0	08/2013		Fresia	Cacciatori	Venturini
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

REGIONE LIGURIA PROVINCIA DI GENOVA COMUNE DI GENOVA

PROTOCOLLO D'INTESA PER GLI INTERVENTI STRUTTURALI VOLTI ALLA MITIGAZIONE DELL'EMERGENZA IDRAULICA DEL BACINO DEL TORRENTE BISAGNO, ALLA RIDEFINIZIONE URBANISTICA DEL TRATTO TERMINALE ED ALLA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELL'ALVEO E DELLE AREE CIRCOSTANTI

COMUNE DI GENOVA

AREA TECNICA - DIREZIONE MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE E VERDE PUBBLICO

Dirigente **Ing. Stefano PINASCO**

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
ARTELIA GROUP S.A.

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO **Ing. Stefano PINASCO**

Staff tecnico

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
Ing. A.Scotti - Ing. S. Venturini
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
Ing. D Cerlini - Ing. M. Ferrari
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
Ing. A.Galli - Ing. U. Galli
ARTELIA GROUP S.A.
Mr. O. Cazaillet

Intervento/Opera

SCOLMATORE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA
PRIMO LOTTO: REALIZZAZIONE DELLE OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL TORRENTE FEREGGIANO (E RIVI ROVARE E NOCE)

Elaborato
TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

Oggetto della tavola

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOLOGICO GEOTECNICHE
Relazione illustrativa

Scala

Data
Agosto 2013

Progetto Definitivo

Tavola N° PD1.DS.583

Codice GULP	Codice Commessa Precedente	Revisione
12383	DSU100	0

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DEL COMUNE DI GENOVA E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1. PREMESSA 2
2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 3
2.1. Perforazione 3
3. STRUMENTAZIONE 5
3.1. Piezometri a tubo aperto tipo Norton 5
3.2. Tubi in PVC 6
4. CAMPIONI 7
5. STRATIGRAFIE 11
6. RILIEVO DISCONTINUITÀ 14
7. PROVE IN SITO 16
7.1. S.P.T. (Standard Penetration Test) 16
7.2. Prova Lugeon 17
7.3. Prove Dilatometriche 19
7.4. Prova di cementazione in foro 25
8. GEOFISICA 26
8.1. Sismica a rifrazione a terra 26
8.2. Sismica a mare 26
8.3. Down-hole 26
9. MISURE FALDA 29

1. PREMESSA

Su incarico della TECHNITAL S.p.A., è stato affidato alla scrivente Impresa l'incarico di eseguire una campagna di indagini geognostiche e geotecniche nell'ambito del progetto definitivo dello scolmatore del Torrente Bisogno.

In tale indagine sono stati realizzati n°8 sondaggi a carotaggio continuo con prove geotecniche i sito e n°4 stendimenti, per un totale di 264 m, di sismica a rifrazione.

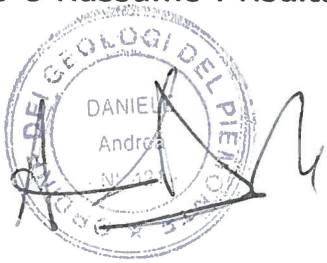
Nella seguente tabella sono riportate le quantità dei sondaggi:

Codifica	*Profondità*	*Tubo PVC 3"*	*Norton 2"*	*DH*	*SPT*	*LU*	*DI*	*PI*
S1D	85,00 m		85,00 m			1	4	
S2D	70,00 m	70,00 m		1		1	4	
S3D	90,00 m		30,00 m			2	4	1
S4D	80,00 m		80,00 m				4	
S5D	65,00 m	65,00 m		1	3		1	
S6D	33,00 m		33,00 m		7			
S7D	23,00 m		23,00 m		2			
S8D	70,00 m		70,00 m			2	4	

Dove:

DH	Down-Hole
SPT	Standard Penetration Test;
LU	Prove Lugeon;
DI	Prove dilatometriche;
PI	Prove di cementazione in foro.
DI	Prove dilatometriche;
PR	Prove pressiometriche;
PL	Prove Point Load.

La presente relazione illustra le modalità esecutive e riassume i risultati ottenuti.



