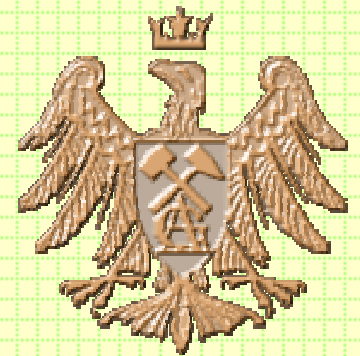
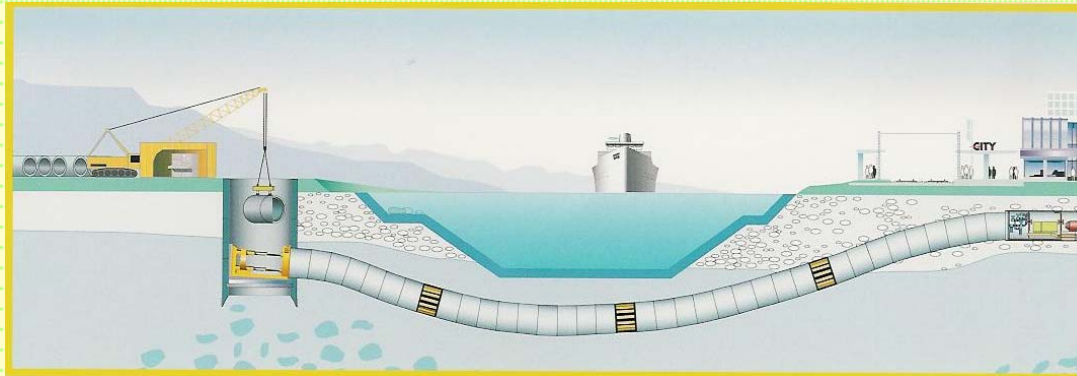


Mikrotunelowanie

Microtunnelling



Microtunnelling

Historia technologii i zakres jej stosowania

- technologia mikrotunelowania została opracowana równolegle przez American Thrustboring Corporation oraz japońską firmę Iseki Poly-Tech w latach 70-tych XX wieku
- skonstruowana w 1976 roku przez firmę Iseki maszyna umożliwiała mechaniczne i hydrauliczne równoważenie parcia gruntu oraz podtrzymywanie przodka wyrobiska (a tym samym prowadzenie robót w słabych gruntach)
- od tego czasu produkcją głowic zajmuje się szereg firm (Iseki, Soltau, Herrenknecht, Robbins)
- pierwszy mikrotunel w Polsce wykonała warszawska firma BETA S.A. dla sieci kanalizacyjnej Torunia (średnica 1600 mm, długość 973 m)
- mikrotunelowanie obejmuje wykonawstwo przewodów od 300 m do 3000 mm (niekiedy 3500 mm)



Microtunnelling

Historia technologii i zakres jej stosowania

- do niedawna technologia mikrotunelingu była stosowana wyłącznie do odcinków prostoliniowych – obecnie coraz częściej (w razie potrzeby) wykonuje się kanały po łuku
- Mikrotunelowanie jest wykorzystywane przede wszystkim do bezwykopowej realizacji infrastruktury sieciowej:
 - przewodów kanalizacyjnych i wodociągowych
 - rurociągów przesyłowych dla mediów energetycznych (gazu, ropy naftowej)
 - rur osłonowych dla innych przewodów (gazociągów, kabli energetycznych, ciepłowniczych, telekomunikacyjnych i innych)
- maksymalne długości wykonywanych odcinków z jednej studni startowej, w zależności od warunków gruntowo-wodnych i średnicy rurociągu, mogą dochodzić do 500 m przy hydraulicznym transporcie urobku



Microtunnelling

Porównanie mikrotunelowania z metodami klasycznymi

Zakres prac	Mikrotunelowanie	Metody klasyczne
roboty ziemne	minimalne (punktowe)	bardzo duże (liniowe)
odwodnienie	minimalne (punktowe)	bardzo duże (liniowe)
zniszczenia	brak	znaczne
bezpieczeństwo	bardzo duże	średnie
czas budowy	zminimalizowany	bardzo długi
usprzętowanie	wyłącznie sprzęt specjalistyczny	bardzo duże
wpływ warunków meteo	minimalny	znaczny
wpływ na środowisko naturalne	minimalny	znaczny
uciążliwość dla otoczenie	minimalna	znaczna

- technologia mikrotunelowania, podobnie jak technologia przecisków hydraulicznych, polega na drażeniu poziomego lub o wymaganym spadku otworu-tunelu, pomiędzy dwoma uprzednio wykonanymi komorami (startową i końcową)
- dynamiczny rozwój metody wynika przede wszystkim z jej istotnych zalet, do których zaliczyć należy:
 - minimalne naruszenie powierzchni terenu i ograniczenie jej osiadań
 - możliwość prowadzenia prac bez konieczności obniżania zwierciadła wody gruntowej wzdłuż trasy tunelu
 - możliwość zmechanizowania robót, eliminującego konieczność pracy ludzi na przodku
 - możliwość stosowania w dowolnych warunkach gruntowych – od gruntów sypkich po skaliste



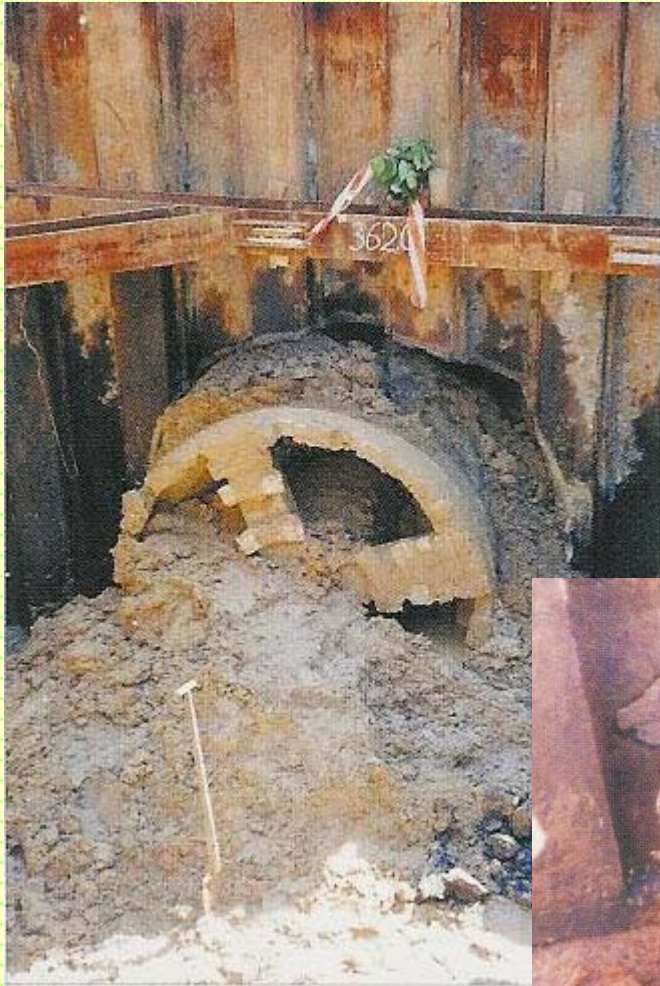
Microtunnelling

Opis technologii

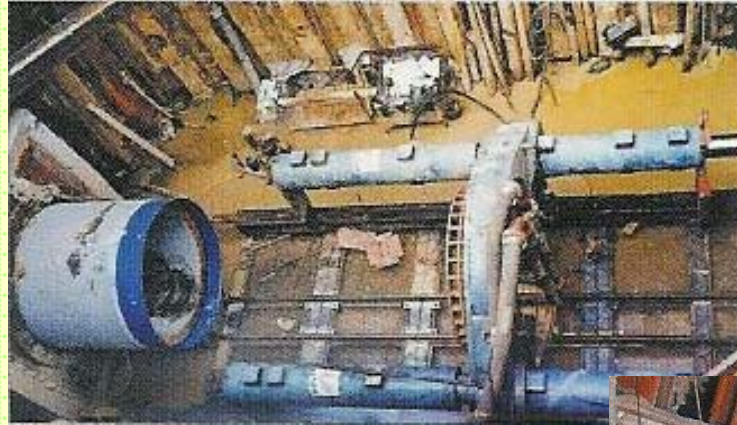
- Mikrotunelowanie rozpoczyna się od wykonania szybu początkowego i końcowego. Wymiary szybu początkowego zależą od wymiarów urządzeń do mikrotunelowania i prefabrykatów stanowiących konstrukcję tunelu, a ich rozmieszczenie od przewidywanej długości drażonych tuneli oraz przebiegu trasy
- Ściany komór mogą być zabezpieczane ściankami stalowymi z blach lub konstrukcją żelbetową (studnie, pale lub ścianki szczelinowe). Najczęściej stosowanymi sposobami zabezpieczenia ścian wykopów są ścianki szczelne zabijane (w warunkach krajowych z reguły z grodziec G-62)
- W zależności od lokalnych warunków gruntowo-wodnych komory są odwadniane przez pompowanie wody z ich dna albo przy użyciu studni lub igłofiltrów.
- W wyjątkowych przypadkach stosowane są instalacje zamrażające lub chemizacja gruntu.



