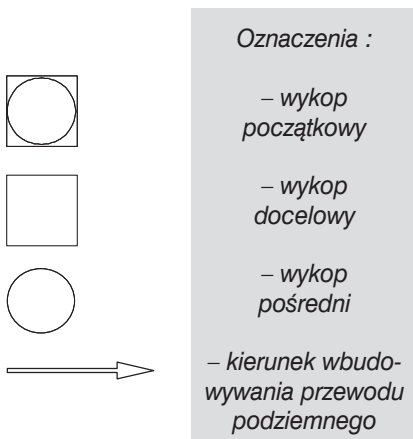
Rys. 2. Prowadzenie prac z wykopu początkowego w jednym kierunku [4]



Rys. 3. Prowadzenie prac z wykopu początkowego w dwóch kierunkach [4]



Rys. 4. Wbudowywanie przewodów podziemnych z zastosowaniem wykopów pośrednich



wykopem początkowym a docelowym, jednakże sposób i kierunek wbudowania zależy od zastosowanej technologii. Dla klasycznych przecisków hydraulicznych, mikrotunelowania i przecisków pneumatycznych, wbudowywanie przewodów podziemnych odbywa się zazwyczaj według trzech schematów, przedstawionych na rysunkach 2, 3, 4. W przypadku, gdy wykopy początkowe i docelowe mają zbliżone wymiary, wbudowywanie przewodu prowadzi się zazwyczaj z wykopu początkowego, w jednym kierunku do wykopu docelowego (rys. 2). Po przeniesieniu urządzenia do bezwykopowej budowy do wykopu docelowego staje się on wykopem początkowym. W przypadku wykopów początkowych i docelowych o znacznie odbiegających od siebie wymiarach (zazwyczaj dla wbudowywa-

nych przewodów podziemnych o znacznych średnicach), prace prowadzi się w dwóch kierunkach tylko z wykopu początkowego (rys. 3). Dla długich odcinków jednorazowo wbudowywanych rurociągów metodą mikrotunelowania (200–500 m) i jednocześnie realizowanych w gruntach trudno urabiających, często zachodzi konieczność wykonania na trasie przecisku wykopów pośrednich, służących między innymi, do sprawdzenia i ewentualnej wymiany elementów urabiających grunt na tarczy skrawającej, urządzenia do mikrotunelowania (rys. 4). Dla technologii bezwykopowych z grupy przewiertów sterowanych oraz przecisków hydraulicznych,

w których przewód jest wciągany a nieprzeciskany, wbudowywanie przewodu podziemnego odbywa się od wykopu docelowego w kierunku do wykopu początkowego.

3. Rodzaje obudowy ścian wykopów

W bezwykopowej budowie stosowane są następujące rodzaje obudowy ścian wykopów początkowych i docelowych:

- obudowy tradycyjne:
 - bez zabezpieczenia ścian (wykopy nieumocnione, skarpowane);
 - obudowy usuwalne:
 - obudowy poziome: tradycyjne obudowy poziome z elementów drewnianych, obudowy z elementów stalowych;
 - obudowy pionowe: tradycyjne obudowy pionowe z elementów drewnianych, obudowy z grodzic i kształtowników stalowych (rys. 5);
 - obudowy systemowe: systemowe obudowy wykopów (płyty wykopowe) (rys. 6), systemowe obudowy studni (rys. 7);
 - obudowy nieusuwalne (tracone):
 - obudowa w postaci ściany szczelinowej (rys. 8),
 - obudowa z pali wierconych (rys. 9),
 - obudowa (wzmocnienie) ścian wykopów w postaci natryskiwanej zaprawy cementowej,
 - wzmocnienie ścian wykopów za pomocą iniekcji,
 - obudowa z segmentów;
- obudowy wykonywane metodą studni zatapiających;



