



# **Posa di condotte interrato mediante trivellazione orizzontale controllata - TOC**

***La Trivellazione Orizzontale Controllata:  
Elementi di Progettazione in Ambito Urbano ed Extraurbano***

***Dott. Geol Alessandro Olcese***

***Direttore Scientifico IATT***



## Indice degli argomenti:

- **Indagini Preliminari**
- **Progettazione TOC**
- **Esecuzione TOC**
- **Case History**

## Le Indagini Preliminari sono propedeutiche a valutare la fattibilità della TOC e a definire il progetto esecutivo

### Dipendono:

- dal contesto ambientale in cui la nuova infrastruttura deve inserirsi (urbano, extraurbano etc)
- dalla tipologia stessa del sottoservizio da posare

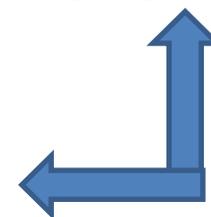
## AMBITO EXTRAURBANO

- Topografia;
- Analisi della documentazione esistente;
- Inquadramento geologico del sito;
- Sondaggi e carotaggio continuo;
- Prove penetrometriche;
- Indagini geofisiche (tra cui georadar utilissimo specie per accertamenti sottoservizi esistenti in ambito urbano);
- Prove di laboratorio geotecnico (granulometrie, resistenza, permeabilità);
- Presenza di sottoservizi e/o ostacoli



**RELAZIONE GEOTECNICA**

**sezione stratigrafica/geotecnica lungo il profilo di progetto**



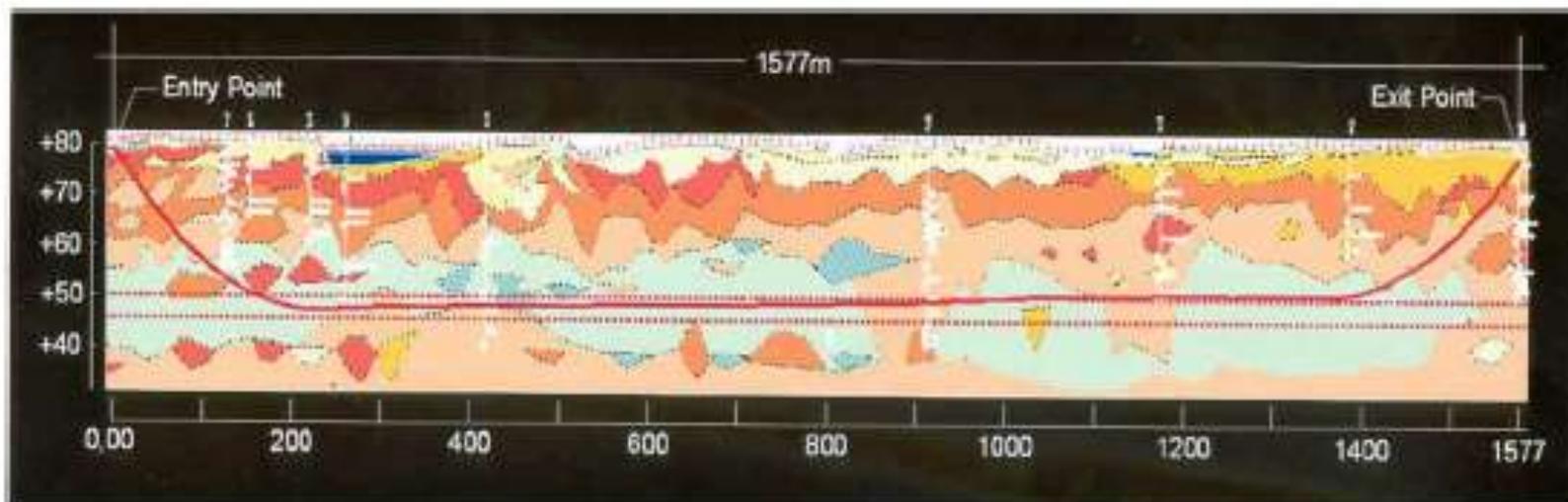
## AMBITO URBANO

Conoscenza della litologia del sottosuolo per la profondità di interesse;

Mappatura ed identificazione dei sottoservizi esistenti

Comunque

**Ricostruzione stratigrafica speditiva lungo il profilo di perforazione**



**Figura 1 – Esempio di sezione stratigrafica complessa con l'individuazione del profili di perforazione**



**FATTIBILITA'**

**NON FATTIBILITA'**

***Sempre meglio non intestardirsi in caso di terreni molto sfavorevoli!!!***

**TABLE 2-1 HDD Feasibility Guidelines**

Earth Material	Gravel % by Weight	HDD Feasibility
Very soft to hard strength, possibly slickensided clay	NA	Good to Excellent. Penetration of strong clay surrounded by looser soils may result in the bit skipping at the interface. Bit steering may be difficult when passing through soft soil layers.
Very loose to very dense sand with or without gravel traces.	0 to 30	Good to Excellent. Gravel may cause steering problems.
Very loose to very dense gravelly sand.	30 to 50	Marginal. In these conditions drilling fluid characteristics are critical to success. Bit steering may be inaccurate.
Very loose to very dense sandy gravel.	50 to 85	Questionable. Horizontal penetration for any appreciable distance will be extremely difficult. Bit steering will be inaccurate.
Very loose to very dense gravel.	85 to 100	Unacceptable. With current technology horizontal penetration is almost impossible. This type of material must be avoided or penetrated at a steep angle.
Rock	NA	Excellent to Unacceptable. Softer or weathered materials offer good HDD characteristics. Penetrating solid rock after passing through soil may be difficult due to the bit's tendency to skip on the lower hard surface. Rock in the rounded cobble form is almost impossible to drill.



## Un pericolo per la fattibilità TOC:

**ghiaie e ciottoli in scarsa matrice fine**

## SOLUZIONI:

**Contemplano l'asportazione, il trattamento delle ghiaie o la posa di guaine di protezione**

La soluzione prescelta deve avere anche un **significato economico**, altrimenti è meglio lasciar perdere.

Continuare testardamente contro condizioni litologiche o ambientproibitive porta danni

