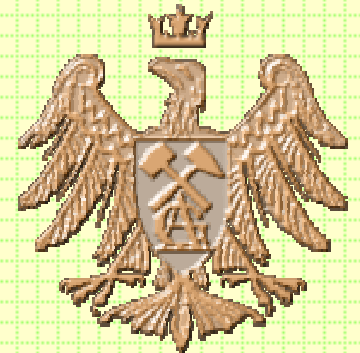


***Przewierty sterowane***  
***HDD – Horizontal Directional Drilling***  
***Wiercenia kierunkowe***  
***DD – Directional Drilling***

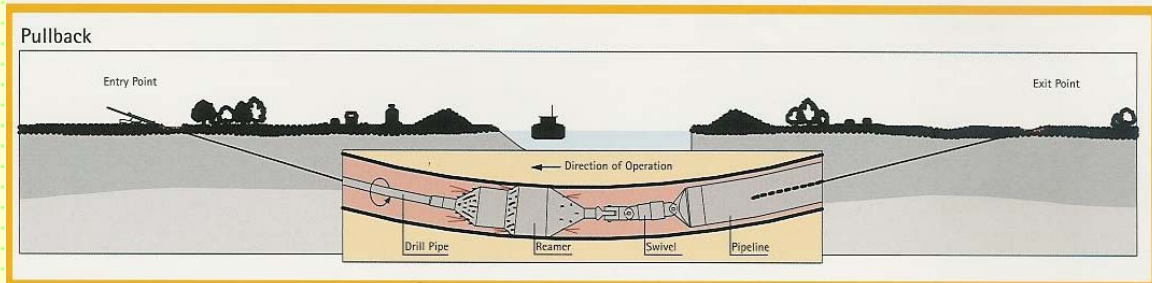
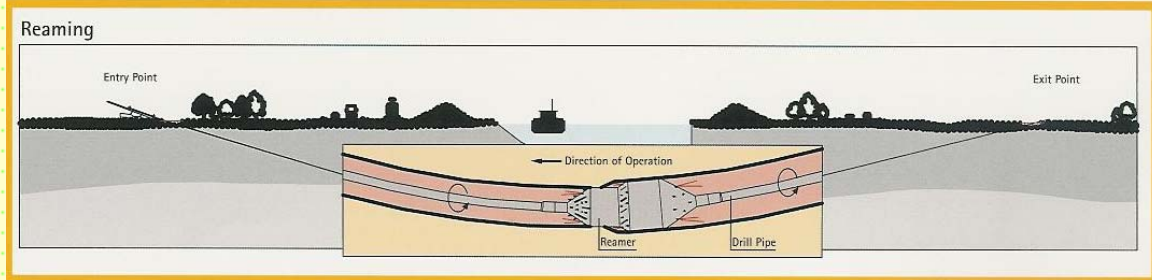
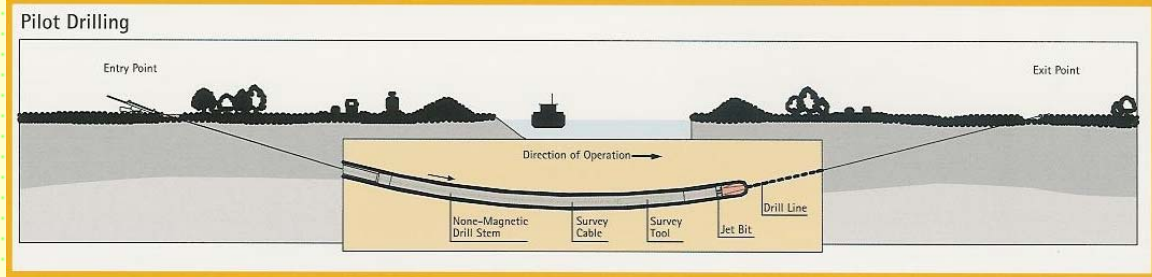
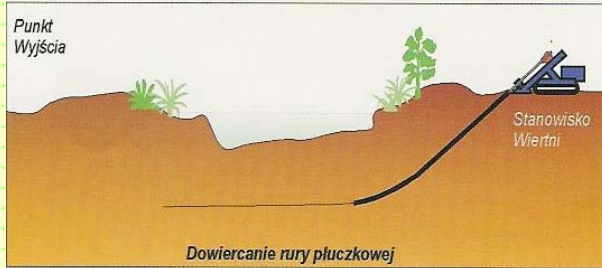
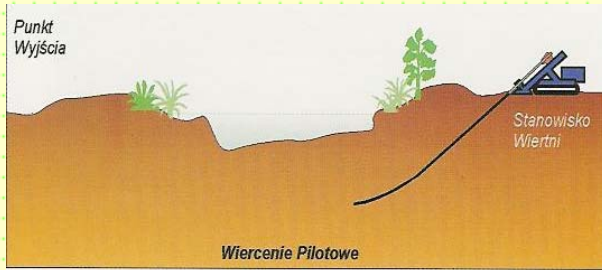


# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

- Technika przewiertów sterowanych jest połączeniem konwencjonalnych technik bezwykopowego pokonywania przeszkód naturalnych i inżynierskich oraz wierceń kierunkowych stosowanych w górnictwie naftowym.
- Technika ta stosowana jest w przypadku kabli, przewodów ciśnieniowych oraz grawitacyjnych. Polega ona na wykonaniu otworu pilotowego, jego rozwierceniu do wymaganej średnicy i wciągnięciu w tak przygotowany otwór końcowy projektowanej rury lub kabla. Podstawowymi parametrami decydującymi o zastosowaniu tej techniki są długość i średnica przewodu oraz lokalne warunki geologiczne. Najdłuższe odcinki przewodów wykonywanych tą techniką nie przekraczają długości 200 m i średnicy 1200 mm.
  - Za wyjątkowe osiągnięcie na świecie uważa się przekroczenie pod rzeką Sacramento gdzie zastosowano technikę przewiertu sterowanego dla rurociągu o średnicy 1076 mm i długości 1265 m.
  - W Polsce godne uwagi jest przekroczenie pod martwą Wisłą rurociągiem o średnicy 1200 mm i długości 504 m.

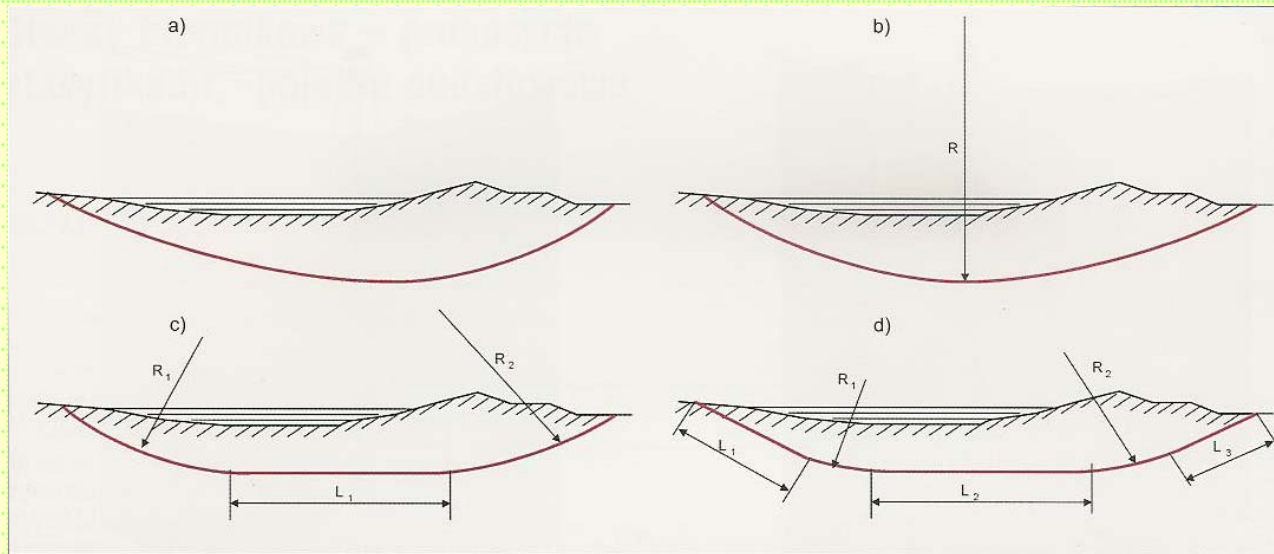


# HDD – Horizontal Directional Drilling



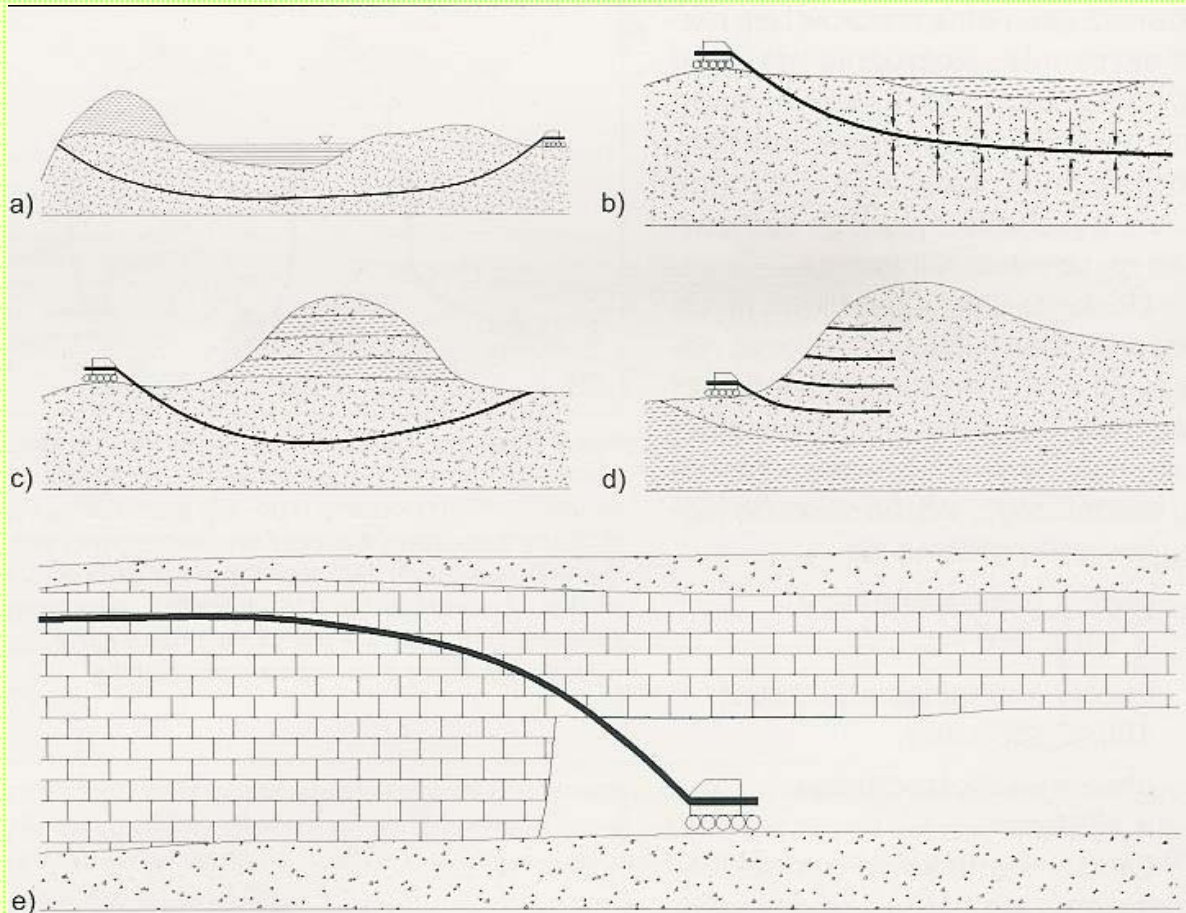
# HDD – Horizontal Directional Drilling

Podział poziomych otworów kierunkowych ze względu  
na kształt trajektorii osi otworu



- a) linia łańcuchowa przebiegu osi otworu wiertniczego,
- b) trajektoria osi otworu wiertniczego o stałym promieniu krzywizny,
- c) przebieg osi otworu wiertniczego składającej się z dwóch odcinków krzywoliniowych oddzielonych odcinkiem prostoliniowym,
- d) trajektoria osi otworu wiertniczego składająca się z pięciu odcinków na przemian prosto- i krzywoliniowych.