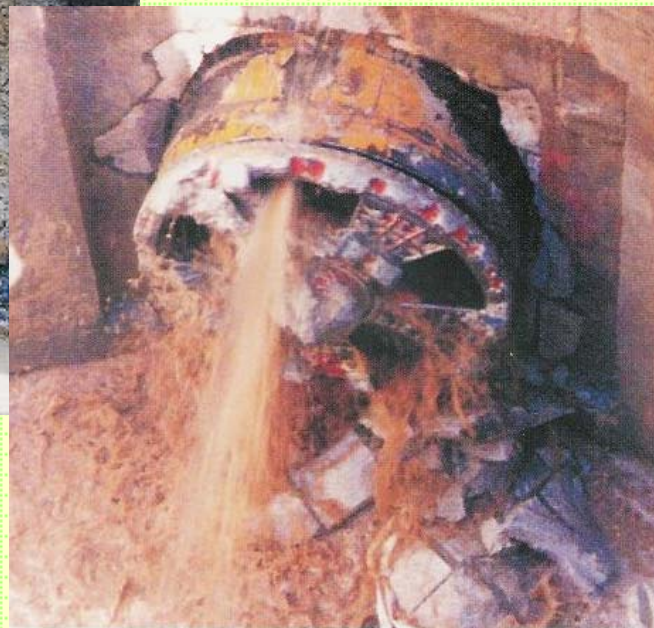
Microtunnelling



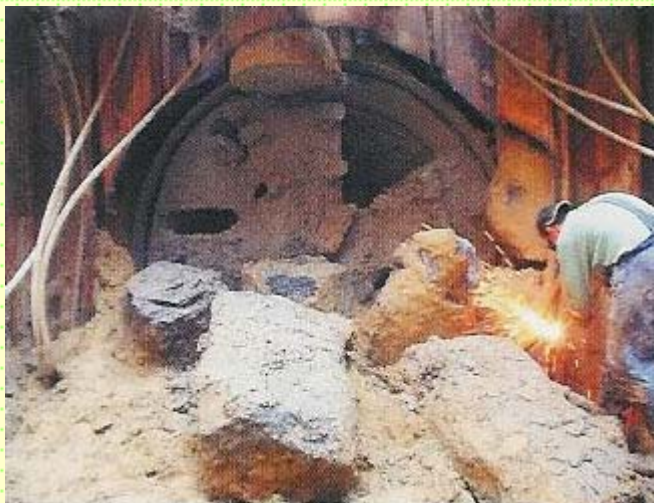
komora końcowa



komora startowa



Microtunnelling



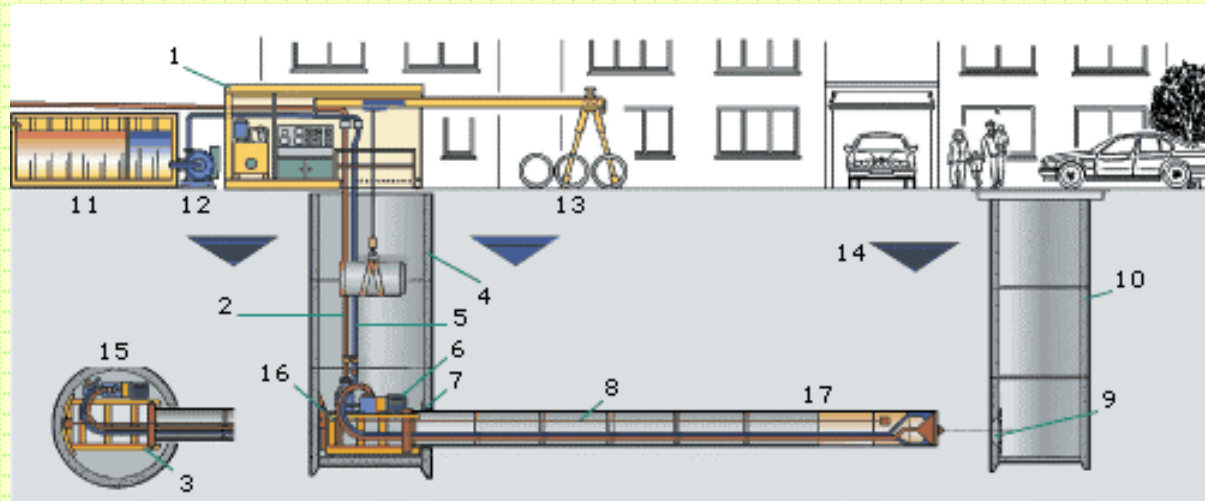
komora końcowa



Microtunnelling

Opis technologii

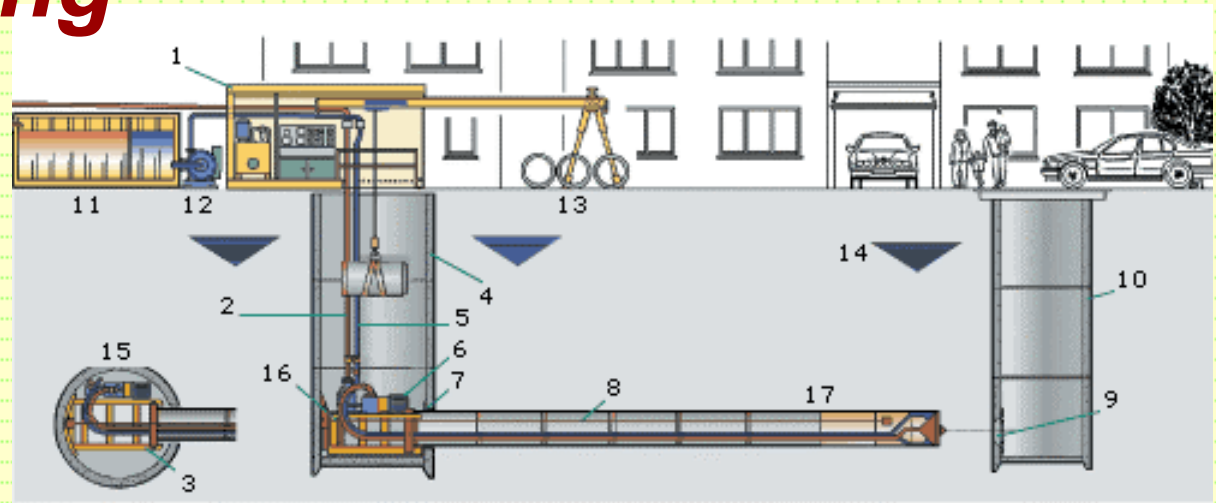
- Zestaw urządzeń do mikrotunelowania (bardziej zaawansowanych technologicznie od urządzeń stosowanych w klasycznych przeciskach hydraulicznych) składa się z 6 podstawowych elementów:



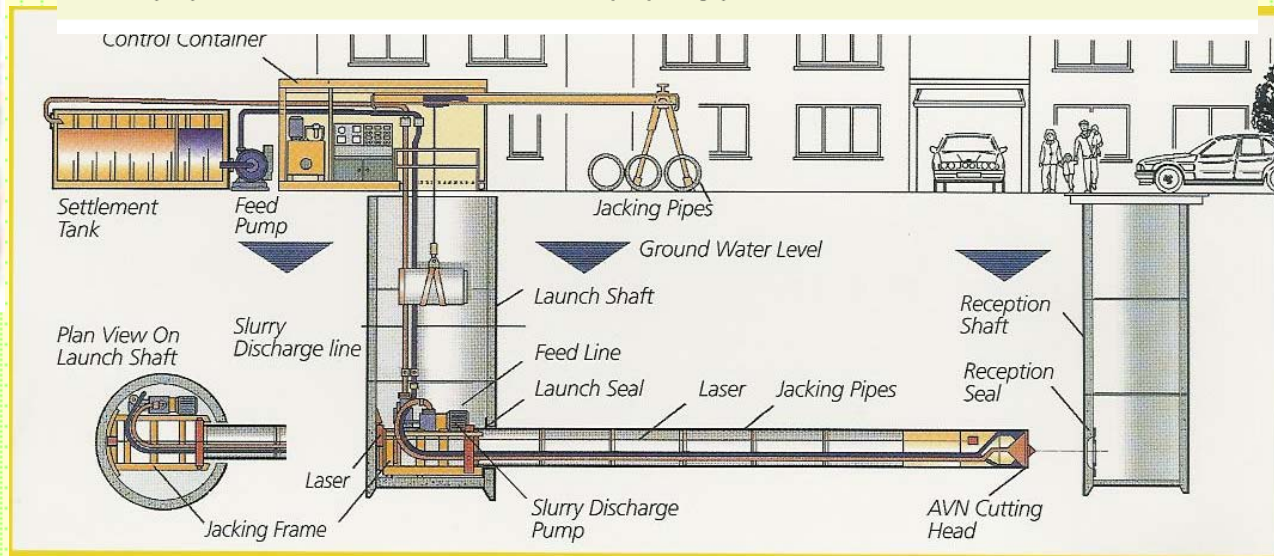
- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1. Kontener sterowniczy | 7. Uszczelnienie wejścia | 13. Rury wprowadzane |
| 2. Przewód odprowadzający płuczkę | 8. Wiązka lasera | 14. Poziom wody gruntowej |
| 3. Rama wpychająca | 9. Uszczelnienie wyjścia | 15. Widok z góry szybu wejściowego |
| 4. Szyb wejściowy | 10. Szyb wyjściowy | 16. Laser |
| 5. Przewód zasilający | 11. Zbiornik osadowy | 17. Wprowadzenie rury |
| 6. Pompa płuczkowa/szlamowa | 12. Pompa podająca | |

- głowicy wiercącej
- systemu usuwania urobku
- stacji siłowników z zespołem zasilającym
- systemu gospodarki płuczką
- systemu smarowania
- systemu sterującego