2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

2.1. Perforazione

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo sono stati realizzati con l'ausilio di una sonda idraulica con le caratteristiche tecniche sotto indicate:

BOART LOGYEAR DELTABASE 540

- velocità di rotazione 517 rpm
- coppia massima 4480 Nm
- corsa continua 350 cm
- spinta 4000 kg
- tiro 4000 kg
- pompa per fluidi di perforazione pressione 70 bar
  portata 200 litri

Durante l'avanzamento nei sondaggi geognostici sono stati utilizzati i seguenti utensili:

- carotiere semplice con valvola in testa a sfera e calice per perforazione a secco:
  - diametro nominale $Ø_{est}$ = 101 mm
  - lunghezza utile l = 150÷300 cm;
- carotiere doppio a corona sottile (T6) con estrattore per perforazione con fluido:
  - diametro nominale $Ø_{est}$ =101 mm;
  - lunghezza utile l = 150÷300 cm;

I carotieri semplici, muniti di corone ad inserti di widia, sono stati impiegati nel campionamento dei terreni sciolti, in tali materiali è stato preferito il carotaggio a secco, al fine di evitare fenomeni di dilavamento del campione. Il substrato roccioso è stato campionato con carotieri doppi, con una debole circolazione di acqua, utilizzando corone diamantate.

In assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro ad ogni manovra di carotaggio è seguita una manovra di rivestimento utilizzando tubi di diametro 127 e 152 mm, dotati di una scarpa ad inserti di widia. Le operazioni di rivestimento, viste le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, hanno richiesto un debole circolazione di acqua.

Le carote provenienti dalle perforazioni sono state ordinate in successione continua entro apposite cassette catalogatrici in legno di centimetri 100 x 50 e d'altezza adeguata, munite coperchio.

Le cassette sono state in seguito fotografate da un'angolazione di circa 90°, previa l'installazione di un riferimento indicante la località del cantiere, il numero del sondaggio e le quote di riferimento delle carote.

Le fotografie sono state eseguite con una fotocamera digitale del tipo Sony Mavica MVC-FD71.

3. STRUMENTAZIONE

I sondaggi sono stati strumentati con piezometri e con colonne di tubi in pvc con diametro 3", nei seguenti paragrafi saranno illustrate le modalità esecutive

3.1. Piezometri a tubo aperto tipo Norton

Alcuni sondaggi sono stati strumentati con piezometri a tubo aperto con diametro 2 pollici, utili al rilievo della profondità della superficie piezometrica della falda freatica, mediante misurazione con apposita sonda elettrica (freatimetro).

Nell'istallazione della colonna piezometrica sono state utilizzate le seguenti modalità esecutive:

I. lavaggio accurato del foro con acqua pulita al termine della perforazione e del completo rivestimento con tubi di diametro 127 mm, fino alla totale assenza all'interno nel fluido di tracimazione di detriti e particelle fini;

II. installazione del tubo piezometrico;

III. riempimento per tratti successivi dello spazio tra il tubo piezometrico ed il rivestimento con miscela di sabbia e ghiaia estraendo progressivamente il tubo di rivestimento;

IV. realizzazione di un tappo impermeabile con palline di bentonite pestellate di spessore di circa 1,00 m a partire dall'ultimo tratto fenestrato e chiusura del rimanente tratto fino a piano campagna con una miscela di cemento, bentonite e acqua;

V. lavaggio finale del sistema piezometrico e spurgo dello stesso, al fine di consentire l'attivazione immediata del sistema di drenaggio nell'intorno del tubo, mediante aumento della permeabilità per rimozione del materiale fine eventualmente presente, onde evitare la formazione di depositi all'interno del tubo piezometrico e l'eventuale intasamento delle sue fenestrature.

Nella seguente tabella sono riportate le geometrie degli strumenti installati:

Sondaggio	*Profondità totale*	*Tratti fenestrati*	*Tratti ciechi*
S1D	85.00 m	70.00-80.00 m	0.00-70.00 m 80.00-85.00 m
S3D	30.00 m	3.00-30.00 m	0.00-3.00 m
S4D	80.00 m	65.00-75.00 m	0.00-65.00 m 75.00-80.00 m
S6D	33.00 m	18.00-28.00 m	0.00-18.00 m 28.00-33.00 m
S7D	23.00 m	8.00-18.00 m	0.00-8.00 m 18.00-23.00 m
S8D	70.00 m	55.00-65.00 m	0.00-55.00 m 65.00-70.00 m

3.2. Tubi in PVC

I sondaggi S2D e S5D sono stati strumentati con tubi in PVC di diametro 3", utili all'esecuzioni di indagini sismiche di tipo Down-Hole. I 5 m basali sono stati fessurati al fine di monitorare la falda presente.