# HDD – Horizontal Directional Drilling

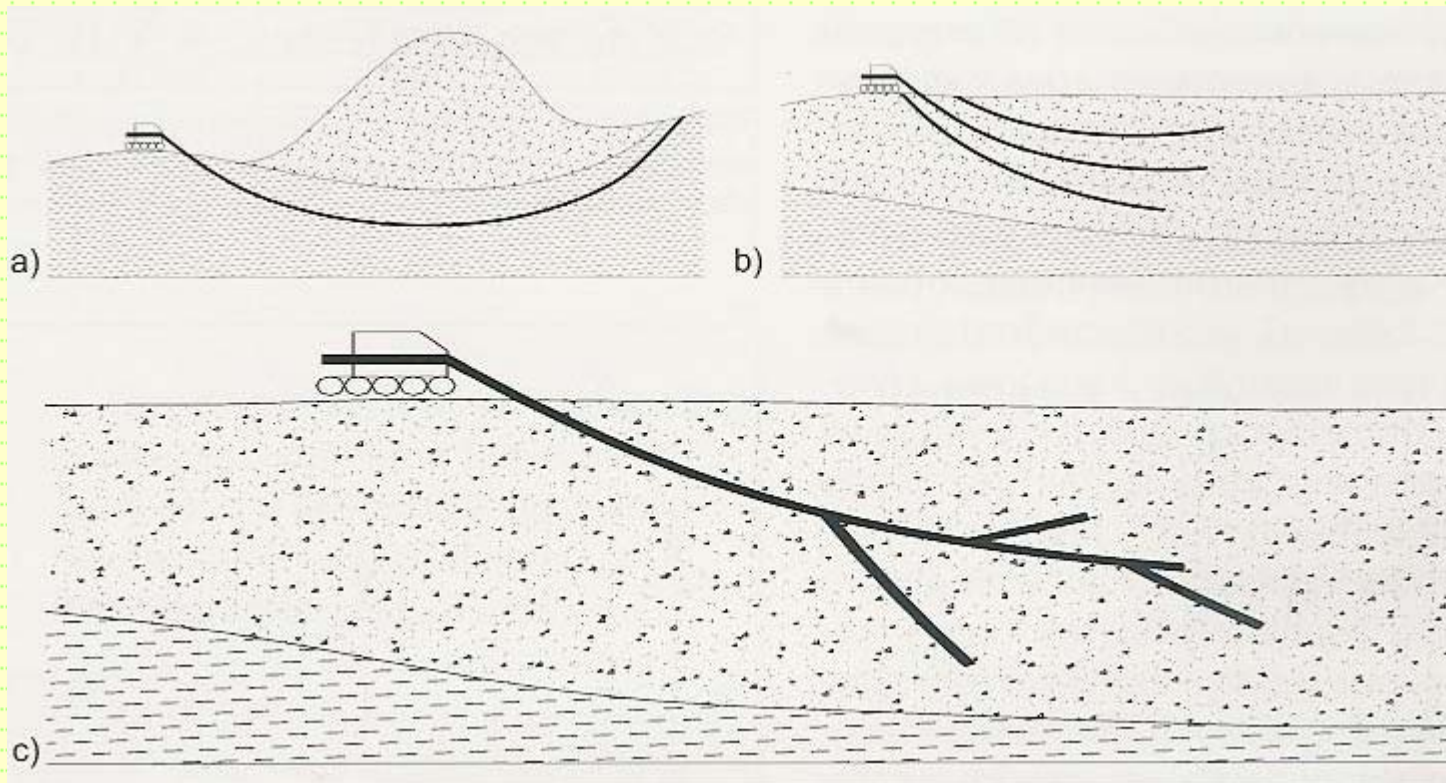


**Przeznaczenie  
poziome otworów  
kierunkowych**

a) budowa i wymiana podziemnych instalacji rurowych; b) melioracja gruntów oraz oczyszczający drenaż gruntów; c) tworzenie bariery ochronnej przy składowisku odpadów; d) wzmacnianie skarp; e) odgazowanie lub odwadnianie ośrodka

# HDD – Horizontal Directional Drilling

## Trajektorie poziomych otworów kierunkowych



- a) otwór pojedynczy
- b) otwory grupowe
- c) otwór wielodenny

# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## **Porównanie HDD z metodami klasycznymi**

Parametr	Wiercenie HDD	Metody klasyczne
roboty ziemne	minimalne (tylko przy brzegach)	bardzo duże
roboty czerpalne	brak	bardzo duże
kolizje	nie występują	bardzo uciążliwe
zniszczenia	brak	maksymalne
bezpieczeństwo	bardzo duże	średnie
czas budowy	zminimalizowany	bardzo długi
rura/ciąg rezerwowy	brak	wymagany
montaż	bardzo łatwy	uciążliwy
usprzętowanie	wyłącznie sprzęt specjalistyczny	bardzo duże
odbudowa koryt	nie występuje	kompletna
wpływ war. meteo	minimalny	maksymalny
ochrona wód	maksymalna	brak



# HDD – Horizontal Directional Drilling

Przygotowanie przedsięwzięcia polega na:

- wykonaniu badań geologicznych
- zaprojektowaniu profilu (trajektorii) otworu
- zaprojektowanie średnicy i materiału przewodu
- doborze płynu wiertniczego oraz urządzeń wiercących
- zorganizowanie placu budowy





# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## **Badania geologiczne**

- liczba otworów badawczych w dokumentacji geologicznej zależy od budowy gruntu oraz długości przewodu
- głębokość otworów powinna być większa niż 5-10 m od założonej głębokości przewiertu, aby możliwa była zmiana niwelety przewodu w razie niepowodzenia w wierceniu na planowanej głębokości
- na podstawie badań własności gruntów (analizy granulometryczne, badania laboratoryjne i polowe, sondowania i penetracje gruntu, CPT, SPT etc.) dobiera się płuczkę i urządzenia wierzące
- w obszarach zurbanizowanych niezmiernie istotne jest rozpoznanie i zinwentaryzowanie wszelkich urządzeń podziemnej infrastruktury technicznej, ewentualnych głazów narzutowych (na terenach polodowcowych) oraz pozostałości starej zabudowy. Zaniedbanie tego grozić może zniszczeniem lub uszkodzeniem urządzeń wierzących



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## **Projektowanie przewiertu i placu budowy**

- projektowanie przewiertu polega na doborze niwelety, średnicy, długości i materiału przewodu, wskazaniu lokalizacji punktów wejścia i wyjścia, określeniu dopuszczalnych promieni krzywizny, doborze płuczki i urządzeń wiercących oraz kontrolujących przebieg prac.
- rura przewodu powinna być wymiarowana ze względu na:
  - naprężenia zginające w czasie swobodnego ułożenia rury na rolkach, przed jej wprowadzeniem do gruntu
  - naprężenia rozciągające od ciśnienia testującego szczelność rury
  - naprężenia zginające i normalne do przekroju poprzecznego w trakcie przeciągania rury po krzywoliniowej trajektorii
  - naprężenia od zewnętrznych obciążeń gruntu
  - naprężenia rozciągające od ciśnienia wewnętrznego ( w przypadku przewodów ciśnieniowych)