Microtunnelling



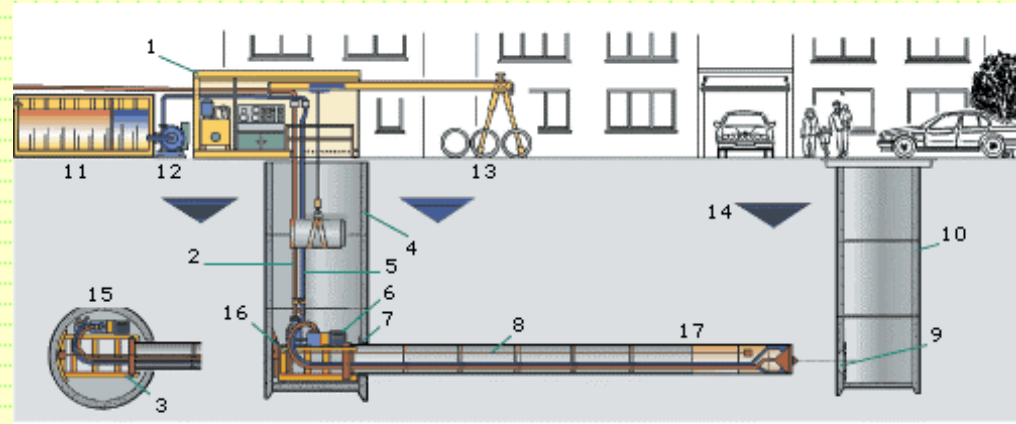
- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1. Kontener sterowniczy | 7. Uszczelnienie wejścia | 13. Rury wprowadzane |
| 2. Przewód odprowadzający płuczkę | 8. Wiązka lasera | 14. Poziom wody gruntowej |
| 3. Rama wypychająca | 9. Uszczelnienie wyjścia | 15. Widok z góry szybu wejściowego |
| 4. Szyb wejściowy | 10. Szyb wyjściowy | 16. Laser |
| 5. Przewód zasilający | 11. Zbiornik osadowy | 17. Wprowadzenie rury |
| 6. Pompa płuczkowa/szlamowa | 12. Pompa podająca | |



Microtunnelling

Opis technologii

- po wybudowaniu komór i instalacji urządzeń rozpoczyna się proces wiercenia tunelu i instalacji jego obudowy (rury technologicznej lub produktowej)
- tarcza głowicy wiercącej (napędzana silnikiem hydraulicznym poprzez przekładnię planetarną) obraca się powodując wstępne rozdrobnienie gruntu; za tarczą znajduje się komora w kształcie ściętego stożka, w której urobiony grunt podlega rozdrobnieniu na cząstki, jakie zdolny jest przetransportować system płuczkowy
- następnie, przez pierścieniową szczelinę, grunt przedostaje się do komory płuczkowej, gdzie jest mieszany z płuczką i systemem instalacji rurowych tłoczony na zewnątrz do zbiornika płuczkowego

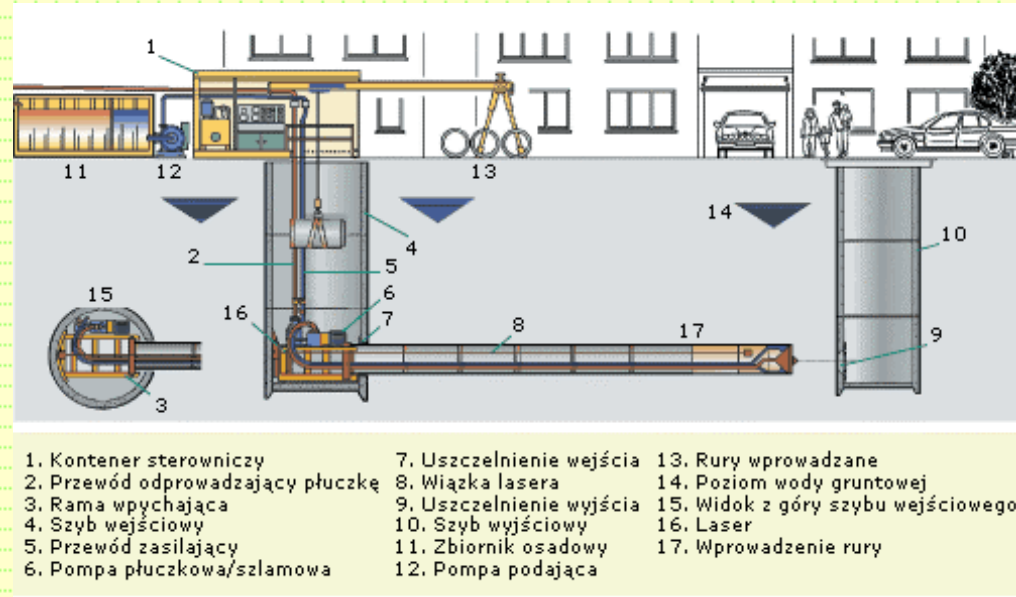


- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1. Kontener sterowniczy | 7. Uszczelnienie wejścia | 13. Rury wprowadzane |
| 2. Przewód odprowadzający płuczkę | 8. Wiązka lasera | 14. Poziomy wody gruntowej |
| 3. Rama wpychająca | 9. Uszczelnienie wyjścia | 15. Widok z góry szybu wejściowego |
| 4. Szyb wejściowy | 10. Szyb wyjściowy | 16. Laser |
| 5. Przewód zasilający | 11. Zbiornik osadowy | 17. Wprowadzenie rury |
| 6. Pompa płuczkowa/szlamowa | 12. Pompa podająca | |

Microtunnelling

Opis technologii

- począwszy od szybu startowego, głowica wiercąca przemieszcza się dzięki naporowi zespołu silowników umieszczonego w tym szybie, najpierw za pośrednictwem pierścienia dociskowego o dużej sztywności, a następnie rur produktowych (stanowiących finalną obudowę tunelu)
- wszystkie przewody zasilające układ płuczkowy, napędu i kontroli są umieszczone wewnątrz tunelu i muszą być sukcesywnie przedłużane w miarę zwiększania się długości tunelu
- w celu obniżenia tarcia pomiędzy zewnętrzną powierzchnią przesuwanych rur a ośrodkiem gruntowym stosuje się układ smarowania wykorzystujący z reguły roztwór bentonitowy z polimerami smarnymi



Microtunnelling

Opis technologii

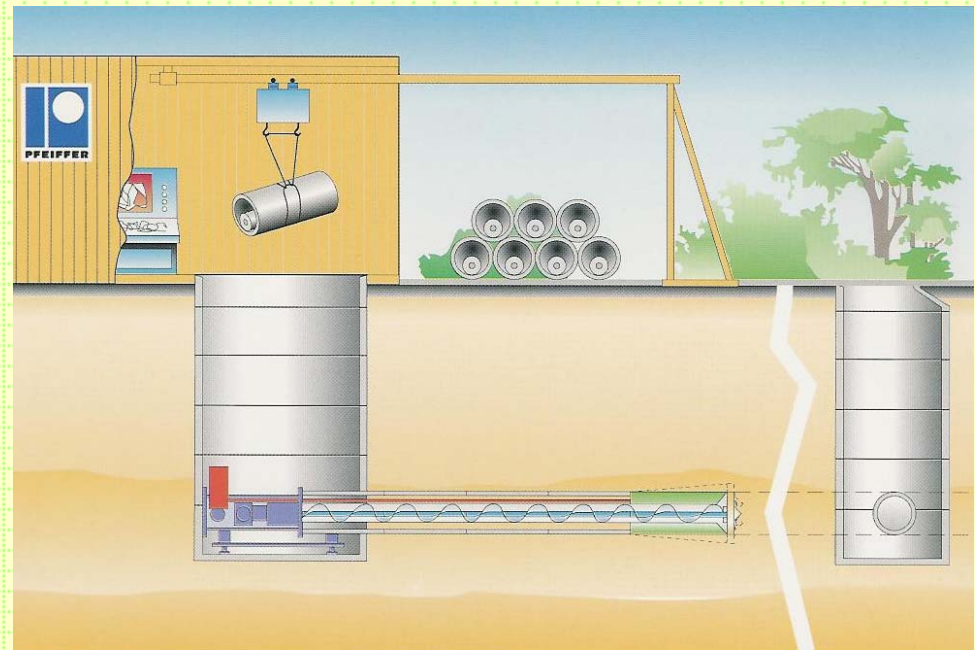
- dysze do iniekcji smaru rozmieszcza się na obwodzie rury co 90° , a bentonit nie tylko redukuje siły tarcia, ale także stabilizuje ścianki tunelu, nie dopuszczając do ich zapadania
- w przypadku występowania dużych sił tarcia stosujemy pośrednie stacje siłowników; dzieleniu tunelu na sekcje powoduje zmniejszenie sił tarcia do występujących w poszczególnych sekcjach, a nie na całej długości tunelu
- system transportu hydraulicznego polega na dostarczeniu czystej płuczki ze zbiornika zewnętrznego do komory mieszania w głowicy wiertniczej, gdzie mieszana jest ona z rozdrobnionym urobkiem i transportowana do przewodu powrotnego
- zawiesina jest dostarczana do osadnika, w którym oddziela się od niej stałe cząstki gruntu aby mogła być użyta powtórnie (separacja gruntu od płuczki odbywa się na sitach wibracyjnych i hydrocyklonach)