- all'impresa esecutrice,
- al Cliente
- all'immagine della tecnologia



**Per un approfondimento sulle Indagini Preliminari vi invito a consultare la Prassi UNI/PdR 26.3.2017**

**«Tecnologie di realizzazione delle infrastrutture interraste a basso impatto ambientale»**



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 11

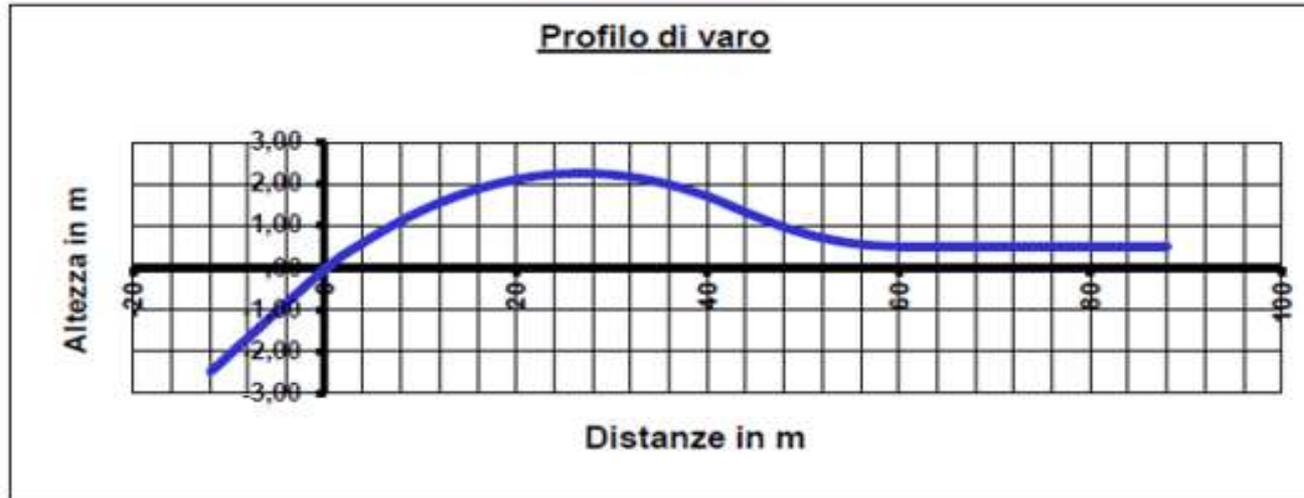


## PROGETTAZIONE DI UNA TOC

- Profilo di Trivellazione
- Angolo entrata/uscita
- Raggio di Curvatura
- Raggio di Curvatura Combinato
- Overbend
- Calcolo degli Sforzi di Tiro

- Angoli di entrata ed uscita di solito compresi tra  $6^\circ$  e  $15^\circ$
- Angolo di uscita condiziona l'Overbend
- Sezioni di entrata ed uscita
- Raggio di curvatura  Ruolo Fondamentale
  
- **Tubi in polietilene: profilo condizionato da raggio minimo di curvatura aste di trivellazione**
  
- **Tubi in acciaio: profilo condizionato da raggio minimo di curvatura dei tubi stessi**

## Overbend



## Raggio Combinato

$$R_{combined} = \frac{\sqrt{R_h^2 + R_v^2}}{\sqrt{R_h^2 + R_v^2}}$$

$R_{combined}$  = raggio combinato [m]  
 $R_h$  = raggio orizzontale [m]  
 $R_v$  = raggio verticale [m]

© r

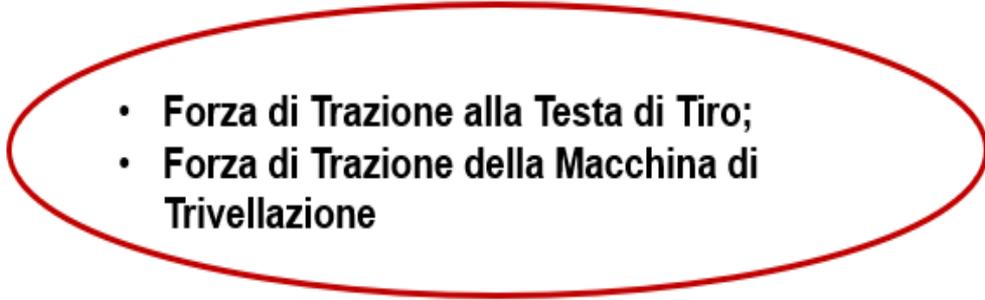
<b>RECOMMENDED VALUES FOR DRILLING PROFILE DIMENSIONS</b>			
<b>PIPELINE DIAMETER (mm)</b>	<b>MINIMUM RADIUS (m)</b>	<b>MAXIMUM ANGLE OF ENTRY</b>	<b>MAXIMUM ANGLE OF EXIT</b>
< 200	250	18°	16°
250 , 300	350 , 400	18°	14°
350 , 400	450 , 500	14°	12°
450 , 500	550 , 600	12°	10°
550 , 600	650 , 700	12°	8°
650 , 700	800 , 850	10°	8°
750 , 800	850 , 950	8°	6°
850 , 900	900 , 1000	8°	6°
950 , 1000	1000 , 1100	6°	4°
1050 , 1100	1100 , 1200	6°	4°
1200 , 1400	> 1400	6°	4°

**Table 8 - Recommended minimum radius values for steel pipelines**



## SFORZI DI TRAZIONE

- Le sollecitazioni indotte alla tubazione dall'operazione di tiro-posa rientrano nei livelli di sollecitazione consentiti;
- La macchina e l'attrezzatura siano in grado di fornire la potenza sufficiente necessaria per l'installazione della tubazione in conformità con quest'ultima

- 
- **Forza di Trazione alla Testa di Tiro;**
  - **Forza di Trazione della Macchina di Trivellazione**



**DETERMINAZIONE DELLE DIMENSIONI DELLA MACCHINA  
DI TRIVELLAZIONE E SUO ANCORAGGIO**

## Tipologia Tubazioni

Ambito di utilizzo	PE	Acciaio	Ghisa Sferoidale
Acqua	X	X	X
Drenaggio	X	X	X
Fognatura	X	X	X
Gas Bassa pressione (fino a 5 bar)	X	X	
Gas Media/alta pressione e idrocarburi liquidi		X	
Elettricità	X		
Telecomunicazioni	X		
Scarichi per rimozione inquinamento	X		

Nome relatore \_\_\_\_\_

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giornata / Mese / Anno

pag. 17

## FASI DI LAVORO

1. Trivellazione foro pilota



Controllo direzionale

2. Alesaggio

3. Operazione di tiro-posa

## CONTROLLO DIREZIONALE

- **Sistema Walk Over**
- **Sistemi MGS** (Magnetic Guidance System) solitamente con trasmissione via cavo
- **Sistema giroscopico**

## ALESAGGIO E TIRO-POSA

- Batteria di aste di tiro;
- Alesatore;
- Giunto antirotazione;
- Testa di tiro;
- Condotta





Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 21



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 22



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

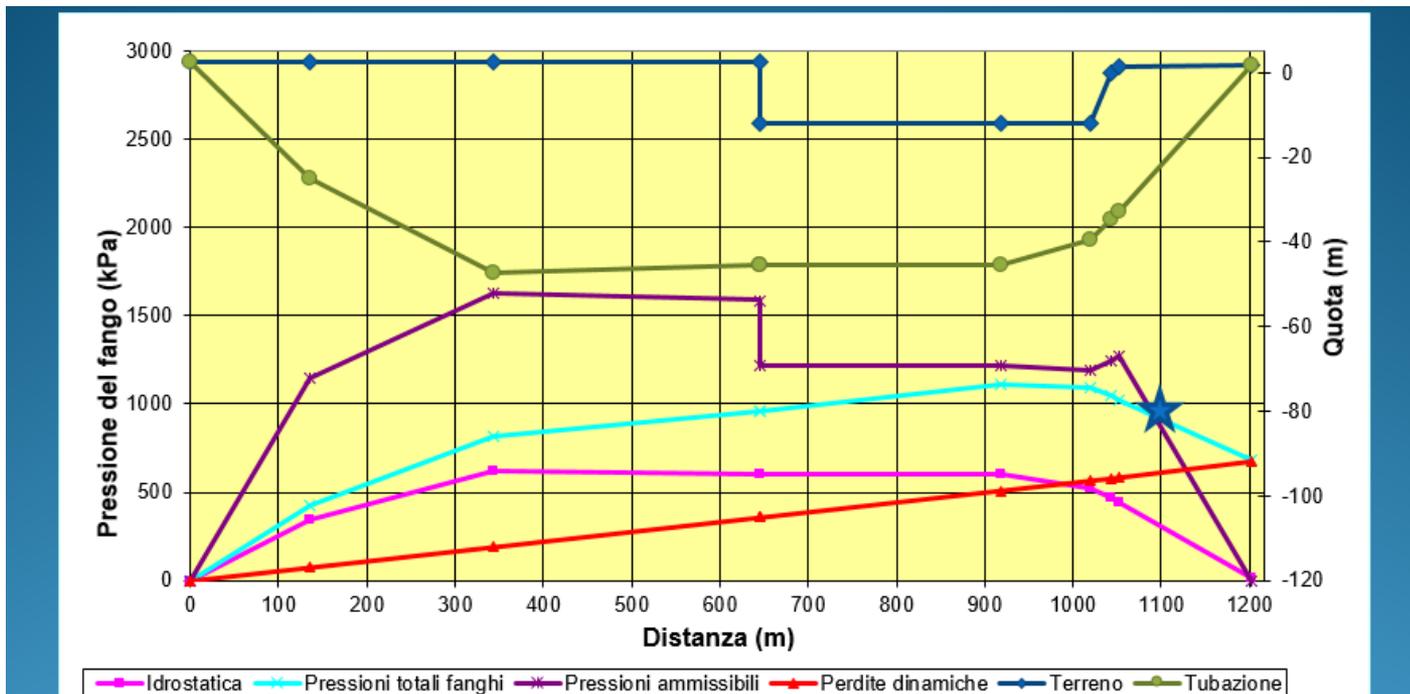
Giorno / Mese / Anno

pag. 23

## FLUIDI DI TRIVELLAZIONE

- La scelta del fluido è in funzione dei terreni da perforare;
- E' determinante per la riuscita dell'opera;
- Frequentemente bentonitici;
- Si possono aggiungere additivi

*Al termine vanno portati in discarica per rifiuti non tossici e non pericolosi*



Si noti che là dove la pressione dei fanghi supera la resistenza del terreno si possono verificare venute a giorno di fango. Ciò avviene tipicamente nel tratto terminale della perforazione, dove minori sono le coperture del terreno e conseguentemente la sua resistenza.

## ASTE DI PERFORAZIONE

Lunghezza variabile fra i 2 e i 10 m  
Diametro compreso fra i 28 e i 200 mm

Servono a:

- Spingere la testa di trivellazione;
- Ruotare la testa di trivellazione e i suoi strumenti;
- Dirigere la trivellazione in curva verticale e/o orizzontale;
- Trasportare il fluido di trivellazione;
- Estrarre gli strumenti di alesatura;
- Installare il tubo realizzato

## IMPIANTI DI PERFORAZIONE

- RIG;
- Unità di produzione dell'energia;
- Posto di comando;
- Unità fanghi;
- Unità vibrovaglio;
- Unità approvvigionamento idrico;
- Aste di perforazione;
- Triconi – lancia di perforazione – scarpe direzionali;
- Attrezzature di alesaggio e tiro-posa

## POTENZIALITÀ E LIMITI DI APPLICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI PERFORAZIONE (RIG)

<i>Tipo di</i>	<i>Caratteristiche impianto</i>		<i>Limiti di perforazione</i>	
	<i>Tiro max. (KN)</i>	<i>Torsione max. (KN.m)</i>	<i>Lunghezza max. (m)</i>	<i>Diametro max. (mm)</i>
<b>Mega</b>	5000	136	>2000 (con DN 1200)	1800
<b>Maxi</b>	2500	90	>2000 (con DN 700)	1400
<b>Midi</b>	500	20	>500 (con DN 400)	800
<b>Mini</b>	100	5.0	>150 (con DN 200)	400
<b>Micro</b>	25	1.0	>50 (con DN 90)	125

Nome relatore \_\_\_\_\_

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 28



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 29



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 30



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

## CASE HISTORY

- *ATTRAVERSAMENTO AREA IN FRANA*
- *ATTRAVERSAMENTO FIUME TICINO*
- *ATTRAVERSAMENTO FIUME SESIA*
- *ATTRAVERSAMENTO FIUME PO CON INTERSECT*