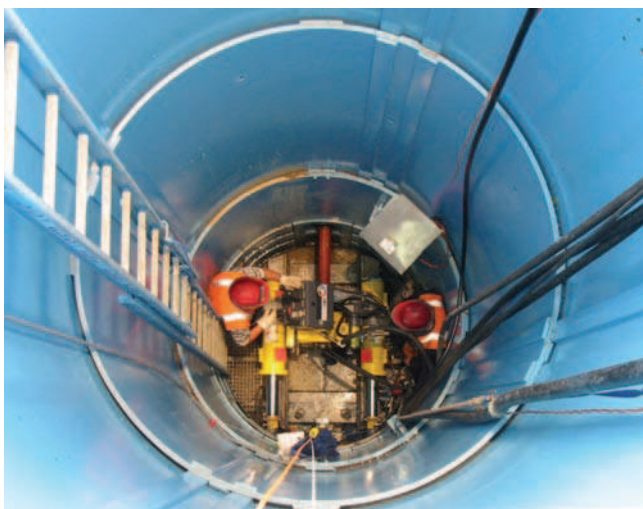
Rys. 5. Obudowa ścian wykopu początkowego wykonana z grodzic i kształtowników stalowych (zdjęcie własne)



Rys. 6. Wykop początkowy o ścianach zabezpieczonych płytami wykopowymi (zdjęcie własne)



Rys. 8. Wykop początkowy o głębokości 16 m obudowany w technologii ścianki szczelinowej (zdjęcie własne)



Rys. 7. Systemowa, teleskopowa obudowa wykopu początkowego [2]



Rys. 9. Obudowa wykopu początkowego z pali wierzonych [2]

- obudowy wykonywane metodą wiercenia studni.

W niniejszym artykule szczegółowo zostaną opisane dwie technologie wykonywania obudowy wykopów, niestosowane dotychczas w Polsce, należące odpowiednio do grupy: obudowy wykonywane metodą studni zatapiających i obudowy wykonywane metodą wiercenia studni.

4. Wbudowywanie studni rewizyjnych w wykopach początkowych i docelowych

Wiele spośród wbudowywanych technologiami bezwykopowymi przewodów podziemnych to przewody kanalizacji grawitacyjnej. Na przewodach tych, w odległości 50–60 m, wbudowuje się studnie rewizyjne w celu prawidłowej eksploatacji przewodów. Przewody kanalizacji grawitacyjnej wbudowywane są metodą przecisków hydraulicznych z wierceniem pilotowym oraz metodą mikrotunelowania. Stosując pierwszą z wymienionych metod, długości jednorazowo wbudowywanych kanałów odpowiadają rozstawowi studni rewizyjnych, dlatego po zakończeniu przecisku we wnętrzu wykopu początkowego i docelowego wbudowuje się studzienki rewizyjne. Często wykop początkowy i docelowy, w tej technologii, obudowany jest kręgami żelbetowymi. Po zakończeniu robót obudowa taka pełni funkcję studni rewizyjnej, oczywiście po wykonaniu kilku niezbędnych czynności, choćby takich jak wyprofilowanie kinety, osadzenie stopni złączowych i włazu, ewentualnie wykonanie komina złączowego. Metodą mikrotunelowania wbudowywane są przewody kanalizacji grawitacyjnej o znacznie dłuższych odcinkach i na znacznie większych głębokościach niż w poprzednio wspomnianej technologii. Wymiary wykopów początkowych i docelowych wykonywanych w tej technologii są również znacznie większe, dlatego istnieje kilka wariantów



Rys. 10.
Wbudowanie studni rewizyjnej na dnie obudowanego wykopu docelowego (zdjęcie własne)



Rys. 11.
Uszczelnienie okna wejściowego wokół przeciskanej rury kamionkowej (zdjęcie własne)

wbudowania studni rewizyjnych. Najczęściej studzienki rewizyjne wbudowuje się po zakończeniu prac mikrotunelowych, tzn. po wbudowaniu przewodu na całej długości od wykopu początkowego do wykopu docelowego (dochodzącej nawet do 500 m). Rozwiązanie takie stosuje się zwłaszcza w przypadku, gdy czas realizacji jest bardzo ograniczony. Wówczas roboty przeciskowe mogą być prowadzone na długich odcinkach bez wcześniejszego wykonywania wykopów pośrednich na trasie przecisku. Wadą takiego rozwiązania jest możliwość uszkodzenia wbudowanego przewodu w czasie późniejszych prac, związanych z wbudowywaniem studni rewizyjnych na wykonanym odcinku, np. w czasie pograżania grodzic, stosowanych na obudowę wykopu. Biorąc to pod uwagę, korzystniejsze jest wykonanie wykopów pośrednich