# HDD – Horizontal Directional Drilling

W tabeli pokazano rekomendowane przez normy amerykańskie wymiary grubości ścianek i średnic rur stalowych

Średnica, D (") mm	Grubość ścianki, t (") mm
do (6 ") 152.4 mm	(0.25 ") 6.35 mm
(6-12") 152.4 – 304.8 mm	(0.375 ") 9.53 mm
(12-30") 304.8 – 762 mm	(0.5 ") 12.7 mm
ponad (30") 762	(D/t)=50

- w przypadku rur z PE i PEHD wskaźnik D/t waha się w granicach 10-12 i każdorazowo powinien być konsultowany z projektantem i producentem rur



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

- Po wyznaczeniu naprężeń i doborze geometrycznych parametrów rury konieczne jest określenie siły przeciągającej, której wartość zależy od ciężaru rury, żerdzi, kształtu trajektorii i powierzchni przekroju otworu, gęstości płynu wiertniczego oraz współczynnika tarcia rura-płuczka-grunt.
- Końcowym etapem projektowania, poza organizacją placu budowy, jest zaprojektowanie zewnętrznej izolacji rury, która ma na celu jej zabezpieczenie antykorozyjne (w przypadku rur stalowych) lub zmniejszenie ryzyka uszkodzenia rur podczas ich przeciągania przez skupiska skał zwięzłych (w przypadku rur z PE i PEHD). Do wykonania izolacji stosuje się powłoki cementowe (tylko dla rur stalowych) lub z elastycznych tworzyw sztucznych.
- Kąt wprowadzania głowicy wiercącej do gruntu waha się od 12-20°
- W zależności od wymiarów wiertnicy stosuje się żerdzie o długości:
  - 1.8 m – 2.0 m – dla małych wiertnic
  - 3.0 m – 3.5 m - dla średnich wiertnic,
  - 4.5 m – 5.5 m – dla dużych wiertnic i powyżej 10 m dla wiertnic od 40 ton



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

- Zestaw wierzący zajmuje od 500-3000m<sup>2</sup> powierzchni terenu (wiertnica, skład żerdzi i rur, zbiorniki do przygotowania i czyszczenia płuczki, generatory prądotwórcze i obiekty zaplecza technicznego).
- Projektując zaplecze należy pamiętać, że przed wprowadzeniem przewodu w grunt jego poszczególne elementy należy zespawać lub zgrzać.

Rodzaj wiertnicy	Długość przewodu [m]	Średnica przewodu [mm]	Długość żerdzi [m]	Moment obrotowy [kNm]	Siła uciągu (pchania) [kN]	Wydatek pompy płuczkowej [dm <sup>3</sup> /min]
Wiertnice małe	do 120	do 200	1.8–2.0	do 10	do 200	do 500
Wiertnice średnie	120-300	200-500	3.0-3.5	10-30	200-600	500-1000
Wiertnice duże	300-2000	500-1200	4.5-10.0	30-100	600-3000	1000-2500

# HDD – Horizontal Directional Drilling

## Wykonywanie otworu pilotowego

- wykonuje się go przy użyciu narzędzia wierzącego techniką wypłukiwania gruntu, urabiania strumieniem płuczki lub silnikiem węgelnym ze świdrem rolkowym
- narzędzie wierzące często ma postać głowicy sterującej zakończonej płytką sterującą (odchyloną od osi podłużnej o  $8-12^{\circ}$ ), która umożliwia omijanie podziemnych przeszkód leżących na trasie kabla lub rurociągu oraz wykonywanie krzywoliniowych odcinków
- podczas równoczesnego obrotu głowicy i jej pchania porusza się ona po linii prostej, a jeżeli głowica jest tylko pchana to następuje skręt trasy przewiertu w kierunku zależnym od położenia płytki (skręt nie może być większy od dopuszczalnego nachylenia żerdzi –  $4.5-6^{\circ}$ )
- średnice otworów pilotowych zależą od typu użytej płytki i wynoszą od 70-140 mm



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## **Wykonywanie otworu pilotowego**

- w głowicy umieszczona jest sonda umożliwiająca określenie kąta nachylenia głowicy względem poziomu, głębokości jej położenia oraz kąta obrotu opisującego położenie płytki względem osi obrotu (informacje te przesyłane są za pomocą detektorów z powierzchni terenu lub drogą kablową)
- niektóre urządzenia wierzące mają koronki przymocowane do rur płuczkowych umożliwiające wstępne poszerzenie otworu pilotowego; przewód z koronką rozwierającą stabilizuje otwór i umożliwia zmianę narzędzia wierzącego (realizacja skrętów i omijania przeszkód są realizowane dzięki łącznikowi umieszczonemu za narzędziem urabiającym grunt)
- pomimo iż HDD umożliwiają wykonywanie odcinków krzywoliniowych, to ze względu na trudności z późniejszym wprowadzaniem kabla lub rury technologicznej zaleca się wykonywanie przewiertów po trajektorii zbliżonej do prostoliniowej