## **ATTRAVERSAMENTO AREA IN FRANA**

**Metanodotto Borgotaro –Sestri Levante**

**Località Nopei**

Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 33



# Il contesto operativo



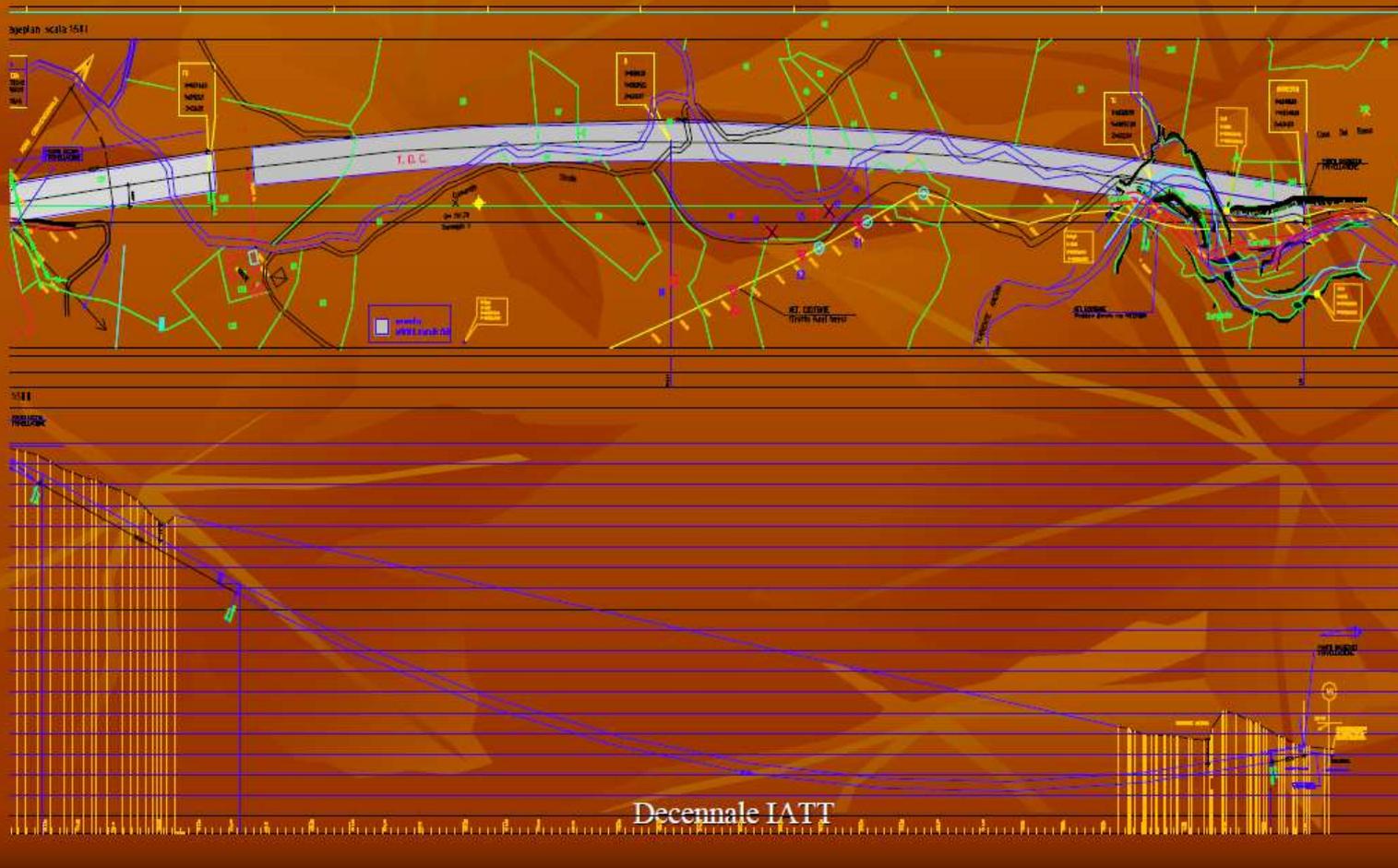


## Il progetto

- Lunghezza della trivellazione m. 840
- Diametro della condotta mm 400
- Diametro alesato mm 650
- Differenza di quota fra punto di ingresso e punto di uscita m 140
- Natura del terreno: areniti, calcareniti e marne, carico assiale 55 ÷ 204 Mpa



# Il profilo da realizzare



Nome r





# I due estremi della trivellazione



Il punto di uscita

19.07.2004 12:44

Decennale IATT

Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



# Inizio foro pilota



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



# Alesatura a spinta



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 39



# La curva di imbocco



Decennale IATT

Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 40



**OLEODOTTI FERRERA – RHO**

**ATTRAVERSAMENTO FIUME TICINO**

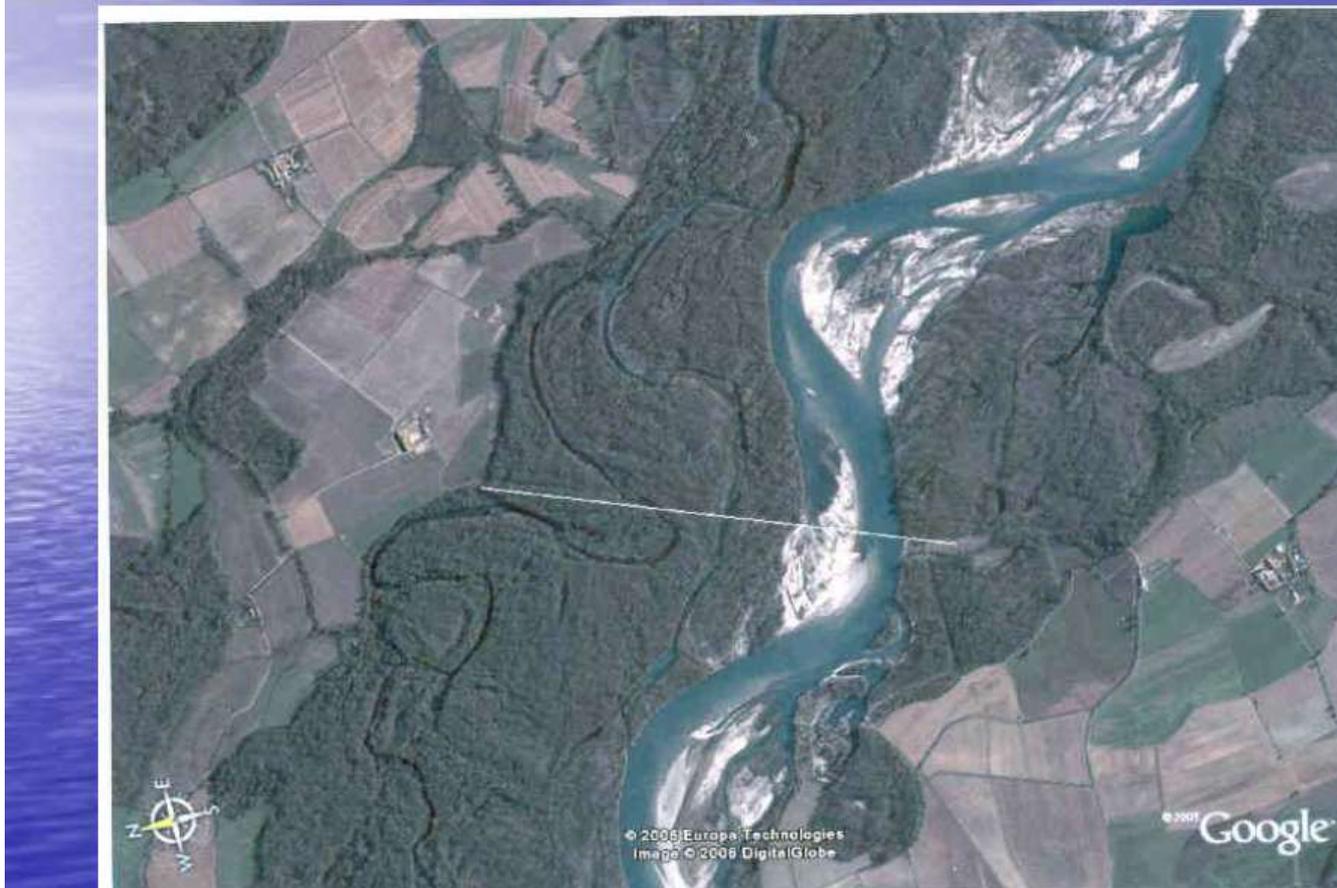
Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



# L'attraversamento



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 42

# Le dimensioni del progetto

- Lunghezza della trivellazione m 1.577
- Diametro del foro alesato mm 660
- Fascio tubiero composto da
  - 1 DN 250 (10")
  - 1 DN 200 (8")
  - 1 DN 100 (4")