i ich obudowy w miejscach projektowanych studni rewizyjnych przed przystąpieniem do prac mikrotunelowych. Studnie rewizyjne wbudowywane są w wykopach pośrednich po zakończeniu robót przeciskowych. Wówczas również wbudowywane są studnie rewizyjne w wykopach początkowych i docelowych. Na rysunku 10 pokazano podstawę studzienki ułożoną na dnie obudowanego wykopu docelowego oraz przyłączenie do niej wbudowanych metodą mikrotunelowania przewodów kamionkowych. Przy wysokim poziomie wody gruntowej, obudowany wykop pośredni, po wbudowaniu w nim przewodu, powinien być wypełniany wodą (aż do poziomu wody gruntowej), aby zrównoważyć parcie hydrostatyczne. Natomiast wbudowany przewód w wykopie pośrednim należy ustabilizować drewnianymi balami, zabezpieczając go w ten sposób

przed wyporem wody. Aby zminimalizować wypływ wody i gruntu oraz utratę lubrykatu, stosowanego w czasie przecisku do smarowania zewnętrznych powierzchni wbudowywanego przewodu, w tzw. oknach wejściowych i wyjściowych (miejsca, w których głowica mikrotunelowa, a później przewód przechodzi przez obudowę wykopu) stosuje się specjalne uszczelnienia (rys. 11).

Najtrudniejszym wariantem wbudowania studni rewizyjnych, dla przewodów wykonywanych w technologii mikrotunelowania, jest wbudowanie studni na trasie przecisku przed przystąpieniem do prac mikrotunelowych. W wariantcie tym, głowica mikrotunelowa w czasie przecisku ma przebić się przez wbudowane wcześniej studnie rewizyjne. W związku z tym, wymagana jest bardzo wysoka dokładność wbudowania przewodu. Studnie rewizyjne wbudowywane są jako żelbetowe, ale w swojej konstrukcji mają wykonane otwory na wejście i wyjście głowicy mikrotunelowej. Otwory te zaślepione są korkami betonowymi, które łatwo pokonuje tarcza urabiająca głowicy, krusząc je. Są również zaopatrzone w specjalne uszczelnienia, obejmujące wbudowany przewód.

5. Technologia głębinienia i obudowy głębokich wykopów początkowych i docelowych

Kilka lat temu firma Herrenknecht opracowała urządzenie VSM 8000, które służy do budowy komór początkowych i docelowych (głębienie i obudowa), o przekroju kołowym w technologii studni zatapianych. Urządzenie to wykorzystywane jest przy wysokim ciśnieniu wody gruntowej, dla dużych głębokości komór i o znacznym ich promieniu, od 6 do 8 metrów (przy zastosowaniu specjalnego poszerzenia nawet do 12 m).

Zasadnicze części urządzenia to rama przeciskowa oraz hydrauliczny wysięgnik urabiający.

W pierwszej fazie budowy komory



Rys. 12. Żelbetowy pierścień początkowy z nożem tnącym [1]



Rys. 13. Stalowe prowadnice wysięgnika urabiającego (oznaczone kolorem niebieskim) [1]



Rys. 14. Konstrukcja wsporcza ramy przeciskowej [1]

z zastosowaniem tego urządzenia, wykonuje się wykop punktowy o głębokości od 1 do 2 metrów i średnicy od 6 do 8 metrów (w zależności od wymiarów zaprojektowanej komory). Do wykopu tego wprowadza się żelbetowy element tzw. początkowy, w formie pierścienia, zaopatrzonego w nóż tnący, okalający element w dolnej jego części (rys. 12). W pierścieniu tym znajdują się stalowe prowadnice dla hydraulicznego wysięgnika urabiającego (rys. 13). Następnie, wokół pierścienia mocowane są w gruncie stalowe kotwy, na któ-