Microtunnelling

Opis technologii

- hydrauliczny sposób transportu jest najczęściej stosowany ze względu na możliwość drążenia tuneli na długich odcinkach
- istnieją także maszyny z mechanicznym systemem usuwania urobku za pomocą głowic drążących z napędem bezpośrednim (odcinki do 120 m) lub śrubowym (odcinki do 80 m); wydobywanie urobku odbywa się wtedy za pomocą transportera ślimakowego



Microtunnelling

- proces robót wiertniczych jest zdalnie sterowany i kontrolowany ze stanowiska operatora, który stosując system siłowników ma, w ograniczonym zakresie, możliwość korygowania trasy mikrotunelu
- do precyzyjnej kontroli ustawienia osi tunelu służy urządzenie składające się z umieszczonego w szybie startowym lasera i elektronicznej tarczy zamocowanej na głowicy wiertniczej; obraz z tarczy przekazywany jest w sposób ciągły do pulpitu sterowniczego za pomocą kamery telewizyjnej umiejscowionej za głowicą
- umożliwia to bieżące obliczanie odchylenia wiązki laserowej od środka tarczy i ewentualną korektę trasy tunelu (poprzez korektę kąta nachylenia ruchomej części głowicy wiertniczej)



przegubowa konstrukcja
głowicy wiertniczej

Microtunnelling

Opis technologii

- proces mikrotunelowania jest ukończony w momencie wyjścia głowicy wiercącej ze studni końcowej
- po zakończeniu prac wiertniczych i demontażu głowicy należy odłączyć wszystkie instalacje i urządzenia
- budowę kolejnego odcinka instalacji można rozpocząć po przeniesieniu głowicy do następnej studni startowej (może też zajść sytuacja, że studnia końcowa poprzedniego odcinka staje się studnią startową dla następnego lub, że z jednej studni startowej wykonuje się tunele w dwóch kierunkach



stacja siłowników
pośrednich

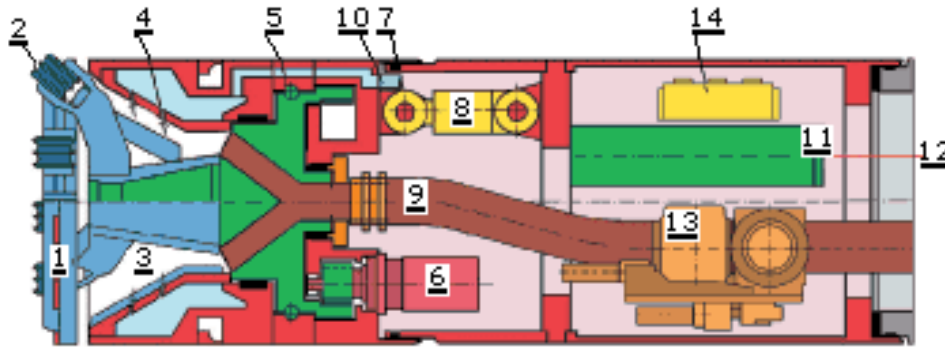
Microtunnelling

Dobór głowicy wierzącej

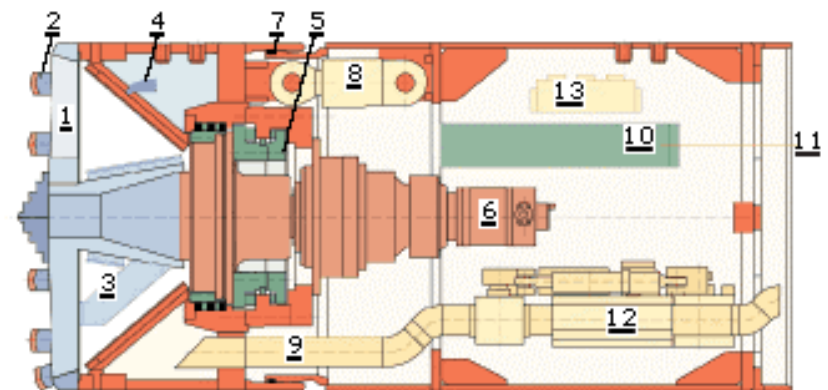
Maszyny do tunelowania mogą być podzielone w następujący sposób:

1. Tarcze borujące bez osłony (TBM) i z osłoną TBMS
2. Tarcze z osłoną SM
 - z wydobyciem pełnym przekrojem (SMV – with full-face excavation)
 - bez podparcia czoła
 - z mechanicznym podparciem czoła
 - z podparciem czoła sprężonym powietrzem
 - z podparciem czoła cieczą
 - z wydobyciem częścią przekroju (SMV – with partial face excavation)
 - bez podparcia czoła
 - z mechanicznym podparciem czoła
 - z podparciem czoła sprężonym powietrzem
 - z podparciem czoła cieczą

Microtunnelling



- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Tarcza urabiająca do skał | 8. Siłownik sterujący |
| 2. Dyski tnące | 9. Przewody płuczkowe odbierające |
| 3. Komora kruszarki | 10. Przewody płuczkowe podające |
| 4. Dysze wtryskowe | 11. Tarcza laserowa systemu ELS |
| 5. Główne łożysko tarczy | 12. Wiązka laserowa |
| 6. Silnik obrotu | 13. By-pass |
| 7. Uszczelka | 14. Rozdzielacz |

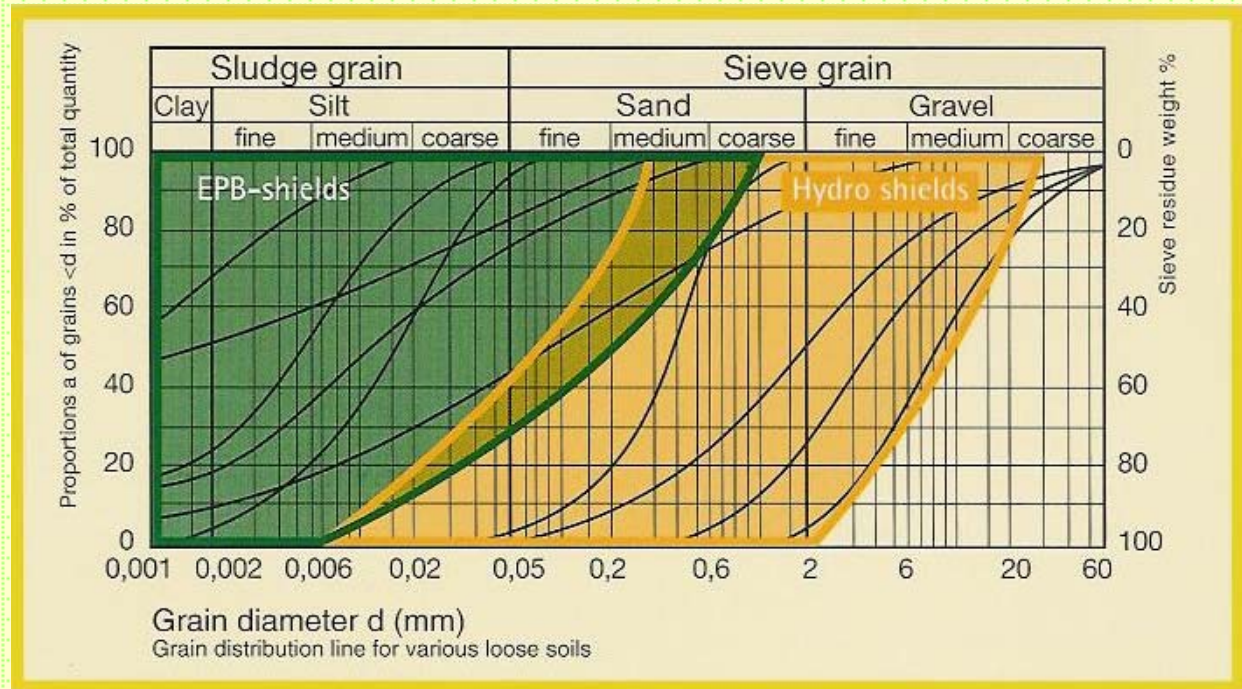


- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Tarcza urabiająca | 8. Siłownik sterujący |
| 2. Zęby tnące - węgliki spiekane | 9. Przewody płuczkowe odbierające |
| 3. Komora kruszarki | 10. Tarcza laserowa systemu els |
| 4. Dysze wtryskowe | 11. Wiązka laserowa |
| 5. Główne łożysko tarczy | 12. By-pass |
| 6. Silnik obrotu | 13. Rozdzielacz |
| 7. Uszczelka | |