Nell'istallazione della colonna sono state utilizzate le seguenti modalità esecutive:

I. lavaggio accurato del foro con acqua pulita al termine della perforazione e del completo rivestimento con tubi di diametro 127 mm, fino alla totale assenza all'interno nel fluido di tracimazione di detriti e particelle fini;

II. installazione del tubo in PVC;

III. riempimento per tratti successivi dello spazio tra il tubo ed il rivestimento con miscela di cemento, bentonite e acqua estraendo progressivamente il tubo di rivestimento.

4. CAMPIONI

Per ogni sondaggio sono stati prelati alcuni campioni rimaneggiati e spezzoni litoidi per prove geotecniche di laboratorio. Di seguito vengono riportati le profondità di campionamento:

Sondaggio	*Sigla*	*Tipologia*	*Profondità (m)*
S1D	CAR1	Spezzone roccia	59.60
S1D	CAR2	Spezzone roccia	60.70
S1D	CAR3	Spezzone roccia	61.50
S1D	CAR4	Spezzone roccia	62.80
S1D	CAR5	Spezzone roccia	66.50
S1D	CAR6	Spezzone roccia	67.50
S1D	CAR7	Spezzone roccia	68.50
S1D	CAR8	Spezzone roccia	69.70
S1D	CAR9	Spezzone roccia	70.30
S1D	CAR10	Spezzone roccia	71.00
S1D	CAR11	Spezzone roccia	71.50
S1D	CAR12	Spezzone roccia	73.70
S1D	CAR13	Spezzone roccia	75.20
S1D	CAR14	Spezzone roccia	76.40
S1D	CAR15	Spezzone roccia	77.50
S1D	CAR16	Spezzone roccia	79.10
S1D	CAR17	Spezzone roccia	80.50
S1D	CAR18	Spezzone roccia	82.50
S1D	CAR19	Spezzone roccia	82.50
S1D	CAR20	Spezzone roccia	82.70
S1D	CAR21	Spezzone roccia	84.00
S2D	CAR1	Spezzone roccia	40.55
S2D	CAR2	Spezzone roccia	42.70
S2D	CAR3	Spezzone roccia	44.00
S2D	CAR4	Spezzone roccia	44.64
S2D	CAR5	Spezzone roccia	45.25
S2D	CAR6	Spezzone roccia	49.35
S2D	CAR7	Spezzone roccia	49.60
S2D	CAR8	Spezzone roccia	50.00
S2D	CAR9	Spezzone roccia	51.00
S2D	CAR10	Spezzone roccia	51.20

S2D	CAR11	Spezzone roccia	52.50
S2D	CAR12	Spezzone roccia	54.30
S2D	CAR13	Spezzone roccia	57.33
S2D	CAR14	Spezzone roccia	61.75
S2D	CAR15	Spezzone roccia	62.50
S2D	CAR16	Spezzone roccia	62.50
S2D	CAR17	Spezzone roccia	63.40
S2D	CAR18	Spezzone roccia	65.58
S2D	CAR19	Spezzone roccia	67.10
S2D	CAR20	Spezzone roccia	68.60
S2D	CAR21	Spezzone roccia	69.30
S3D	CAR1	Spezzone roccia	61.00
S3D	CAR2	Spezzone roccia	61.70
S3D	CAR3	Spezzone roccia	63.00
S3D	CAR4	Spezzone roccia	63.30
S3D	CAR5	Spezzone roccia	64.50
S3D	CAR6	Spezzone roccia	65.80
S3D	CAR7	Spezzone roccia	67.10
S3D	CAR8	Spezzone roccia	69.60
S3D	CAR9	Spezzone roccia	71.60
S3D	CAR10	Spezzone roccia	74.00
S3D	CAR11	Spezzone roccia	75.40
S3D	CAR12	Spezzone roccia	77.00
S3D	CAR13	Spezzone roccia	77.00
S3D	CAR14	Spezzone roccia	78.20
S3D	CAR15	Spezzone roccia	81.00
S3D	CAR16	Spezzone roccia	82.00
S3D	CAR17	Spezzone roccia	83.50
S3D	CAR18	Spezzone roccia	84.00
S3D	CAR19	Spezzone roccia	85.20
S3D	CAR20	Spezzone roccia	86.20
S3D	CAR21	Spezzone roccia	88.50
S4D	CAR1	Spezzone roccia	59.00
S4D	CAR2	Spezzone roccia	59.00
S4D	CAR3	Spezzone roccia	62.20
S4D	CAR4	Spezzone roccia	63.70
S4D	CAR5	Spezzone roccia	64.40