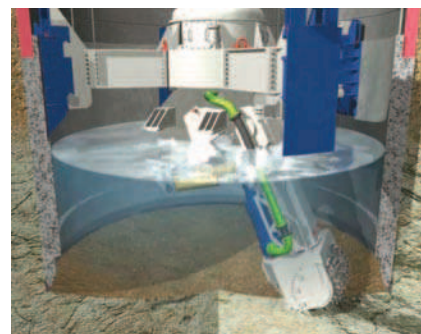
rych umieszcza się konstrukcję wsporczą dla ramy przeciskowej (rys. 14). W ten sposób siły reakcji od siłowników hydraulicznych ramy przeciskowej przenoszone są na grunt. Sterowanie urządzeniem odbywa się z kontenera sterowniczego umieszczonego na powierzchni terenu w pobliżu budowanej komory.

Komora w czasie jej budowy jest zalewana wodą, w celu zrównoważenia ciśnienia zewnętrznego wody gruntowej. Wysięgnik urabia grunt, poruszając się promieniście we wnętrzu kręgu żelbetowego, od jego środka na zewnątrz (rys. 15). Urobek transportowany jest systemem płuczkowym przewodami do systemu separacji, gdzie grunt jest oddzielany od wody (rys. 16). Wysięgnik zaopatrzonego jest w teleskopowe ramię, które może się wysuwać na głębokość 1 metra oraz obracać o 190° w prawo lub w lewo. Maksymalny moment obrotowy wysięgnika urabiającego wynosi 30 kNm, natomiast wydajność pompy zasysającej urobek zmieszany z wodą to 200–400 m³/h. Maksymalne tempo urabiania gruntu, w sprzyjających warunkach gruntowych, wynosi 60 m³/h. Po osadzeniu w wykopie żelbetowego pierścienia początkowego oraz zamocowaniu hydraulicznego wysięgnika urabiającego i ramy przeciskowej, na pierścieniu układa się prefabrykowane, żelbetowe segmenty (tubingi) (rys. 17), które wciska się w grunt wraz z pierścieniem początkowym za pomocą siłowników hydraulicznych umieszczonych w ramie przeciskowej (rys. 18). Siła przecisku może osiągać nawet 1000 ton (10 000 kN). Zewnętrzne powierzchnie przeciskanej komory smarowane są lubrykatem na bazie bentonitu, za pomocą systemu dysz umieszczonych we wbudowywanych segmentach. Zabieg ten stosuje się w celu zmniejszenia tarcia powierzchniowego gruntu o przeciskaną powierzchnię zewnętrzną komory. Po wykonaniu komory na odpowiednią głębokość,

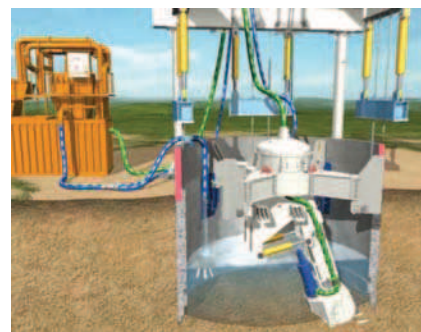
wysięgnik urabiający i prowadnice są demontowane i wyjmowane z komory. Następnie na jej dnie układa się mieszankę betonową, a po jej stwardnieniu wypompowuje wodę.

Oprócz budowy bardzo głębokich komór na lądzie, urządzenie to może być również wykorzystywane do wykonywania komór na pełnym morzu dla budowy rurociągów podmorskich.