Microtunnelling

Dobór głowicy wiercącej

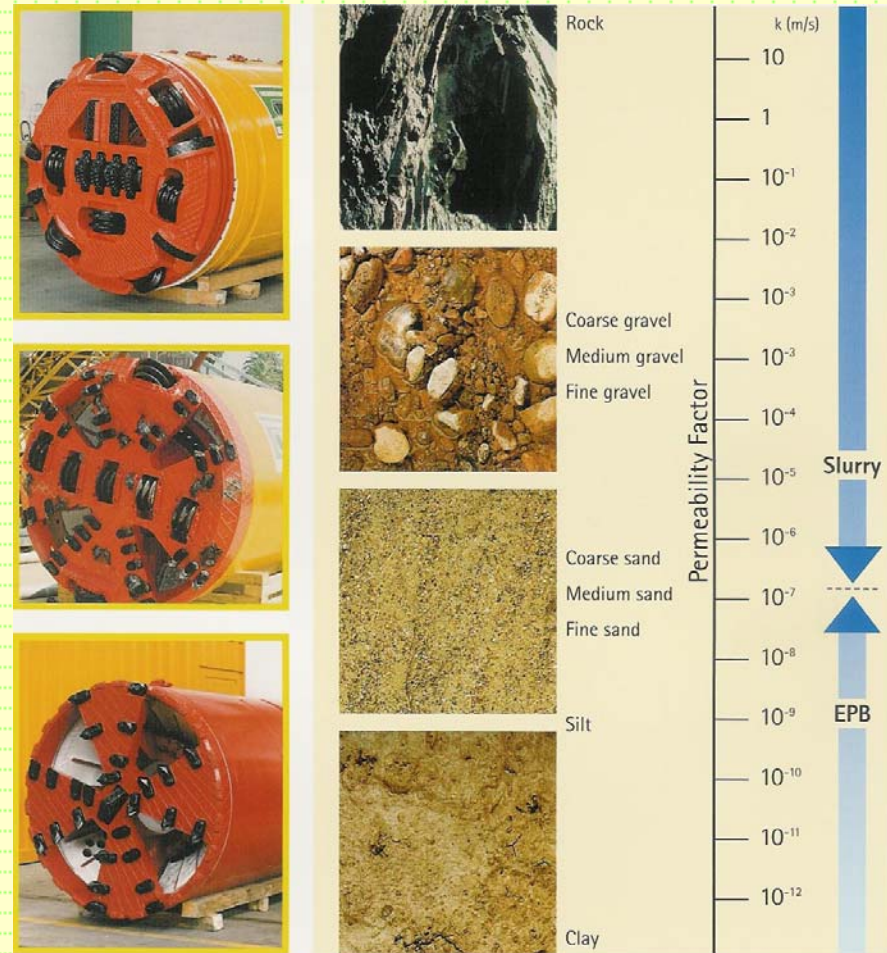
- dobór głowicy wiercącej zależy od rozpoznania warunków terenowych (zagospodarowanie terenu i sposób jego wykorzystania) i geotechnicznych
- z punktu widzenia doboru maszyn, grunty można zakwalifikować jako:
 - grunty niespoiste (żwir, piasek, rumowisko morenowe)
 - grunty spoiste (gliny, ropy, gliny zgrubne, margiel)
 - warstwy organiczne (torf, sapropel – ciemny muł denny)
 - formacje skalne



Microtunnelling

Dobór głowicy wierzącej

- dobór głowicy w zależności od warunków geotechnicznych



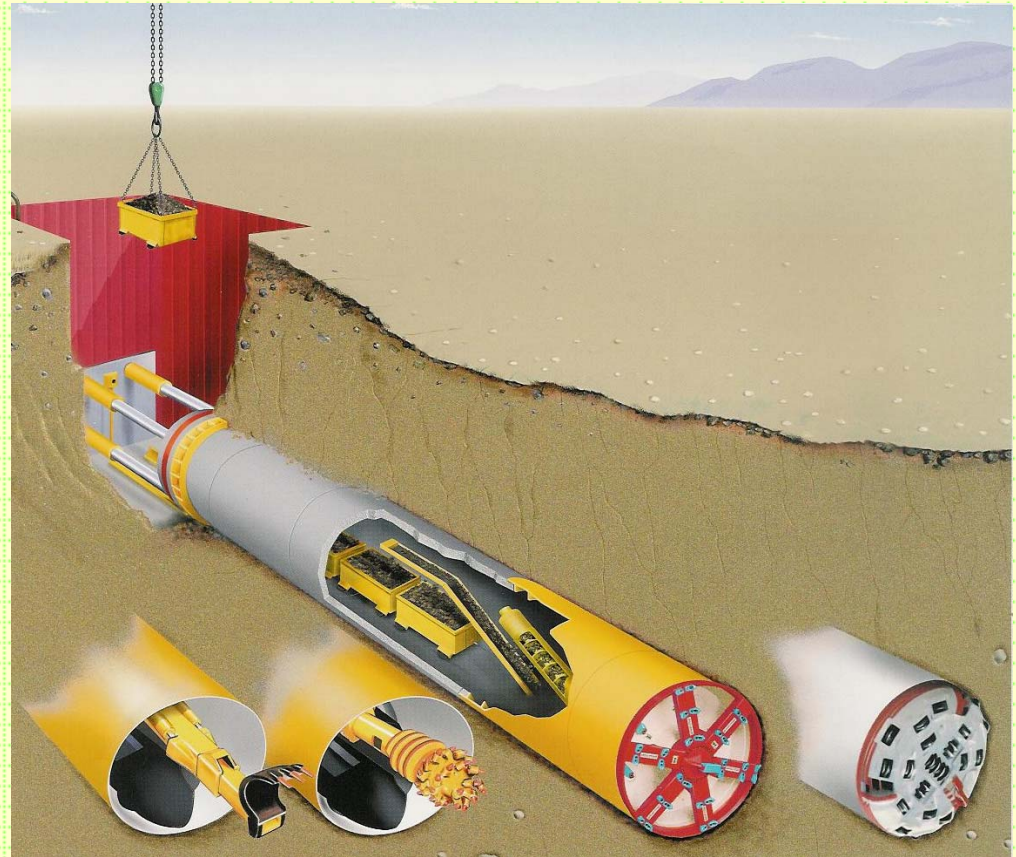
Microtunnelling

- for **slurry machines**, a hydraulic slurry circuit is used to extract the excavated material
- when using hydraulic conveyance, tunnelling is possible in all types of soil and over long distances
- on the surface, the excavated material is separated from the pumping medium which is then fed back to slurry circuit



Microtunnelling

- for **earth pressure** shields (EPB), the excavated material is removed from the face area using a screw conveyor
- further transport through the tunnel is ensured by belt conveyors, muck skips or by means of muck pumps
- when using excavators or roadheader machines, the transport of material is predominantly carried out via belt conveyors followed by muck skip conveyance
- ease of transport and direct depositing of the material are the most significant advantages of this method of conveyance



Microtunnelling

Dobór głowicy wierzącej

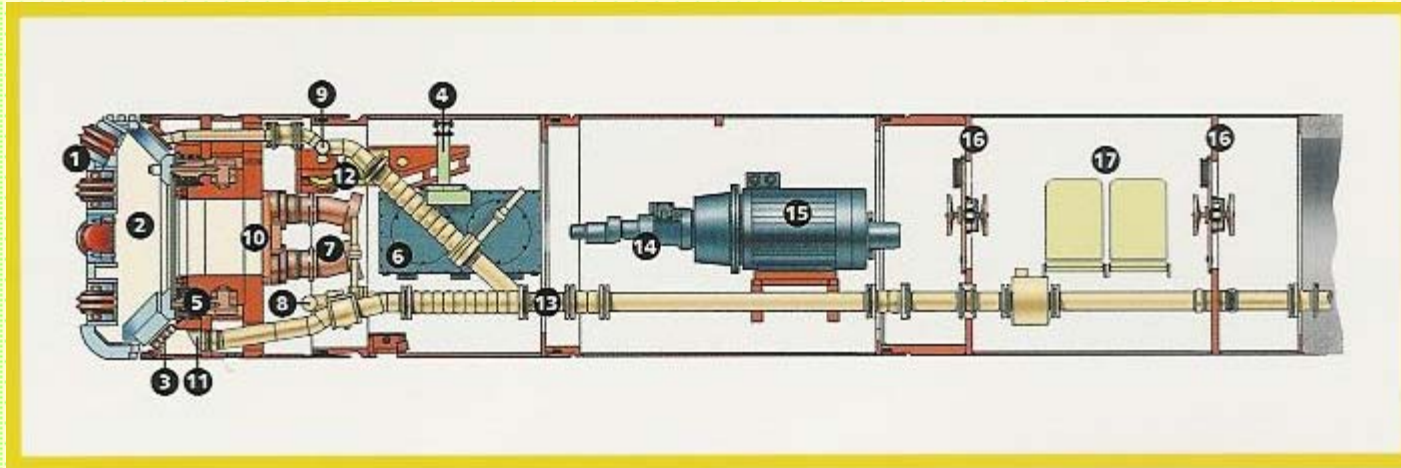
- wprowadzenie głowic wyposażonych w kruszarkę stożkową (przeznaczoną do kruszenia kamieni i głazów o średnicach do 40 % średnicy zewnętrznej maszyny) umożliwiło tunelowanie w gruntach z otoczkami i innymi losowo występującymi kamieniami
- zamontowanie do głowicy urządzenia rockcutter umożliwiło wiercenia w formacjach częściowo lub w pełni skalistych o R_c rzędu 250 MPa
- tunelowanie w formacjach spoistych powoduje często zapychanie się wewnętrznego stożka głowicy, a tym samym drastyczny spadek jej wydolności; można to rozwiązać stosując wewnętrzną instalację płuczkową (w głowicach takich woda jest podawana pod ciśnieniem 30-40 MPa do układu dysz czyszczących głowicę
- w przypadku tunelowania pod obiektami (linie kolejowe, autostrady, budynki) stosuje się głowice uniwersalne z dodatkowym wyposażeniem służącym do wykonania instalacji w warunkach słabo rozpoznanych



Microtunnelling

Herrenknecht AVNT

- the main benefits of the AVN T-series are its access to the face from DN 1200 onwards and its powerful cutting wheel drive
- these are basic prerequisites for tunnelling in the hardest rock (up to 300 MPa) for long distances
- the peripheral drive allows the replacement of worn excavation equipment; longer heading sections can be planned and intermediate shafts omitted