S4D	CAR6	Spezzone roccia	64.60
S4D	CAR7	Spezzone roccia	66.00
S4D	CAR8	Spezzone roccia	66.20
S4D	CAR9	Spezzone roccia	68.50
S4D	CAR10	Spezzone roccia	68.60
S4D	CAR11	Spezzone roccia	69.50
S4D	CAR12	Spezzone roccia	70.00
S4D	CAR13	Spezzone roccia	70.30
S4D	CAR14	Spezzone roccia	72.40
S4D	CAR15	Spezzone roccia	73.00
S4D	CAR16	Spezzone roccia	73.00
S4D	CAR17	Spezzone roccia	73.50
S4D	CAR18	Spezzone roccia	74.70
S4D	CAR19	Spezzone roccia	75.70
S4D	CAR20	Spezzone roccia	78.50
S4D	CAR21	Spezzone roccia	79.30
S5D	CAR1	Spezzone roccia	42.50
S5D	CAR2	Spezzone roccia	42.50
S6D	CAR1	Rimaneggiato	0.80 - 1.00
S6D	CAR2	Rimaneggiato	1.40 - 1.60
S6D	CAR3	Rimaneggiato	2.20 - 2.40
S6D	CAR4	Rimaneggiato	3.00 - 3.30
S6D	CAR5	Rimaneggiato	4.10 - 4.30
S6D	CAR6	Rimaneggiato	5.70 - 6.00
S6D	CAR7	Rimaneggiato	7.30 - 7.50
S6D	CAR8	Rimaneggiato	9.40 - 9.60
S6D	CAR9	Rimaneggiato	11.70 - 11.90
S6D	CAR10	Rimaneggiato	13.50 - 13.70
S6D	CR1	Spezzone roccia	18.20
S6D	CR2	Spezzone roccia	22.10
S6D	CR3	Spezzone roccia	24.50
S7D	CR1	Rimaneggiato	1.60 - 1.80
S7D	CR2	Rimaneggiato	3.00 - 3.30
S7D	CR3	Rimaneggiato	4.80 - 5.00
S7D	CR4	Rimaneggiato	6.00 - 6.20
S7D	CR5	Rimaneggiato	8.10 - 8.30
S7D	CR6	Rimaneggiato	9.50 - 9.70

S7D	CR7	Rimaneggiato	10.40 - 10.60
S7D	CR8	Rimaneggiato	11.50 - 11.70
S7D	CAR1	Spezzone roccia	14.40
S7D	CAR2	Spezzone roccia	16.10
S7D	CAR3	Spezzone roccia	18.80
S8D	CAR1	Spezzone roccia	15.10
S8D	CAR2	Spezzone roccia	16.10
S8D	CAR3	Spezzone roccia	27.50
S8D	CAR4	Spezzone roccia	42.70
S8D	CAR5	Spezzone roccia	52.00
S8D	CAR6	Spezzone roccia	58.70
S8D	CAR7	Spezzone roccia	60.00
S8D	CAR8	Spezzone roccia	60.20
S8D	CAR9	Spezzone roccia	61.30
S8D	CAR10	Spezzone roccia	62.85
S8D	CAR11	Spezzone roccia	63.45
S8D	CAR12	Spezzone roccia	64.15
S8D	CAR13	Spezzone roccia	66.20
S8D	CAR14	Spezzone roccia	66.85
S8D	CAR15	Spezzone roccia	67.30
S8D	CAR16	Spezzone roccia	67.80
S8D	CAR17	Spezzone roccia	68.70
S8D	CAR18	Spezzone roccia	69.50

5. STRATIGRAFIE

Per ogni singola perforazione è stata redatta la relativa stratigrafia, riportante tutte le informazioni riguardanti le operazioni di perforazione e le caratteristiche delle carote, secondo le norme ANISIG e AGI, come di seguito indicato:

a) informazioni generali del sondaggio:

* sigla sondaggio;
* committente;
* cantiere;
* quota caposaldo desunta dalla carta tecnica;
* data di inizio e fine perforazione;
* metodo di perforazione;
* diametro del foro;
* utensili utilizzati;
* computo metrico
  - numero casse utilizzate;
  - lunghezza del tratto rivestito;
  - metri realizzati con i diversi carotieri e le diverse corone.
* ubicazione delle prove Dilatometriche e Lugeon;
* ubicazione e risultati prove S.P.T.;
* il recupero percentuale;
* i valori di RQD per ogni manovra.