# Durata delle fasi e avanzamento

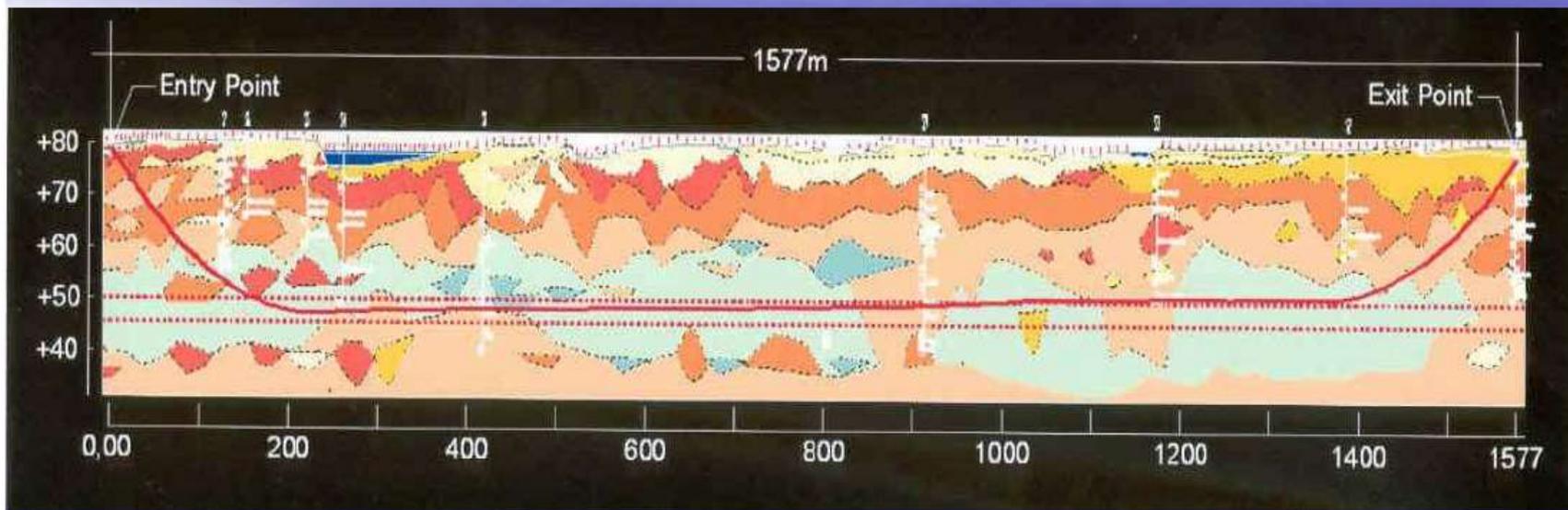
## 8. RATES OF PENETRATION

Operation	Length, m	Time, h	ROP, m/h
Pilot drilling 10 5/8"	1585	105	15.5
Casing operation in - out	400	20	20.0
Reaming 26"	1585	89	17.8
Pipeline pulling	1585	44	36.0

**Durata totale delle operazioni: 23 giorni**



# Il profilo geologico



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 45



Large Horizontal Directional Drilling projects

# Guaina DN 36" protezione dalle ghiaie al punto di ingresso



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 46



Large Horizontal Directional Drilling projects

# Protezione dalle ghiaie lato punto di uscita



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 47



Large Horizontal Directional Drilling projects

# Impostazione cantiere Rig 350 ton



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



# La catenaria di varo



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 49



# L'inizio del varo



Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 50



Large Horizontal Directional Drilling projects

# E la sua conclusione



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 51



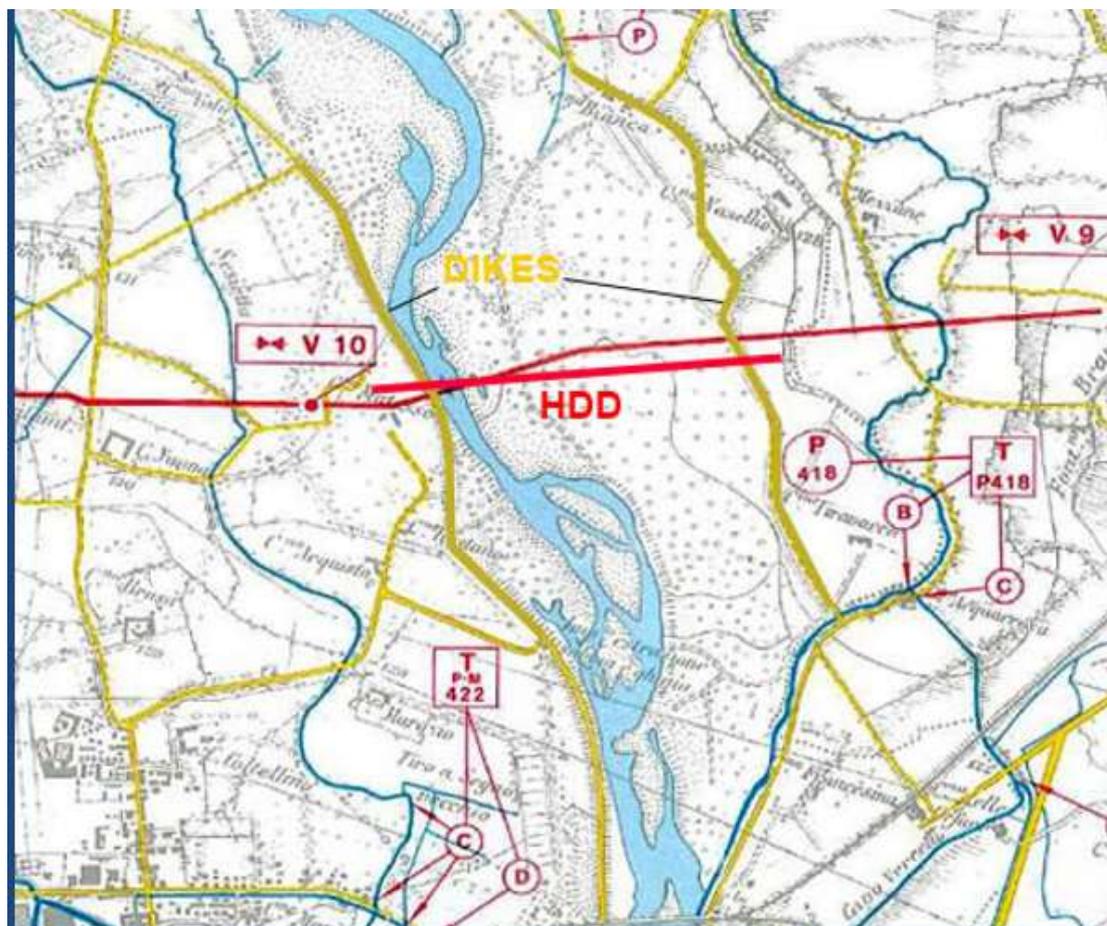
## **OLEODOTTO TRECATE – CHIVASSO DN 250 (10)**