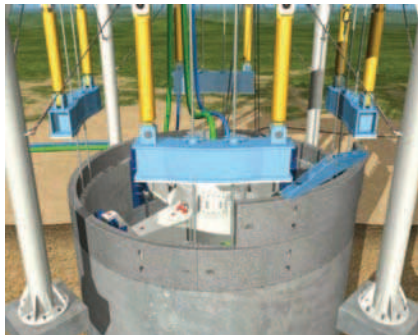
Jedną z pierwszych realizacji, w której wykorzystano urządzenie VSM 8000 była budowa 5 komór początkowych w Kuwejcie, na przełomie lat 2004 i 2005, dla wbudowania przewodów kanalizacji sanitarnej w technologii mikrotunelowania, o łącznej długości 38 km. Średnica wykonanych komór wynosiła 8000 mm, a ich głębokość osiągała 28 m. Ze względu na usytuowanie realizacji w bezpośrednim sąsiedztwie Zatoki Perskiej, poziom wody



Rys. 15. Hydrauliczny wysięgnik urabiający w czasie pracy [1]



Rys. 16. Płuczkowy system transportu urobku (przewody transportujące urobek zmieszany z wodą do systemu separacji oznaczono kolorem zielonym, przewody podające wodę oddzielną od urobku – oznaczono kolorem niebieskim) [1]



Rys. 17. Układanie prefabrykowanych, żelbetonowych segmentów na pierścieniu początkowym [1]



Rys. 18. Wciskanie w grunt elementów obudowy komory za pomocą siłowników hydraulicznych umieszczonych w ramie przeciskowej [1]

gruntowej był wysoki, w niektórych miejscach wynosił 3 m poniżej poziomu terenu. W związku z tym ciśnienie wody gruntowej dochodziło nawet do 0,25 MPa. W latach 2006 i 2007 w technologii tej wykonano 8 komór początkowych i docelowych w Sankt Petersburgu, o głębokościach od 58 m do 85 m i średnicach od 5,5 m do 7,7 m. Najgłębszą komorę w tej technologii wbudowano na wyspie Jawa w Indonezji, miała ona 100 m głębokości i 2,5 m średnicy.

6. Technologia tarczy sferycznej

Oprócz opisanego w poprzednim rozdziale urządzenia służącego do budowy głębokich wykopów, opracowano urządzenie zwane tarczą sferyczną, które służy do głębienia i wykonywania obudowy wykopów początkowych i docelowych, ale jednocześnie, po osiągnięciu projektowanego poziomu,

służy do wbudowywania w technologii mikrotunelowania przewodów podziemnych lub tuneli.

Technologia tarczy sferycznej (ang. Spherical Shield Tunnel Boring Machine) opracowana przez firmę Taisei Construction Corporation, pozwala na wiercenie pionowych i poziomych tuneli oraz wykonywanie ich obudowy, używając do tego jednej maszyny. Możliwe jest również wykonywanie zmian kierunku wbudowywanego tunelu w poziomie o 90°. Obrót urządzenia jest możliwy w dowolnym kierunku i dowolnym czasie w trakcie procesu drążenia.

Główne urządzenie posiada obrotowy sferyczny człon, we wnętrzu (rys. 19) którego znajduje się urządzenie z mniejszą głowicą tnącą. Sferyczny człon umożliwia obrót urządzenia i drążenie tunelu o mniejszej średnicy w nowym kierunku. Maszyna zabezpieczona jest przed napływem wody do jej wnętrza, dzięki czemu możliwe jest jej zastosowanie poniżej poziomu wody gruntowej. Urządzenie może być stosowane w zróżnicowanych warunkach gruntowych. Wybrane parametry techniczne urządzenia zestawiono w tabeli 1.

W technologii tarczy sferycznej możliwe są następujące kombinacje wiercenia:

- wiercenie pionowe w dół – wiercenie poziome (Vertical Downward – Horizontal);
- wiercenie poziome – wiercenie pionowe do góry (Horizontal – Vertical Upward);
- wiercenie poziome – obejmujące możliwość zmiany kierunku