Nella descrizione dei terreni sono indicati:

* granulometria;
* grado di umidità naturale;
* colore;
* massime dimensioni dei clasti e forma predominante per i terreni ghiaiosi;
* uniformità dei terreni granulari;
* stato d'addensamento per i terreni granulari;
* consistenza e plasticità per i terreni coesivi;
* struttura del terreno;
* presenza di materiale organico.

Per la granulometrica dei terreni sciolti è stato fatto riferimento alla seguente tabella:

Definizione		***Diametro dei grani [mm]***	***Criteri d'identificazione***
blocchi		>200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60-200	Visibili ad occhio nudo
Ghiaia	grossolana	20-60	Visibile ad occhio nudo
	Media	6-20	
	Fine	2-6	
Sabbia	grossolana	0.6-2	Visibile ad occhio nudo
	Media	0.2-0.6	
	Fine	0.06-0.2	
Limo		0.002-0.06	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita
Argilla		<0.002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto, appiccica alle dita, si disgrega in acqua lentamente, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione, i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita
terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano i resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

Nella stesura della descrizione è stato elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- ✓ preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25% ed il 50 %;
- ✓ seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- ✓ preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa è stato specificato il grado di arrotondamento, utilizzando i seguenti termini:

definizione	*descrizione*
Angolare	nessuno smussamento
sub-angolare	mantiene forma originale con evidenze di smussamento evidenze di smussamento
sub-arrotondata	smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
Arrotondata	rimozione delle superfici originali con qualche superficie piatta
ben arrotondata	superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Le condizioni di umidità naturale del terreno sono state definite con la seguente terminologia:

- Asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

Durante la descrizione stratigrafica del substrato roccioso sono state indicate le seguenti informazioni:

* Litologia;
* Colore;
* Spaziatura delle discontinuità;

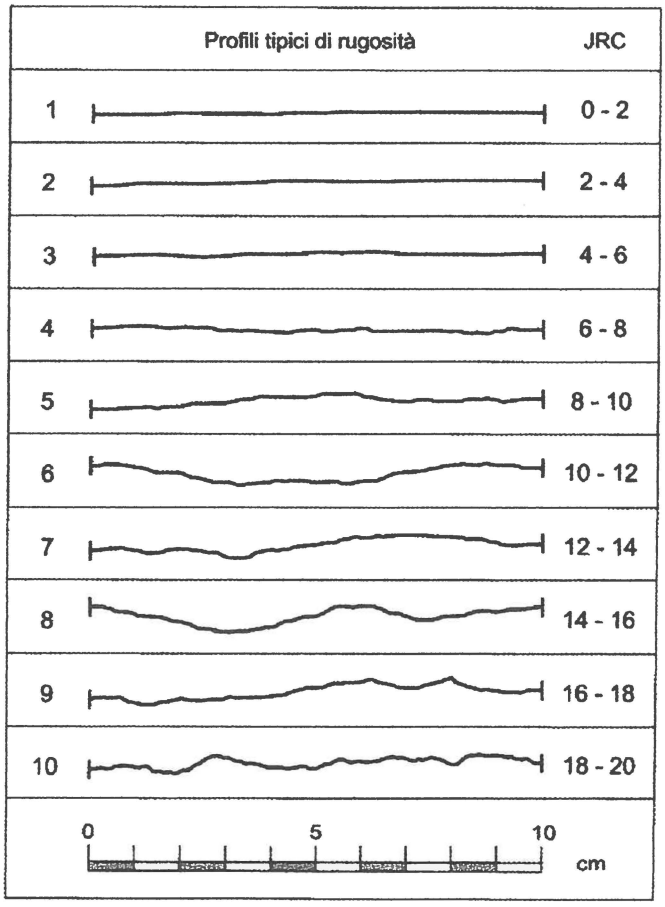
Classi	*Descrizione*	*Spaziatura delle fratture (cm)*
1ª	Fratture molto ravvicinate	5
2ª	Fratture ravvicinate	5-30
3ª	Fratture moderatamente ravvicinate	30-100
4ª	Fratture distanziate	100-300
5ª	Fratture molto distanziate	>300

Sono stante inoltre localmente indicati gli angoli dei principali sistemi di discontinuità rispetto l'asse di perforazione.