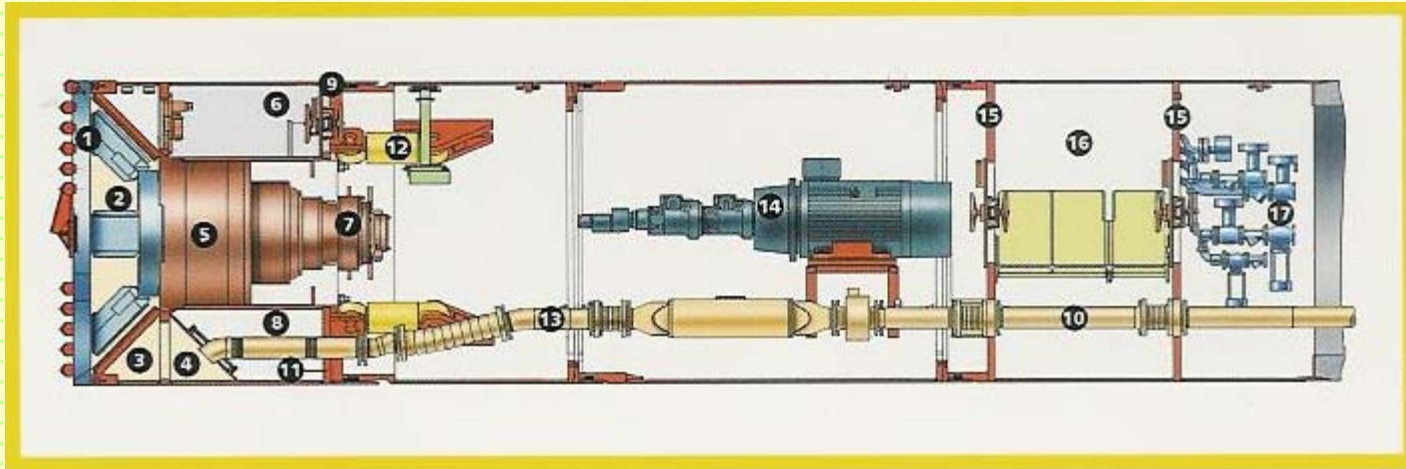


- | | | |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| (1) Cutting wheel | (7) Motor gearbox assembly | (13) Bypass |
| (2) Excavation chamber | (8) Annuls nuzzles | (14) Pump main drive |
| (3) Crusher | (9) Cutting head nuzzle | (15) Motor main drive |
| (4) ELS laser target | (10) Face access hatch | (16) Airlock bulkhead |
| (5) Main bearing | (11) Suction pipe | (17) Airlock |
| (6) Switch box | (12) Steering cylinder | |

Microtunnelling

Herrenknecht AVND

- the AVN D-series brings its advantages into play when it comes to tunnelling through non-homogeneous and alternating geological conditions with or without groundwater



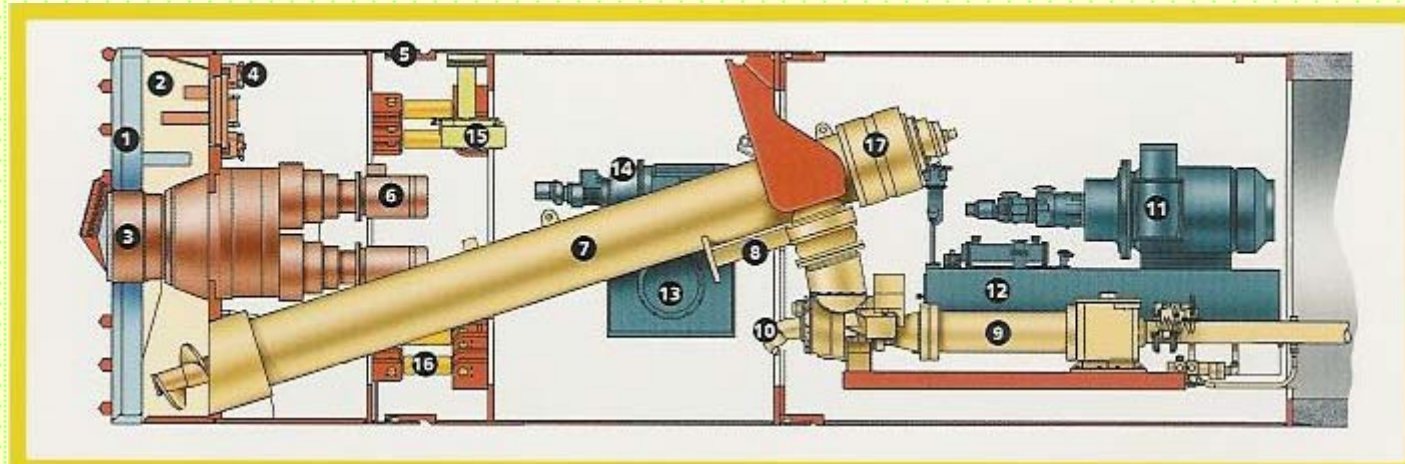
- | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| (1) Cutting wheel | (7) Motor gearbox assembly | (13) Bypass assembly |
| (2) Excavation chamber | (8) Bentonite | (14) Drive motor |
| (3) Crusher chamber | (9) Face access hatch | (15) Airlock bulkhead |
| (4) Submerged wall | (10) Slurry discharge line | (16) Airlock |
| (5) Main bearing | (11) Pressure bulkhead | (17) Air bubbles control |
| (6) Air pressure cushion | (12) Steering cylinder | |

- the machine may be changed from mixshield to slurry mode underground, the cone crusher air lock and the opening to the face for replacing the excavation equipment ensure successful long distance tunnelling in loose and medium hard rock

Microtunnelling

Herrenknecht EPB with muck pump

- in homogeneous, soft geological conditions they are preferably used for tunnelling projects as of DN 1400
- the powerful muck pump ensures high tunnelling performances and the material can be disposed directly
- the EPB guarantee support of the face; if required the excavated material will be conditioned with water or biodegradable additives

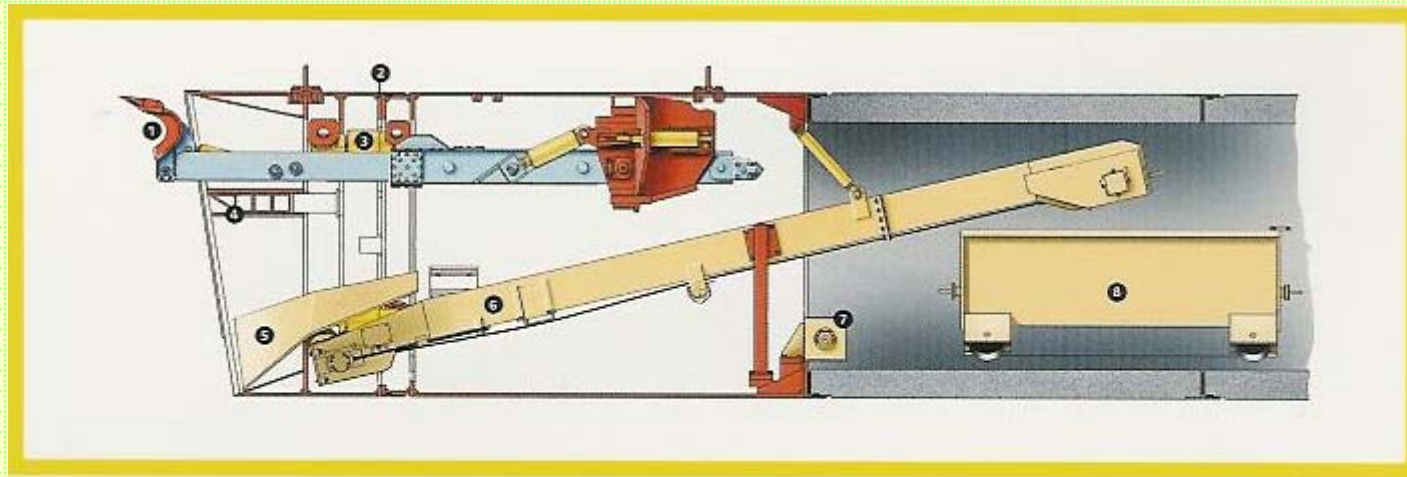


- | | | |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| (1) Cutting wheel | (7) Screw conveyor | (13) Tank machine |
| (2) Excavation chamber | (8) Gate valve | (14) Power pack machine |
| (3) Gear box | (9) Muck pump | (15) ELS laser target |
| (4) Face access door | (10) Muck discharge pipe | (16) Steering cylinder |
| (5) Articulation joint | (11) Power pack muck pump | (17) Screw conveyor drive unit |
| (6) Drive motor | (12) Tank muck pump | |

Microtunnelling

Herrenknecht Open Face Shields

- Open face shields may employ either excavation or roadheading equipment for face excavation depending on the geological conditions, the soil is removed via a belt conveyer



(1) Excavator

(2) Shield

(3) Steering cylinder

(4) Mid-platform

(5) Feeding hopper

(6) Conveyor belt

(7) Machine winch

(8) Muck skip

- as the rule, these machines are operated in groundwater-free homogeneous geological conditions; in exceptional cases, open face machines can be equipped for compressed air face support
- the Herrenknecht open face machines from DN 1400 may easily be converted from excavator to roadheader boom operation; the basic machine has already been designed for both excavation methods