# HDD – Horizontal Directional Drilling

## Poszerzenie otworu pilotowego i montaż rury technologicznej

- otwór pilotowy poszerza się przy użyciu sferoidalnego rozwiertaka zamontowanego w miejsce zdemontowanej głowicy wiercącej (w zależności od wymaganego rozmiaru otworu realizuje się to jednym lub kilkoma przejściami rozwiertaka)

Długość przewiertu, m	Materiał rury	Zwiększenie średnicy otworu w stosunku do średnicy rury, %
do 100	PE, PEHD	25
100-300	PE, PEHD	35
ponad 300	PE, PEHD	50
wszystkie długości	stal	50





# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## **Poszerzenie otworu pilotowego i montaż rury technologicznej**

- podczas wykonywania otworu pilotowego i jego rozwiercania podawana jest płuczka, która powinna charakteryzować się małą zawartością fazy stałej, dobrą smarnością, nietoksycznością wobec środowiska i łatwością oczyszczania mechanicznego. Ponadto powinny być kontrolowane parametry reologiczne płuczki, której zadaniem jest:
  - transport urobku i stabilizacja otworu
  - chłodzenie i smarowanie głowicy, rozwiertaków oraz sondy
  - przekazywanie mocy hydraulicznej do narzędzia urabiającego
  - ochrona rury i redukcja tarcia pomiędzy rurą a gruntem
- gwarancją prawidłowego przebiegu prac jest zachowanie właściwych proporcji pomiędzy parametrami reologicznymi płuczki, wydatkiem jej tłoczenia, wymiarami otworu i własnościami geotechnicznymi gruntu



# **HDD – Horizontal Directional Drilling**

## **Poszerzenie otworu pilotowego i montaż rury technologicznej**

- zazwyczaj stosuje się płuczki oparte na bazie bentonitów aktywowanych syntetycznymi polimerami klasy PHPA, co zwiększa zdolność dyspersji i uzyskiwania właściwości konsolidujących grunt, umożliwia selektywną fluktuację zwiercin oraz ogranicza tarcie, zmniejszając tym samym moment obrotowy
- podstawowymi cechami płuczek bentonitowych są:
  - czas przygotowania płynu nie dłuższy niż 15 min
  - niskie koncentracje materiału strukturotwórczego (od 20 do 40 kg/m<sup>3</sup>)
  - duży stosunek granicy płynięcia do lepkości plastycznej
  - wysokie - łamliwe żele i umiarkowana filtracja
  - znaczny postęp wiercenia wynikający z niewielkiej koncentracji fazy stałej
  - mały współczynnik tarcia
- w przypadkach przewiertów dla przewodów odwodnieniowych i drenażowych zalecane jest stosowanie płuczek biorozkładowych



# HDD – Horizontal Directional Drilling



siła uciągu/pchania	3.5 tony
moment obrotowy	1500 Nm
długość/szerokość	4.0 m/1.2 m
żerdzie wiertnicze:	
długość	1.83 m
promień gięcia	37 m

Wiertnica Vermeer  
Navigator D7x11a

Wiertnica kompaktowa wykorzystywana do wykonywania przewiertów:

- w dobrych i średnich warunkach geologicznych,
- długości max. do  $L \approx 60$  mb,
- zabudowując rury PE o średnicy max.  $\varnothing 160$  mm,
- szczególnie na obszarach silnie zurbanizowanych (gdzie jest mało miejsca na ustawienie maszyny)



# HDD – Horizontal Directional Drilling



Wiertnica Vermeer  
Navigator D24a

siła uciągu/pchania	8/11 ton
moment obrotowy	2380 Nm
długość/szerokość	4.6 m/1.2 m
żerdzie wiertnicze:	
długość	3.05 m
promień gięcia	62 m

Wiertnica wykorzystywana do wykonywania przewiertów:

- w dobrych i średnich warunkach geologicznych,
- długości max. do  $L \sim 150$ mb,
- zabudowując rury PE o średnicy max.  $\varnothing 315$ mm,
- szczególnie na obszarach silnie zurbanizowanych oraz w terenie otwartym



# HDD – Horizontal Directional Drilling



Wiertnica Vermeer  
Navigator D24x40a

siła uciągu/pchania	8/11 ton
moment obrotowy	5424 Nm
długość/szerokość	5.16 m/2.16 m
żerdzie wiertnicze:	
długość	3.05 m
promień gięcia	66 m

Wiertnica wykorzystywana do wykonywania przewiertów:

- w dobrych, średnich i ciężkich warunkach geologicznych,
- długości max. do  $L \sim 300$  mb,
- zabudowując stalowe i rury PE, średnica max.  $\varnothing 405$  mm,