6. RILIEVO DISCONTINUITÀ

Per il substrato roccioso perforato è stato eseguito un rilievo delle discontinuità, fornendo le seguenti caratteristiche:

- Numero progressivo discontinuità valido per una singola cassetta;
- Il tipo di giunto. Le discontinuità sono state suddivise in giunto meccanico (M), giunto lungo superficie di strato (S), giunto lungo discontinuità tettonica (F) e discontinuità tettonica con cementazione cristallina (T), è opportuno evidenziare che la distinzione tra M e F è basata sull'esistenza di indizi che confermino la reale esistenza della frattura nell'ammasso roccioso (alterazioni o riempimenti), per questo motivo non tutte i giunti M sono legati alle sole attività di perforazione;
- Profondità discontinuità;
- Scabrezza. Per alcune fratture è stato determinato il valore del parametro JRC, utilizzando i profili ottenuti con il pettine di Barton, in tale operazione è stata utilizzata la seguente tabella:



Profili di rugosità e corrispondenti valori di JRC (Joint Roughness Coefficient). (Barton & Choubey, 1977)

- Alterazione. Per ogni singola discontinuità è stato valutato il grado di alterazione, facendo riferimento alla seguente tabella:

Classe	*Alterazione*	*Descrizione*
1	assente	Non è visibile alcun segno di alterazione nella roccia
2	debole	Sono presenti patine di ossidazione lungo le superfici di discontinuità
3	moderata	Alterazione e/o ossidazione con conseguente scolorimento della roccia interessano le discontinuità per uno spessore non superiore a 2-3 mm. Sottili riempimenti materiale alterato possono essere presenti lungo le discontinuità
4	media	La roccia presenta i primi segni di disgregazione, specie in corrispondenza dei giunti. Sottili riempimenti di materiale alterato possono essere presenti lungo le discontinuità
5	elevata	La carota prelevata tende a sgretolarsi o a rompersi in numerose parti se non trattata con cura
6	intensa	La carota prelevata è priva di consistenza; la struttura originaria può essere parzialmente riconosciuta

- Inclinazione rispetto all'asse di perforazione con fratture orizzontali con angolo 0° e verticali con 90°;
- Apertura con suddivisione tra chiusa e aperta;
- Riempimento (limo e calcite).

Per ogni metro è sono stati inoltre calcolati:

- La percentuale di spezzoni di carota con lunghezza inferiore a 5 cm;
- La percentuale di spezzoni di carota con lunghezza compresa tra 5 e 10 cm;
- La percentuale di spezzoni di carota con lunghezza maggiore di 10 cm (R.Q.D.), nella valutazione dell'ubicazione di fratture inclinate è stato utilizzato il valore intermedio;
- L'indice della spaziatura delle fratture (If = lunghezza / n° fratture).

Gli orizzonti molto fratturati e le brecce sono stati contraddistinti da diversi retini

7. PROVE IN SITO

7.1. S.P.T. (Standard Penetration Test)

Le prove penetrometriche in foro sono state realizzate con un dispositivo di percussione costituito da:

- una testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
- un maglio d'acciaio da 63,5 Kg;
- un dispositivo di guida e sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 0,75 m.

La prova d'infissione, previa pulizia del fondo foro dai detriti di perforazione, consiste nel far penetrare un campionatore Raymond dotato di punta conica o di scarpetta aperta con dimensioni standardizzate, per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero di colpi necessario (N1, N2, N3).

Con il primo tratto, detto d'avviamento, s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione. In caso di terreno molto compatto o alla presenza d'inclusi lapidei, se con N1=50 colpi l'avviamento è minore di 15 cm, l'infissione è sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione.

Se il tratto d'avviamento è stato superato, si conteggia N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3), raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Il parametro caratteristico della prova SPT è: N_{SPT} = N2 + N3 espresso quindi in numero di colpi per 30 cm d'avanzamento (1 piede).

Nella seguente sono riportate le quote e i risultati delle prove S.P.T. realizzate:

Sondaggio	*Profondità (m)*	*Risultato*	*Nspt*
S5D	3.00	15/12/12	24
	6.00	18/R (7 cm)	-
	18.00	R (3 cm)	-
S6D	3.00	8/8/10	18
	4.50	4/7/5	12
	6.00	6/11/7	18
	7.50	7/4/13	17
	9.00	6/7/3	10
	10.50	11/13/12	25
	12.00	9/12/14	26
S7D	6.00	4/7/7	14
	9.00	R (6 cm)	-

7.2. Prova Lugeon

Nella campagna geognostica sono state realizzate n°6 prove di permeabilità di tipo Lugeon, utili a valutare l'attitudine di un ammasso roccioso a consentire la circolazione d'acqua.