Microtunnelling

Pipe Eating

- mikrotunelowanie może służyć nie tylko do budowy nowych rurociągów, ale także do ich wymiany; niektóre istniejące przewody kanalizacyjne są w tak złym stanie technicznym, że ich renowacja żadną z dostępnych metod nie jest celowa.
- jeżeli przewody te zbudowane są z rur betonowych lub kamionkowych, wówczas można wykonać mikrotunelowanie po trasie starego kanału; stara konstrukcja zostanie rozdrobniona i wraz z gruntem usunięta na powierzchnię terenu a na jej miejsce powstanie nowy przewód o przekroju równym lub większym od dotychczasowego.
- odmiana mikrotunelowania zaprojektowana w takim właśnie celu znana jest pod nazwą „Pipe Eating”; technologię tą można także stosować w przypadku, gdy przepustowość istniejącego kanału zbudowanego z rur betonowych lub kamionkowych jest niewystarczająca; zwykle w przedstawionych wyżej przypadkach stosowana jest budowa zastępczego kanału na nowej trasie



Microtunnelling

Pipe Roofing

- interesującym rozwiązaniem jest III etapowa budowa wielkoprzekrojowych tuneli komunikacyjnych z zastosowaniem mikrotunelowania
- w I etapie za pomocą mikrotunelowania wykonuje się tymczasową obudowę tunelu z rur stalowych o średnicy do DN 1000; dotyczy to tuneli o dowolnych przekrojach poprzecznych, także prostokątnych.
- obudowę stanowią stykające się rury stalowe rozmieszczone na obwodzie przyszłej budowli; rury te są wypełniane betonem i pozostają w gruncie
- w II etapie, w trakcie wybierania gruntu stateczność obudowy zapewnia się poprzez montowane na miejscu sztywne ramy stalowe
- w III etapie wykonuje się zasadniczą, żelbetową konstrukcję tunelu.



Microtunnelling

Przykładowa specyfikacja głowic mikrotunelowych firmy Herrenknecht

Nazwa	Średnica [mm]	Długość [mm]	Moment obrotowy, [Nm]	Ciężar [T]	Długość pojedynczego drażonego odcinka [m]
AVN250	368	2265	6000	0.7	80
AVN300	410	2025	9450	1	100
AVN400	565	2030	13600	1.8	100
AVN500	665	2010	22600	2.2	120
AVN600	780	2000	34300	2.6	140
AVN700	875	2070	41000	3.5	140
AVN800B	975	2320	55000	4.8	150
AVN800A	1110	2730	90000	5.5	>150
AVN1000C	1295	2906	120000	8.2	>150
AVN1200C	1505	3025	195000	9.8	>150
AVN1200S	1505	3025	300000	10.5	>200



Microtunnelling

Rury stosowane w mikrotunelowaniu

- dobór materiału z którego ma być wykonana instalacja zależy od przeznaczenia mikrotunelu, środowiska gruntowo-wodnego (jego agresywności chemicznej) oraz nośności konstrukcji
- w przeważającej większości przypadków używane są rury ze stali, betonu, betonu polimerowego, kompozytowe lub kamionkowe
- dobór typu materiału i średnicy rury odbywa się na podstawie obliczeń wytrzymałościowych uwzględniających obciążenia na etapie realizacji oraz obciążenia na etapie eksploatacji
- sposoby łączenia rur są analogiczne do sposobów łączenia rur przeciskanych hydraulicznie



Microtunnelling

Użytkowe charakterystyki rur stosowanych w mikrotunelowaniu

Material rury	Zalety rury	Wady rury
Stal	duża wytrzymałość, odporność zmęczeniowa i odkształcalność, łatwość uzyskania szczelnych połączeń, szeroki asortyment, porównywalna R_c i R_t	czasochłonność wykonywania połączeń, mała odporność na agresję chemiczną i elektrochemiczną, duży współczynnik przewodności cieplnej, łatwość utraty stateczności
Beton	duża wytrzymałość, i odporność zmęczeniowa, łatwy montaż, szeroki asortyment, mały koszty	duży ciężar, konieczność stosowania uszczelnień złączy, mała odkształcalność i odporność na uderzenia
Beton polimerowy	duża wytrzymałość, odporność zmęczeniowa i odporność na reakcję chemiczną, łatwy montaż, szeroki asortyment	duży ciężar, konieczność stosowania uszczelnień złączy, mała odkształcalność i odporność na uderzenia, duży koszt
Wielowarstwowe, kompozytowe (GRP)	duża odkształcalność i odporność na reakcję chemiczną, łatwy montaż, mały ciężar	mała odporność na uderzenia, konieczność zamawiania rur o podwyższonych parametrach, duży koszt

Microtunnelling

Charakterystyka placu budowy

- mikrotunelowanie wymaga niewielkiej przestrzeni roboczej – jej wymiary determinuje długość odcinków pomiędzy komorami, średnice przewodów oraz warunki geotechniczne
- przygotowanie szybu startowego, jego wymiary oraz wymiary przyległego terenu zależą od konfiguracji zestawu wiertniczego; typowe wymiary komory dla rur o długości 6 m wynoszą 4-5 m x 12 m, a dla rur o długości 3 m 4-5 m x 8 m; wzdłuż komory startowej zlokalizowany jest plac do składowania rur wraz z placem manewrowym dla dźwigu
- pozostałe elementy wyposażenia (kontener sterówka, zespół przygotowania i recyrkulacji płuczki, zbiorniki na wodę i płuczkę, kontenery warsztatowe, socjalne i biurowe oraz agregaty prądotwórcze) mogą być rozlokowane w bezpośrednim sąsiedztwie komory startowej
- całkowity wymiar stanowiska po stronie szybu startowego zamyka się zazwyczaj w wymiarach 30 m x 20 m, a w przypadku użycia płuczki 30 m x 50 m



Microtunnelling

Charakterystyka placu budowy

- plac budowy nie musi mieć kształtów regularnych, co pozwala swobodniej wykorzystać dostępną powierzchnię terenu
- w celu zapewnienia dojazdu na plac budowy należy wykonać drogę tymczasową (np. z płyt MON) przystosowaną do obciążeń od ciężkiego sprzętu budowlanego (około 30 ton)
- po stronie komory końcowej powierzchnia placu budowy ogranicza się do wymiarów 15 m x 20 m, a szybu 3-4 m x 5-6 m
- do tego obszaru musi zostać zapewniony dojazd drogą technologiczną w celu wydobycia i transportu głowicy po zakończeniu mikrotunelowania



Microtunnelling

- Toruń jest pierwszym miastem w Polsce, które skorzystało z możliwości wykorzystania technologii mikrotunelingu do budowy instalacji komunalnych; mieszkańcy i władze samorządowe przekonali się, że tego typu inwestycja nie musi być uciążliwa dla miasta (wykonawcą było warszawskie przedsiębiorstwo BETA S.A.)
- Budowa kolektora ściekowego A + B była jednym z etapów realizowanej od kilku lat budowy oczyszczalni ścieków w Toruniu. Jego zadaniem jest połączenie północnej części miasta z nowo budowaną oczyszczalnią. Zakończenie tej inwestycji pozwoliło na wyeliminowanie bezpośredniego zrzutu ścieków do Wisły.
- Do budowy 4 odcinków mikrotunelu konieczne było wykonanie 5 komór technologicznych. Dwie komory startowe i trzy komory wyjściowe wykonano w technologii ścianek szczelnych z elementów stalowych wbitych metodą wibracyjną. Z każdej komory startowej wiercenie odbywało się w dwóch kierunkach. Do realizacji zadania wybrano głowicę firmy SOLTAU.



Microtunnelling

- Do budowy kolektora zastosowano specjalne przeciskowe rury wielowarstwowe, kompozytowe firmy Hobas o średnicy zewnętrznej 1720 mm. Rury o grubości ścianki 60 mm zdolne do przenoszenia sił wpychających na poziomie 510 ton zastosowane zostały do dwóch najdłuższych odcinków oraz częściowo do budowy drugiego odcinka. Rury o grubości ścianki 50 mm, zdolne do przenoszenia sił na poziomie 390 ton zostały użyte do budowy pierwszego - najkrótszego odcinka rurociągu.



Microtunnelling

Do mikrotunelowania wykorzystano głowicę firmy Herrenknecht ważącą około 40 ton



Charakterystyka inwestycji

nazwa projektu	Kolektor ogólnospławny DN 2400 w Warszawie, ul Prymasa 1000-lecia
termin realizacji	2000-2003
wykonawca	Hydrobudowa 9 Poznań
materiał	rury poliestrowe wzmocnione włóknem
średnica, mm	2400, 2000, 1229
długość	odcinki 2400: etap I – 1820m, etap II – 1326 m, etap III – 1228 m



Microtunnelling

Postęp wiercenia w zależności od warunków geotechnicznych wynosił 18-33 m



stacja siłowników pośrednich

Charakterystyka inwestycji

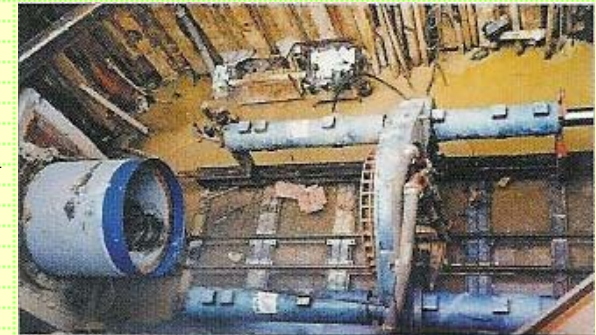
nazwa projektu	Kolektor ogólnospławny Wełnowiecki II pod Spodkiem we Katowicach
termin realizacji	2002-2003
wykonawca	BETA S.A. Warszawa
materiał	przeciskowe rury żelbetowe BETRAS
średnica, mm	DN 1400; DN 1600
długość	odcinek DN 1400 – 382; odcinek DN 1600 - 1029.5 m