### **ATTRAVERSAMENTO FIUME SESIA**

Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

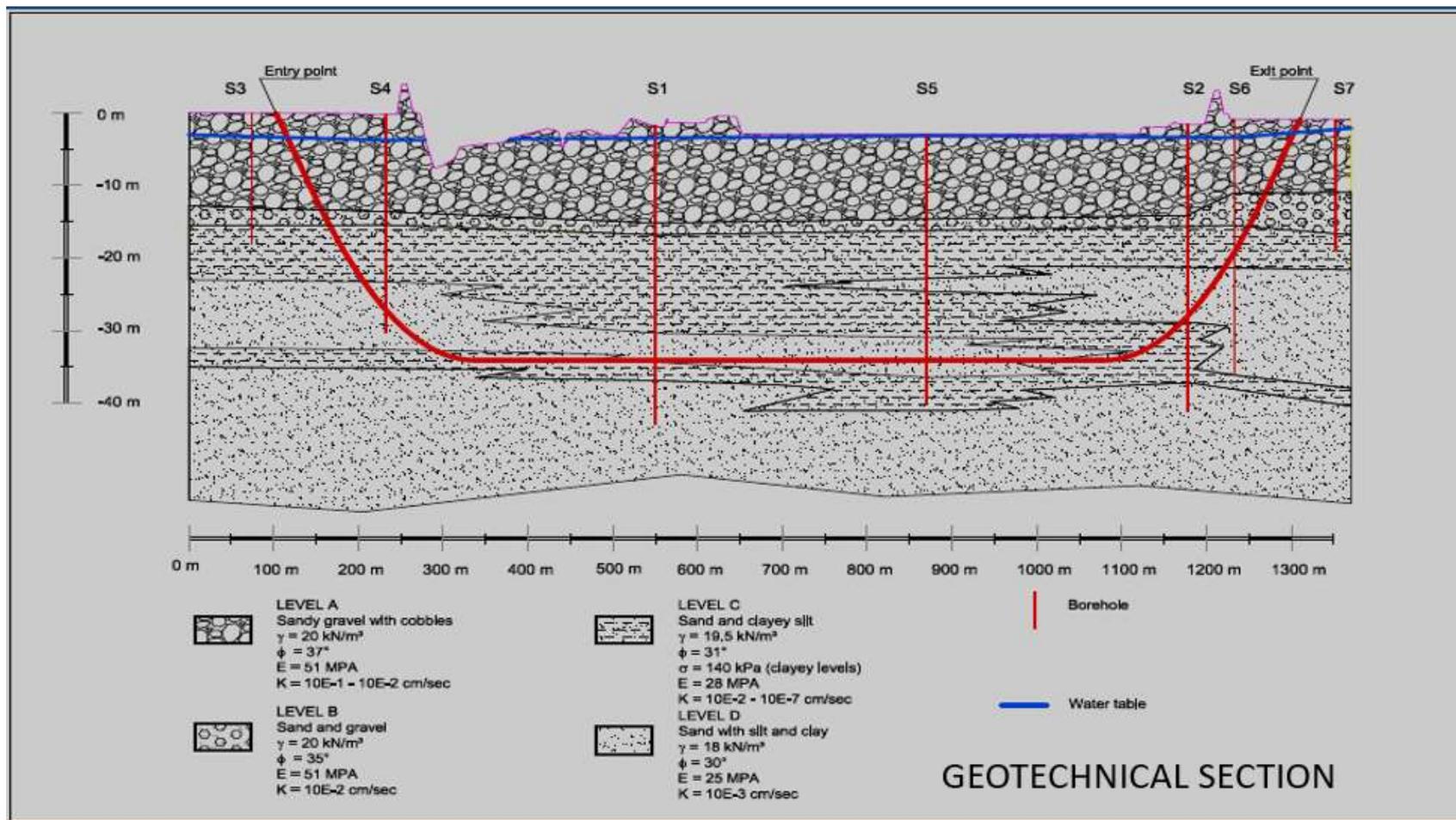


Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

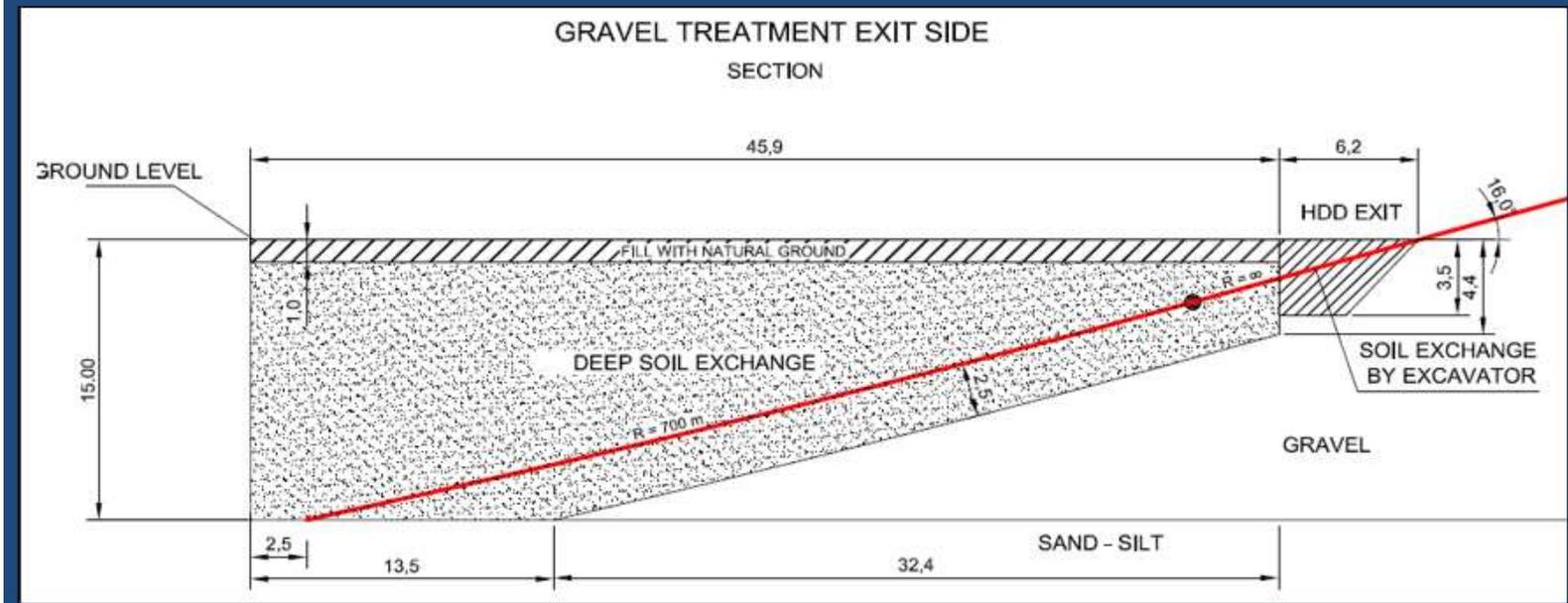
Giorno / Mese / Anno

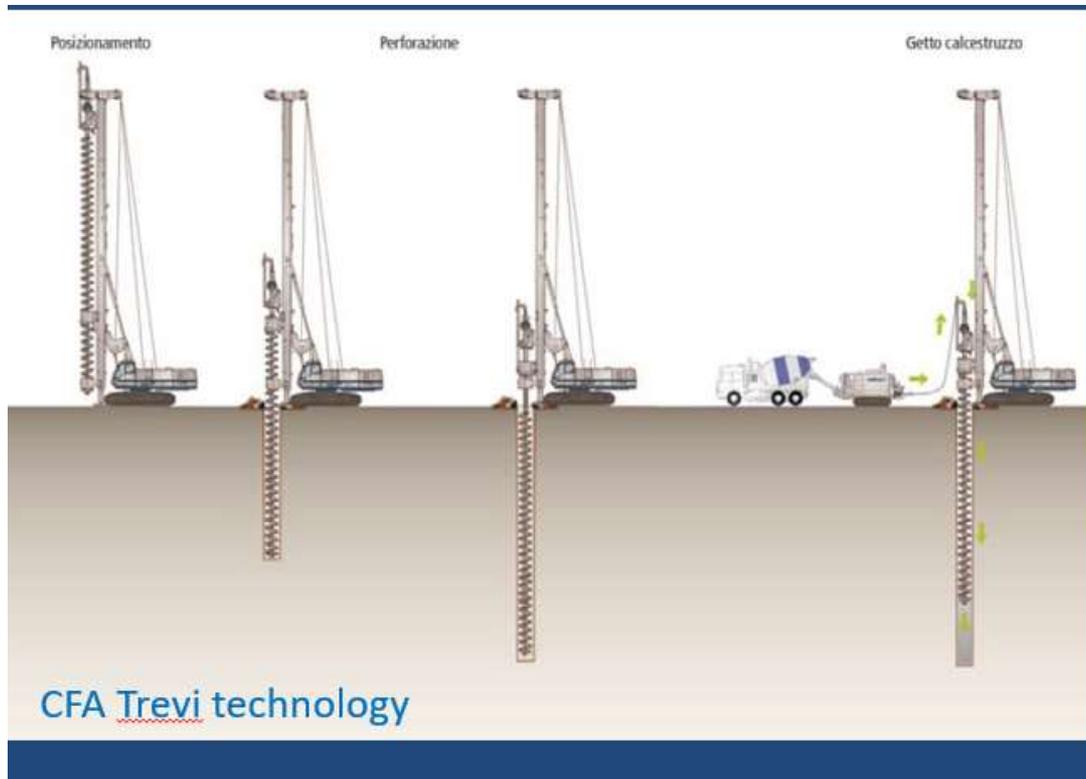
pag. 53



Due to the impossibility to cross the gravelly layer, the only way of realizing the project HDD is to exchange the inadequate soil present up to 15 m with a proper drillable material, for a corridor of sufficient width, both at the entry and at the exit side. Because of the high depth of such a operation and to the presence of the superficial water table, it couldn't be carried out by traditional trenching technique.

Following an accurate evaluation of the possible alternatives, a particular solution was find out, adapting the Trevi technique CFA.





The gravel exchange was carried out by creating a concrete block by means of secant piles realized using the CFA Trevi technology.