# HDD – Horizontal Directional Drilling



siła uciągu/pchania	17.2/22.5 ton
moment obrotowy	13560 Nm
długość/szerokość	5.16 m/2.16 m
żerdzie wiertnicze:	
długość	3.05 m
promień gięcia	66 m

Wiertnica Vermeer  
Navigator D504x100a

Wiertnica wykorzystywana do wykonywania przewiertów:

- w dobrych, średnich i ciężkich warunkach geologicznych,
- długości max. do  $L \sim 600$  m,
- zabudowując stalowe i rury PE o średnicy max.  $\varnothing 600$  mm,
- w przypadkach przewiertów, gdzie mogą wystąpić szczególne utrudnienia (trudne warunki geologiczne, uzbrojenie terenu, nietypowe parametry przewiertu) oraz przy lokalizacji przewiertów w miejscach trudno dostępnych



# HDD – Horizontal Directional Drilling

- wiercenie pilotowe odbyło się zestawem dyszowym o średnicy 2 7/8”; problemem były niepokojące zaniki cyrkulacji płuczki
- w końcowym odcinku konieczne stało się wykopanie kilkunastu głazów, które uniemożliwiały wyjście niemagnetycznego zestawu pilotowego na powierzchnię
- ponieważ zaniki cyrkulacji mają bardzo niekorzystny wpływ na dalsze poszerzanie i instalację rury w otworze, zdecydowano się na próbę uszczelnienia otworu metodą cementacji

Charakterystyka inwestycji	
nazwa projektu	Kanał Wierzchno koło Barlinka
termin realizacji	2002
wykonawca	BETA S.A. Warszawa
materiał	rurociąg stalowy 509 mm/12 mm
średnica, mm	810
długość	550 m



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

- poszerzanie otworu w tych warunkach przebiegało stosunkowo wolno bo w miarę zwiększania się średnicy narzędzi, lokalizowano coraz to nowe skupiska otoczków; podczas jednego z marszów, naruszony gład osunął się do otworu, zakleszczając poszerzacz typu gryzowego. Uwolnienie tego narzędzia kosztowało nas kilka dni pracy przy użyciu drugiej wiertnicy po stronie rurowej.
- instalacja bardzo sztywnej rury DN 500 ze ścianką 12 mm na dystansie 550 m w otworze niecałkowicie wypełnionym płuczką wymagała znacznych sił ciągnięcia; użyto dwóch zblokowanych wiertnic, dających siłę osiową 85 ton; instalacja trwała niespełna 8 godzin; siła ciągnięcia wahała się od 25 ton do 65 ton w sekcji kamienistej





# HDD – Horizontal Directional Drilling

Charakterystyka inwestycji	
nazwa projektu	Przekroczenie Wisły we Włocławku (budowa linii światłowodowej dla rurociągów produktów naftowych)
termin realizacji	kwiecień – maj 2003
wykonawca	Telbial Sp. z o.o.
materiał	HDPE $\Phi$ 180 mm; 4 x HDPE $\Phi$ 40 mm
średnica, mm	355 mm
głębokość	18 m
długość	628 m + 568 m
wiercenie pilotowe	świder gryzowy 159 mm + krzywy łącznik
schemat poszerzania	poszerzenie - poszerzacz stożkowy Kodiak – 355 mm

Odcinek rzeki Wisły na wysokości realizowanego przekroczenia ma szerokość regulacyjną ok. 300 m, zaś rzeczywista szerokość koryta dochodzi do 600 m.



# HDD – Horizontal Directional Drilling



teren wiercenia z prawego brzegu Wisły



teren wiercenia z lewego brzegu Wisły



wypływ z otworu  
po stronie  
maszynowej  
(widoczny szlam  
organiczny)

świder  
gryzowy  
159 mm



# DD – Directional Drilling

## Opis technologii

- przewiertki poziome polegają na wykonywaniu w gruncie poziomego otworu przy zastosowaniu wiertnicy ślimakowej
- przewiertki bez rury osłonowej są stosowane sporadycznie ze względu na ograniczoną przydatność (małe średnice i krótkie odcinki rurociągów wykonywane w prostych warunkach geologicznych); ponadto ze względu na możliwość wystąpienia osiadań są one zastępowane przewiertkami z rurą osłonową
- przewiertki mogą być wykonywane zarówno z wykopów jak i studni kanalizacyjnych o średnicy nie mniejszej niż 2000 mm; po wykonaniu przewiertu studnia przekształcana jest zazwyczaj w studnię rewizyjną o mniejszej średnicy (np. 1200 mm)