Microtunnelling

Kolektor ogólnospławny Wełnowiecki II pod Spodkiem we Katowicach

- Obciążenia dynamiczne pochodzące od nacisków taboru kołowego niosły ze sobą pewne zagrożenia dla realizacji prac mikrotunelingu. Istotne było precyzyjne dostosowanie prędkości posuwu do ilości urabianego urobku z calizny, tak aby nie dopuścić do powstania pustki przed tarczą maszyny mikrotunelingu a w efekcie do powstania niecki osiadania na powierzchni terenu.
- Krytyczny okazał się 343 metr tunelu. Po 10-godzinnej przerwie technologicznej spowodowanej koniecznością wykonania konserwacji sprzętu, pomimo przyłożenia maksymalnej siły rurociąg nie drgnął.
- Rurociąg uległ zakleszczeniu w okolicy przejścia pod Aleją Korfantego. Poczynione zabiegi w celu zwiększenia sumarycznej siły pchania drugiej stacji pośredniej, która w efekcie mogła osiągnąć siłę rzędu 700 ton, oraz obfite smarowanie przestrzeni pomiędzy rurami a calizną wyrobiska w rejonie zakleszczenia przyniosły efekty po około trzydziestu godzinach od zatrzymania.



Zastosowanie technologii mikrotunelingu umożliwiło bieżące funkcjonowanie tak ruchliwego miejsca Warszawy, jakim jest Plac Wilsona, na którym odbywa się ruch tramwajowy, samochodowy i pieszy

Microtunnelling

Charakterystyka inwestycji

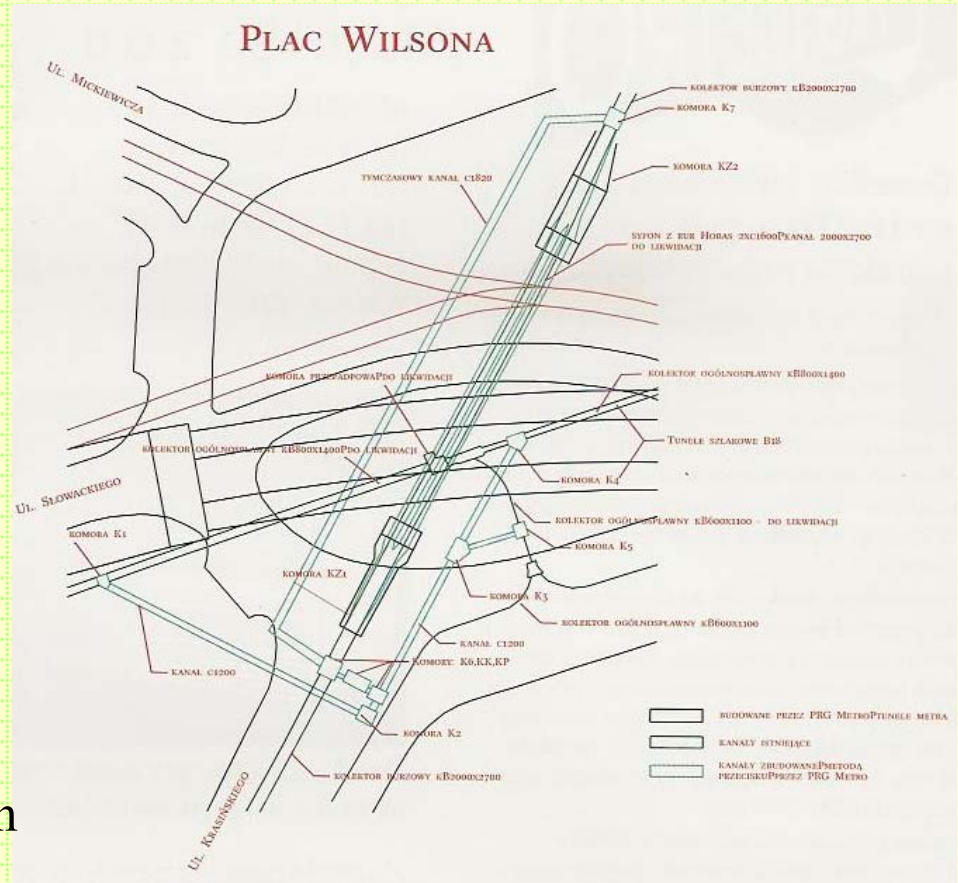
nazwa projektu	Przewód obejściowy między komorami K6-K7, obejście kanału ogólnospławnego, syfon dwuprzewodowy przełazowy
termin realizacji	2002
wykonawca	PRG „Metro”
materiał	rury stalowe, rury Hobas
średnica, mm	φ1820/12, φ1820/16
długość	132 m + 90 m + 120 m



Microtunnelling



spawanie i przesuw rur stalowych



Ostre reżimy technologiczne, ściśle przestrzeganie założonej technologii oraz duże doświadczenie kadry inżynierskiej pozwoliło zminimalizować osiadania i zachować w nienaruszonym stanie wszystkie urządzenia infrastruktury miejskiej i jezdnie ulic nad realizowanymi kanałami bez większych komplikacji ich codziennego działania.

Microtunnelling

- zastosowano rury kamionkowe obustronnie glazurowane z pierścieniem ze stali nierdzewnej ze stopem molibdenowym
- do mikrotunelowania wykorzystano głowicę firmy Herrenknecht

Charakterystyka inwestycji

nazwa projektu	Kolektor Umultowski wraz z kanałami bocznymi w Poznaniu
termin realizacji	2002
wykonawca	Hydrobudowa 9 Poznań
materiał	rury przeciskowe kamionkowe obustronnie glazurowane Crea Dig
średnica, mm	800
długość	etap I – 654 m, etap II – 815



Microtunnelling

- precyzyjnie (w ciągu 2 dni) wykonano 68-metrowy przecisk pod torami kolejowymi
- do mikrotunelowania wykorzystano głowicę firmy Herrenknecht AVN 800B
- dla ograniczenia uciążliwości dla otoczenia zastosowano 2 zestawy mikrotunelowe

Charakterystyka inwestycji

nazwa projektu	Kolektor sanitarny Wirski-etap II-Luboń
termin realizacji	2002
wykonawca	Hydrobudowa 9 Poznań
materiał	rury kamionkowe obustronnie glazurowane Crea Dig DN 800
średnica, mm	800
Długość, czas	742 m; 4.5 miesiąca



Wejście głowicy mix do komory roboczej Widok komory startowej

Microtunnelling

- z przeprowadzonych badań geologicznych wynikało, że warunki gruntowo-wodne są zróżnicowane; w rozpoznanym podłożu występowały zarówno grunty niespoiste (głównie piaski grube i średnie), jak i spoiste (gliny piaszczyste); na tej podstawie zostały odpowiednio dobrane tarcze głowicy maszyn do mikrotunelowania
- siły przeciskowe występujące w trakcie realizacji tunelu były na granicy 70 % dla rur kamionkowych
- na trasie kolektora występowały także otoczaki dochodzące do 20 cm średnicy, które stanowiły poważne wyzwanie dla elementów skrawających i kruszących głowicy.
- pomimo poważnych problemów spowodowanych znaczną długością tunelu osiągnięto sukces, m in. dzięki opracowaniu optymalnych proporcji mieszaniny bentonitowej, powodującej zredukowanie do minimum siły tarcia pobocznicy



Microtunnelling

Rury kamionkowe

- obserwuje się w wielu krajach nawrót do stosowania rur kamionkowych.
- badania kanalizacji techniką video wykazują, że rury kamionkowe glazurowane ulegały w trakcie ich eksploatacji jedynie uszkodzeniom mechanicznym z uwagi na popełniane błędy projektowe czy wykonawcze.
- nie obserwuje się w kanałach kamionkowych korozji ani ścierania się ich dna (zjawisko korozji i ścierania się dna często występuje natomiast w innych materiałach).



Microtunnelling

Rury kamionkowe

- rury kamionkowe przeciskowe KERAMO STEINZEUG jako jedyne posiadają dopuszczenie do stosowania na terenach występowania szkód górniczych (GIG, czerwiec 2000).
- przeciskowe rury kamionkowe dzięki swojej gładkości po zewnętrznej stronie (glazura tak wewnątrz jak i zewnątrz), znikomej ścieralności, oraz dużej wytrzymałości na ściskanie wzdłużne jak i dokładności wymiarów na złączy (frezowane końcówki) nadają się szczególnie do zastosowania w metodach bezwykopowych.



Mikrotunelowanie \varnothing 800 mm
najdłuższy odcinek 220 m



Warszawa Aleje Krakowskie \varnothing 400 mm

Microtunnelling

Rury kamionkowe

- zakłada się minimalny okres eksploatacji tych rur równy 80-100 lat
- kamionka jest produktem w pełni naturalnym a więc może podlegać recyklingowi
- żaden z gamy materiałów stosowanych do produkcji rur nie posiada takiej odporności chemicznej, biologicznej i nieodkształcalności przy zmiennych temperaturach



Rybnik (przejście pod torami kolejowymi)



Przejście pod drogą wylotową

Microtunnelling

Literatura:

Madryas C., Kolonko A., Wysocki L. *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*.
Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej. 2002.

Inżynieria Bezwykopowa