Nella preparazione del tratto di terreno per la misura del coefficiente di permeabilità è stata utilizzata la seguente procedura:

- Carotaggio dei terreni interessati dalla prova con carotieri doppi con diametro 101 mm;
- Pulizia del foro con lavaggio;
- Immissione del pistoncino (packer) fino al tetto della camera di prova;
- Dilatazione del pistoncino con azoto ad una pressione sufficiente ad evitare perdite di acqua dalla camera;
- Realizzazione della prova.

La prova consiste nel misurare la portata di acqua iniettata nella camera in esame in almeno cinque gradini di pressione, misurando la costanza della portata ogni minuto.

Le prove Lugeon sono state eseguite in avanzamento della perforazione isolando la camera di prova con un pistoncino (packer lunghezza compresa tra 0.60 e 1.00 m) espanso, attraverso una membrana gonfiabile con azoto, contro le pareti del foro.

Per ogni prova è stato tracciato il grafico delle portate (l/min) in funzione delle pressioni in camera di iniezione (bar).

La pressione (p) utilizzata è stata quella corretta:

$p = p_m + \gamma_w h - p_c$

dove:

p_m = pressione letta al manometro;

γ_w = densità dell'acqua;

h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda;

p_c = perdita di carico del circuito.

Ciascun gradino di portata, in salita o in discesa, è stato mantenuto costante per almeno 10 minuti.

In funzione del grafico ottenuto è stato calcolato un parametro di assorbimento dell'acqua espresso in Unità Lugeon (U.L.) definita come portata di 1 litro al minuto iniettata ad una pressione di 1 MPa, per la durata di 10 minuti, in un tratto di foro di 1 m.

Nel caso di mezzo omogeneo ed uniforme (ad esempio roccia con fratture ravvicinate o molto ravvicinate), e se si realizza un moto laminare intorno al foro, il coefficiente di permeabilità può essere ricavato mediante la seguente equazione:

$k = q/P_e * \gamma_w/C$ (ms^{-1})

dove:

q = portata assorbita (m^3s^{-1})

P_e = pressione effettiva nella cavità (tm^{-2})

C = coefficiente di forma dato da:

$2*\pi*D*((L/D)^2-1)^{1/2}/\ln(L/D+(L/D)^2-1)^{1/2})$ (m)

dove:

D = diametro di prova (m)

L = lunghezza del tratto di foro di prova (m)

Nella seguente tabella sono elencate le prove eseguite:

Sondaggio	*Profondità*	*Sigla Gradino*	*Unita' Lugeon*	*K (m/sec)*	*K(cm/sec)'*
S1D	80.00-83.00 m	Gradino I	1.05E-01	1.11E-08	1.11E-06
		Gradino II	1.93E-01	2.05E-08	2.05E-06
		Gradino III	2.32E-01	2.47E-08	2.47E-06
		Gradino IV	2.57E-01	2.74E-08	2.74E-06
		Gradino V	2.09E-01	2.23E-08	2.23E-06
S2D	58.00-61.00 m	Gradino I	6.07E-01	6.46E-08	6.46E-06
		Gradino II	5.62E-01	5.98E-08	5.98E-06
		Gradino III	6.42E-01	6.83E-08	6.83E-06
		Gradino IV	6.32E-01	6.72E-08	6.72E-06
		Gradino V	7.28E-01	7.75E-08	7.75E-06
S3D	68.00-73.00 m	Gradino I	1.58E+00	1.89E-07	1.89E-05
		Gradino II	1.59E+00	1.90E-07	1.90E-05
		Gradino III	2.18E+00	2.60E-07	2.60E-05
		Gradino IV	1.83E+00	2.19E-07	2.19E-05
		Gradino V	2.13E+00	2.55E-07	2.55E-05
S3D	68.00-73.00 m	Gradino I	N.D.	N.D.	N.D.
		Gradino II	2.89E-02	3.45E-09	3.45E-07
		Gradino III	1.30E-01	1.55E-08	1.55E-06
		Gradino IV	5.77E-02	6.91E-09	6.91E-07
		Gradino V	5.56E-02	6.66E-09	6.66E-07
S8D	54.50-55.50 m	Gradino I	3.18E+00	2.48E-07	2.48E-05
		Gradino II	4.08E+00	3.19E-07	3.19E-05