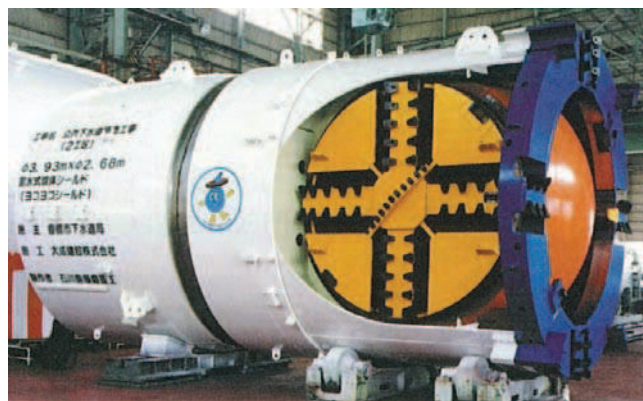
Tabela 1. Wybrane parametry techniczne tarczy sferycznej [3]

Średnica zewnętrzna – urządzenie główne – podzespół (sferyczny człon)	3,9–7,9 m 2,7–4,8 m
Moment obrotowy głowicy	392–1700 kNm
Maksymalna siła przeciskowa	7000–40000 kN

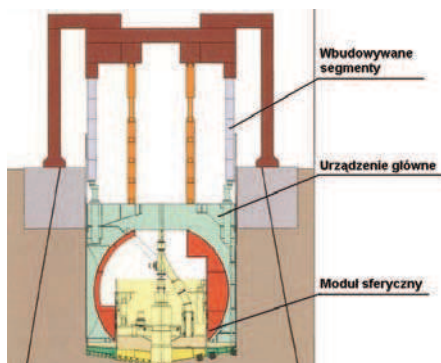
o 90° w płaszczyźnie poziomej (Horizontal – Horizontal).

Do drążenia i wykonywania obudowy wykopów początkowych i docelowych stosowane są dwie pierwsze z wymienionych kombinacji wiercenia, ostatnia kombinacja służy tylko do wbudowywania przewodów podziemnych lub tuneli.

Kombinacja wiercenia pionowo w dół, a następnie poziomo (Vertical Downward – Horizontal) umożliwia pionowe drążenie wykopu z jednoczesnym wykonywaniem jego obudowy, a następnie wiercenie poziome w celu wbudowywania rurociągu lub tunelu. Przed rozpoczęciem prac, urządzenie montowane jest na platformie umiejscowionej na betonowym pierścieniu prowadzącym. Maszyna wprowadzana jest w grunt za pomocą siłowników hydraulicznych. W pierwszym etapie robót, tj. w wierceniu pionowym w dół, głowica tnąca głównego urządzenia posiada dodatkowe, zewnętrzne elementy skrawające, które w połączeniu z podobnymi, znajdującymi się na tarczy podzespołu o mniejszej średnicy,



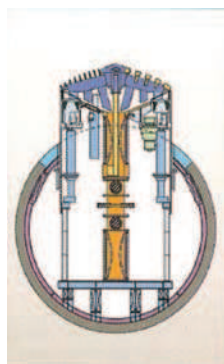
Rys. 19. Widok tarczy sferycznej z obrotowym członem [3]



Rys. 20. Wciskanie urządzenia w grunt poprzez siłowniki i segmenty obudowy wykopu [3]



Rys. 21. Widok tarczy sferycznej przystosowanej do kombinacji wiercenia pionowo w dół – poziomo (Vertical Downward – Horizontal) [3]



Rys. 22. Początek wiercenia poprzez segment mikro-tunelu z jednoczesnym przeciskaniem urządzenia za pomocą siłowników hydraulicznych [3]



Rys. 23. Widok urządzenia w kombinacji wiercenie poziome – wiercenie pionowe do góry (Horizontal – Vertical Upward) [3]

zwiększają całkowitą powierzchnię skrawania. Wraz z drążeniem wykopu sukcesywnie wbudowywane są betonowe segmenty, stanowiące jego obudowę (rys. 20). Po osiągnięciu projektowanego zagłębienia, podzespół głównego urządzenia (człon o mniejszej średnicy) jest nieznacznie wycofywany i następnie obracany o 90°. Następnie tylna część zostaje przytwierdzona do podłoża, a podzespół rozpoczyna wiercenie w kierunku poziomym, wbudowując przewód podziemny lub tunel, tak jak w klasycznej technologii mikrotunelowania. Na rysunku 21 przedstawiono widok tarczy sferycznej w kombinacji wiercenia pionowo w dół – poziomo (Vertical Downward – Horizontal).