That consists of :

- drilling a vertical hole up to the design depth by a continuous auger
- while pulling back the auger, filling the hole with cement grout from the bottom up to the top.



Trevi machineries at work for extracting the gravel and replacing it with cement grout





The HDD profile has the following characteristics:  
length= 1206 m, max. depth= 32 m, entry and exit angle= 16°, bending radius= 700 m.

The profile crosses:  
from 0 to 15 m of depth: artificial concrete block; from 15 up to the bottom: sandy, silty and clayey soils.



LMR drilling Rig Side working area

Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



Punching out of the drilling string, perfectly aligned with the product pipe string

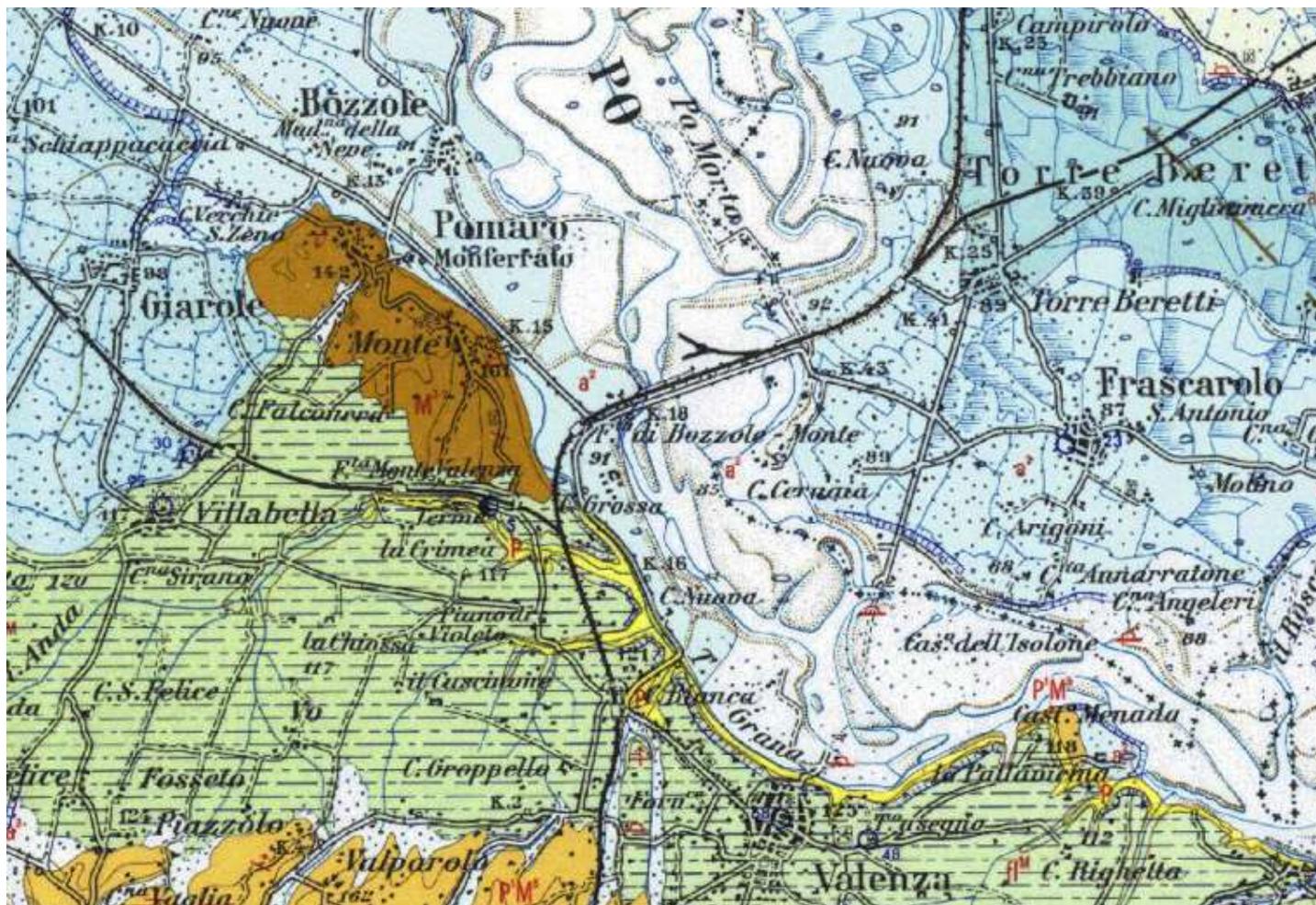


Particular of the 14 3/4" drilling head



## ATTRAVERSAMENTO FIUME PO

CON IL METODO «MEETING IN THE MIDDLE» o «INTERSECT»