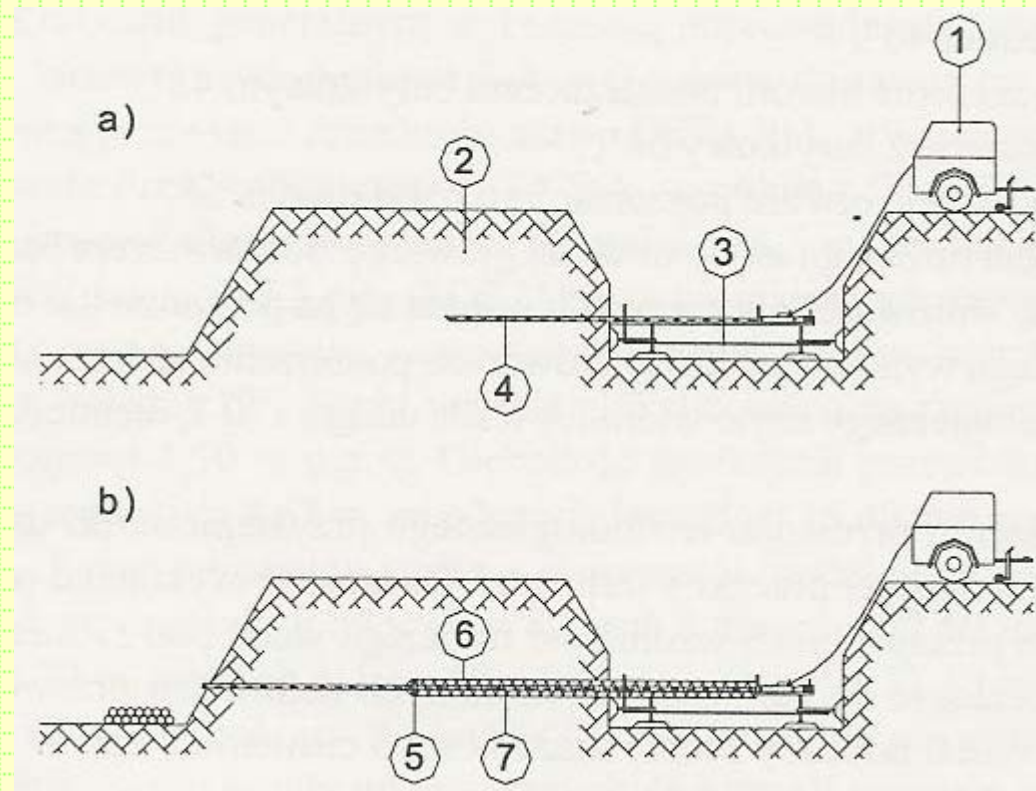


# DD – Directional Drilling

## Opis technologii

Przewierty z rurą osłonową wykonywane są w dwóch etapach:

- a) etap I – przeciskanie z obrotem żerdzi obrotowej
- b) etap II – poszerzanie otworu (wiercenie) i wciskanie rury osłonowej



1 – agregat hydrauliczny; 2 – przeszkoda; 3 – sterowana wiertnica pozioma, 4- lanca pilotująca; 5 - głowica poszerzająca; 6 – wiertnica ślimakowa; 7 – stalowa rura osłonowa

# DD – Directional Drilling

**Metodyka wykonywania przewiertu poziomego przedstawia się następująco:**

- wykonanie przecisku (otworu pilotowego) za pomocą żerdzi, demontowanych w komorze odbiorczej; kierunek żerdzi i ich spadek kontrolowany jest przy użyciu urządzeń geodezyjnych (np. teodolitu)
- poszerzenie otworu pilotowego przy użyciu wiertnicy ślimakowej ulokowanej w osłonowej rurze stalowej
- instalowaniu rur technologicznych wprowadzanych za wiertnicą i rurami osłonowymi, które są demontowane w miarę upływu prac



# ***DD – Directional Drilling***

- łatwość wykonywania przewiertów jak również niewielka powierzchnia terenu potrzebnego do wykonania instalacji powodują, że metoda ta znajduje coraz większe zastosowanie
- przy realizacji przykanalików, prowadząc przewody promieniście, można z jednej studni podłączyć kilka budynków
- ograniczeniem tej metody jest możliwość jej stosowania tylko dla niedługich odcinków (kilkadziesiąt metrów) bez utraty kierunku i spadku rurociągów
- do wykonywania kanalizacji przewiertami poziomymi wykorzystuje się także rury z betonu, polimerobetonu i GRP
- odmianą tej metody stosowaną dla większych średnic są przewiert teleskopowe, zaliczane często do przecisków hydraulicznych; w metodzie tej najpierw na zaprojektowaną odległość wykonuje się przewiert w rurze o większej średnicy, przez którą wykonuje się przewiert w rurze o mniejszej średnicy – tworząc niejako teleskop składający się na pewnym odcinku z dwóch (lub kilku) rur.



# ***HDD – Horizontal Directional Drilling***

## ***DD – Directional Drilling***

### Literatura:

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

Czudec K., Osikowicz R. Wybrane zagadnienia wykonywania horyzontalnych  
przewierć kierunkowych. NTTB Nr 1. 1998.