Na wykonywanie wykopów, włącznie z ich obudową, pozwala również kombinacja wiercenia poziomo, a następnie pionowo do góry Horizontal – Vertical Upward. Kombinacja ta umożliwia poziome wbudowywanie przewodu podziemnego bądź tunelu, a następnie wiercenie pionowego szybu w górę wraz z wykonaniem jego obudowy. Jakkolwiek kombinacja wiercenia tego typu nie została jeszcze wykorzystana w praktyce, to tarcza sferyczna przystosowana do takiej kombinacji wiercenia zastała użyta w Osace, wraz z konwencjonalną maszyną do mikrotunelowania, w celu wbudowania kolektora kanalizacyjnego. Urządzenie zostało dostarczone na miejsce przez wykonany wcześniej mikrotunel, a następnie po jego umieszczeniu w punkcie docelowym, wykorzystano je do wykonania pionowego szybu. Pierwszym etapem było przewiercenie się przez segment mikrotunelu wykonany z żywicy poliestrowych wzmocnianych włóknem szklanym (GRP). Następnie maszyna była wpychana w grunt za pomocą siłowników hydraulicznych, wspierających się na wbudowanych wcześniej segmentach (rys. 22). Widok w tej

kombinacji urządzenia przedstawiono na rysunku 23.

Zastosowanie technologii tarczy sferycznej umożliwia nie tylko drążenie wykopów początkowych i docelowych, wykonywanie ich obudowy, wbudowywanie przewodów podziemnych i tuneli ze zmianą kierunku, ale także czyni prostszym wymianę zużywających się elementów skrawających. Jest to szczególnie istotne, gdyż nie ma konieczności wycofywania urządzenia lub wykonywania dodatkowych wykopów w celu jego naprawy. Aby umożliwić wymianę zużytych elementów, głowica tnąca jest wciągana za pomocą siłowników do wnętrza sferycznego członu, który następnie zostaje uszczelniony, a wszystkie przewody zostają rozłączone. W celu zrównoważenia ciśnienia gruntu, do przestrzeni przed głowicą pompowany jest płyn wiertniczy. Następnie sferyczny człon urządzenia obraca się o 180° i zużyte elementy skrawające zostają wymienione, po czym człon powraca do pozycji wyjściowej i praca zostaje kontynuowana.

Do głównych zalet technologii należą:

- znacznie zredukowana średnica wykopów;
 - możliwość wykonywania prac na dużych głębokościach;
 - redukcja powierzchni placu budowy;
 - eliminacja wykonywania wykopów w miejscach załamania trasy przewodu;
 - możliwość naprawy tarczy urządzenia lub wymiany zużytych elementów skrawających z wnętrza głowicy poprzez jej obrót.
- Dotychczas urządzenia te wykorzystano m.in. przy realizacji projektów zestawionych w tabeli 2.

6. Zakończenie

Coraz częściej, ze względu na liczne kolizje z istniejącymi sieciami lub budowlami podziemnymi, prze-wody podziemne wbudowuje

Tabela 2. Przykładowe realizacje z wykorzystaniem technologii tarczy sferycznej [3]

Typ urządzenia	Projekt	Parametry zastosowanych urządzeń				typ
		urządzenie główne		podzespół		
		średnica zewn.	długość wykonanego odcinka	średnica zewn.	długość wykonanego odcinka	
1	2	3	4	5	6	7
Horizontal – Horizontal	Toyohashi, Japonia kanalizacja	3,93 m	579 m	2,68 m	898 m	Płuczkowy
Vertical to Horizontal	Tokio, Japonia kanalizacja	5,82 m	38,0 m	2,89 m	434 m	Płuczkowy
Vertical to Horizontal	Osaka, Japonia kanalizacja	5,90 m	19,3 m	4,20 m	2017 m	Płuczkowy/ EPB (z systemem równoważenia parcia gruntu)
Upward TBM	Osaka, Japonia kanalizacja	–	–	2,28 m	32,8 m/ 32,4 m/ 20,3 m	EPB (z systemem równoważenia parcia gruntu)