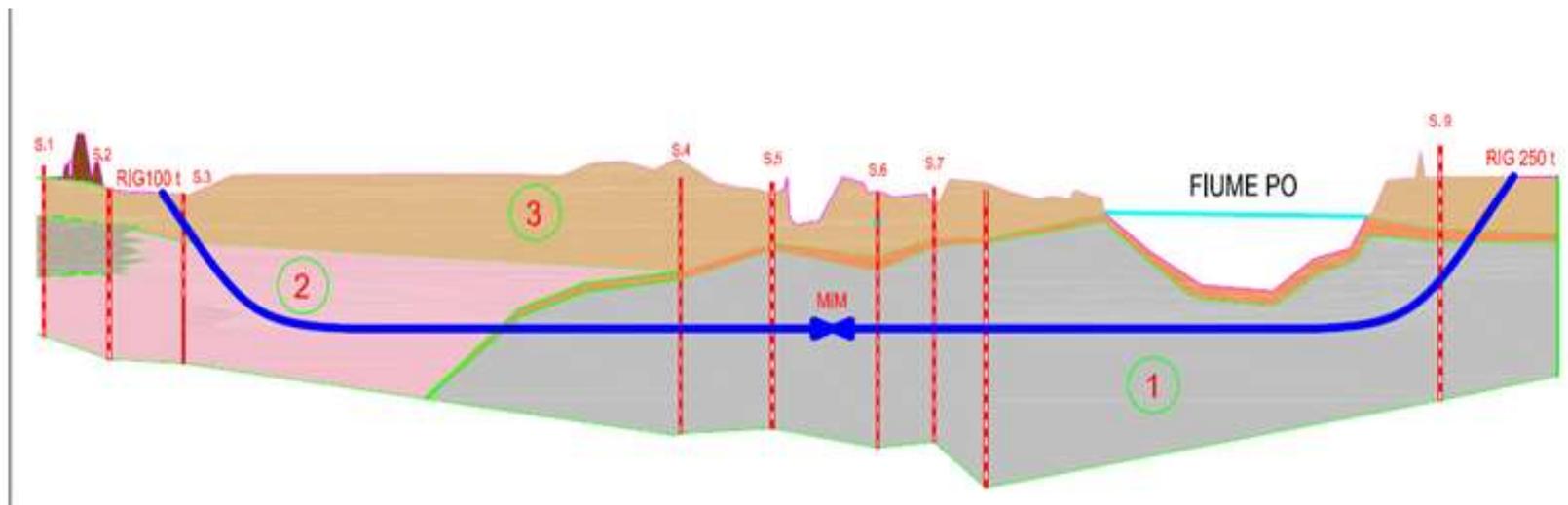


Nome relatore

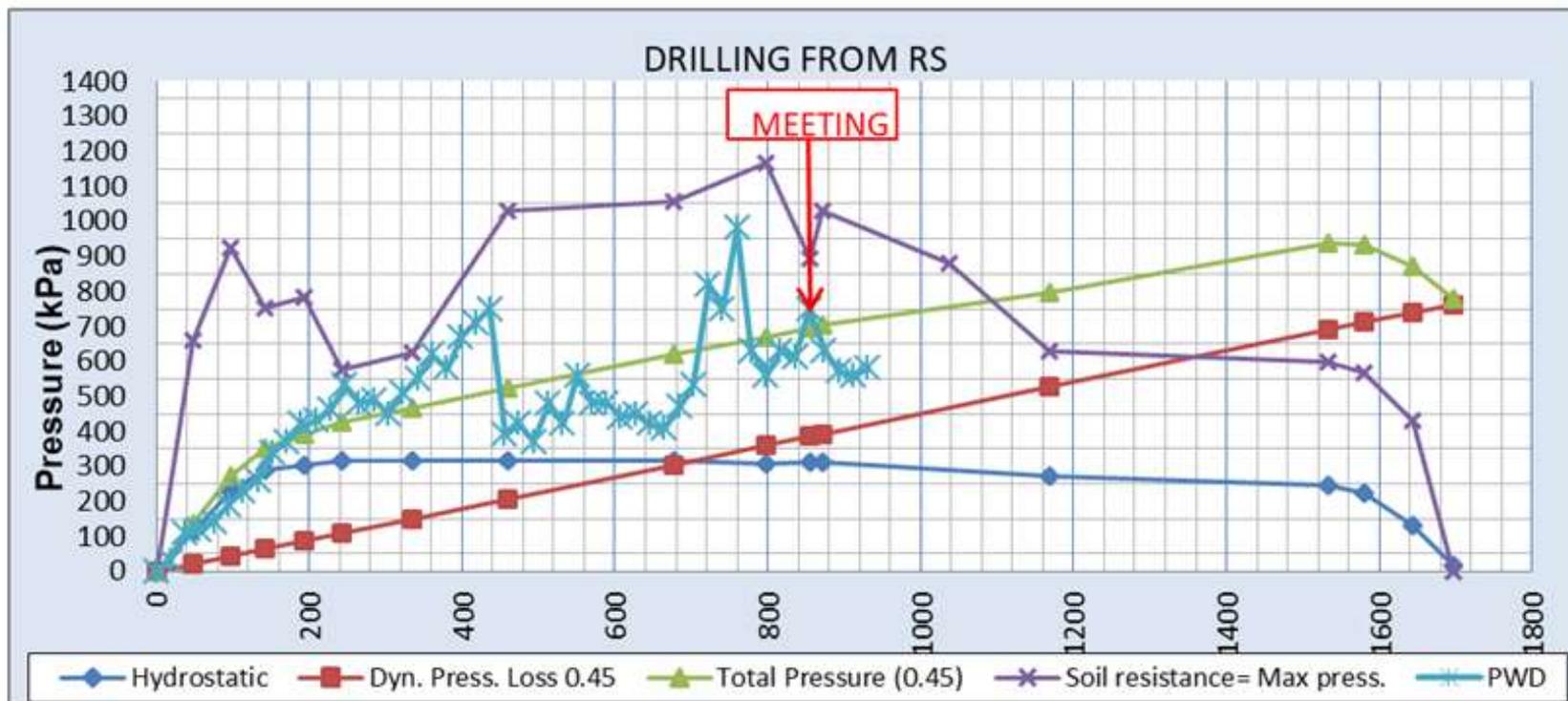
Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 62



**Profilo della trivellazione, con riportati i terreni incontrati (vista da monte)**  
**(1: marne argillose con arenaria; 2: sabbie limose con lenti ghiaiose; 3: ghiaie grossolane con sabbia**



**Grafico con le pressioni operative previste in confronto con la resistenza massima del terreno e con le pressioni effettivamente registrate in fase di perforazione (PWD).  
(Il grafico è relativo alla parte trivellata dal Rig da 250 t fino all'incontro)**



***Ghiaie e ciottoli dello strato superficiale e realizzazione dei corridoi di sostituzione delle ghiaie, tramite scavo sostenuto da palancolati e getto della miscela cementizia***



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



Nome relatore



Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Nome relatore

Corso/Seminario «Introdurre titolo» ...

Giorno / Mese / Anno

pag. 68