się na znacznych głębokościach. W celu realizacji takiego przedsięwzięcia, niezbędne jest wykonanie wykopów początkowych i docelowych nawet na większej głębokości niż projektowany przewód. W Polsce, największa głębokość wykopów początkowych i docelowych dla ułożenia przewodów podziemnych w budowywanych w technologiach bezwykopowych sięga 11–12 m, na świecie głębokość ta przekracza nawet 100 m. W takich przypadkach tradycyjne głębienie wykopów i wykonywanie tradycyjnej obudowy jest nieefektywne ekonomicznie bądź nawet niemożliwe. Nowoczesne technologie głębienia i obudowy wykopów początkowych i docelowych zapewniają wykonanie wykopów o tak ekstremalnych parametrach. Stosując te technologie można dodatkowo znacznie zredukować średnicę wykopu, a poprzez to znacznie zmniejszyć powierzchnię placu budowy. Dodatkową zaletą stosowania technologii tarczy sferycznej lub urządzenia VSM 8000 jest większe bezpieczeństwo robót w porównaniu z technologiami tradycyjnymi. Technologie te nie są jednak wolne od wad. Wśród

nich podstawową jest wysoki koszt zakupu urządzeń. Dodatkowo wymagają one wysoce wykwalifikowanej obsługi.

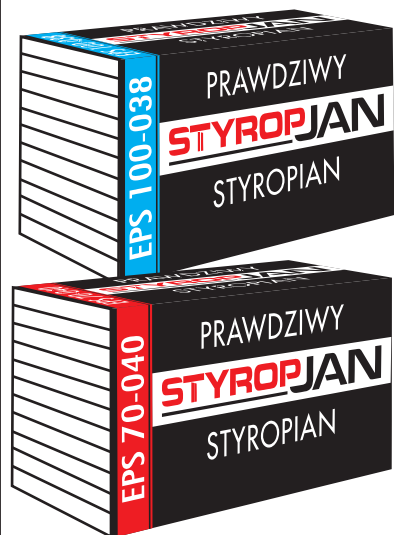
BIBLIOGRAFIA

- [1] Herrenknecht – materiały informacyjne
- [2] MTS Perforator – materiały informacyjne
- [3] www.shield-method.gr.jp;
- [4] Zwierzchowska A., Optymalizacja doboru metod bezwykopowej budowy rurociągów podziemnych. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej nr 38, Kielce 2003
- [5] Zwierzchowska A., Bezwykopowe technologie budowy sieci podziemnych – mikrotunelowanie. Przegląd Budowlany 2005, nr 9, s. 32–38
- [6] Zwierzchowska A., Przewiercy sterowane i wiercenia kierunkowe. Przegląd Budowlany 2005, nr 10, s. 46–53
- [7] Zwierzchowska A., Bezwykopowe technologie budowy sieci podziemnych – przeciski hydrauliczne. Przegląd Budowlany 2005, nr 11, s. 30–36
- [8] Zwierzchowska A., Bezwykopowe technologie budowy sieci podziemnych – przeciski pneumatyczne. Przegląd Budowlany 2006, nr 1, s. 26–30
- [9] Zwierzchowska A., Wbijanie rur stalowych. Przegląd Budowlany 2006, nr 2, s. 33–35
- [10] Zwierzchowska A., Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych. Skrypt Politechniki Świętokrzyskiej nr 427, Kielce 2007, s. 180

STYROPLAN

PRAWDZIWY STYROPIAN

Nowy producent styropianu



- **Najniższe ceny**
- **Posiadamy wymagane atesty**
- **Do 200km transport GRATIS !!!**
- **Sprawdzone surowce - nowoczesna technologia**

95-082 Dobroń ul. Sienkiewicza 68
Tel. (0-43) 676-82-54, 0-801-161-666
www.styropjan.pl