Sondaggio	Profondità	Sigla Gradino	Unita' Lugeon	K (m/sec)	K(cm/sec)'
		Gradino III	4.90E+00	3.82E-07	3.82E-05
		Gradino IV	4.47E+00	3.49E-07	3.49E-05
		Gradino V	3.82E+00	2.98E-07	2.98E-05
S8D	64.00-67.00 m	Gradino I	6.22E+00	6.61E-07	6.61E-05
		Gradino II	4.70E+00	5.00E-07	5.00E-05
		Gradino III	4.78E+00	5.09E-07	5.09E-05
		Gradino IV	4.57E+00	4.86E-07	4.86E-05
		Gradino V	5.68E+00	6.04E-07	6.04E-05

7.3. Prove Dilatometriche

Le prove dilatometriche sono state eseguite con un dilatometro del tipo Dilaroc composto da:

- n° 1 sonda dilatometrica comprendente una guaina flessibile (diametro 95 mm, lunghezza 90 cm) da alta pressione montata su un corpo rigido, in modo che la guaina possa essere gonfiata per applicare una pressione alla parete laterale del foro di sondaggio. La guaina deve essere sufficientemente resistente per non essere danneggiata durante le fasi di discesa e di estrazione della sonda nel foro, ma sufficientemente flessibile da trasmettere non meno del 90% della pressione idraulica;
- n° 1 attrezzatura per inserire ed estrarre la sonda nel foro;
- n° 1 sistema idraulico di pressurizzazione composto da una pompa ed un sistema di tubi per gonfiare e sgonfiare la sonda di prova;
- n° 1 sistema di misura degli spostamenti composto da tre trasduttori elettrici del tipo LVDT, per effettuare misure in corrispondenza di tre diametri orientati a 120° l'uno rispetto all'altro. I trasduttori sono collegati con cavi elettrici all'unità di lettura situata in superficie;
- n° 1 sistema di misura della pressione composto da trasduttore elettrico.

La prova consiste nell'applicare una pressione alla parete di un foro di sondaggio con la membrana dilatabile. La variazione diametrale delle pareti, legata alla progressiva dilatazione della sonda, è determinata direttamente per mezzo di un trasduttore di spostamento installato nella sonda stessa. Le caratteristiche di deformabilità della roccia in corrispondenza del dilatometro sono calcolate in base alla relazione tra la pressione e la dilatazione.

Di seguito sono riportati i risultati delle prove realizzate, i moduli sono espressi in Mpa:

SONDAGGIO	S1D	PROVA	1	PROFONDITA'	83.50

	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	4261	4826	7153	4261	4826	7153	-	-	-	57949	25353	22536
2° ciclo	6066	4789	8999	4389	3779	6803	9779	6519	13249	34015	30235	25511
3° ciclo	12090	9205	10125	8577	6718	7396	20346	14533	15957	42566	33010	42566

SONDAGGIO	S1D	PROVA	2	PROFONDITA'	71.00 m

	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1359	1010	2621	1359	1010	2621	-	-	-	n.d.	n.d.	98340
2° ciclo	5558	7220	9170	6648	9783	11523	4580	5385	7245	62678	135803	116403
3° ciclo	25746	10886	13746	16869	7786	13060	54151	18050	14505	100416	94509	64266

SONDAGGIO	S1D	PROVA	3	PROFONDITA'	61.00 m

	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	879	573	838	879	573	838	-	-	-	15763	4269	68308
2° ciclo	2200	1556	1728	1494	1185	1190	6079	2697	4427	23117	25919	32897
3° ciclo	6028	8190	7143	4261	5661	5741	10279	14765	9443	17791	23129	46258

SONDAGGIO	S1D	PROVA	4	PROFONDITA'	50.50 m

	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	2707	3211	4227	2707	3211	4227	-	-	-	22725	20453	20453
2° ciclo	9608	6955	6384	11312	5782	5152	8071	9355	9148	28746	25262	21938
3° ciclo	13362	8860	8043	10072	6714	6353	19787	12985	10935	43535	30636	32438

SONDAGGIO	S2D			PROVA		1		PROFONDITA'			65.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	3102	1855	3848	3102	1855	3848	-	-	-	8416	5132	7793
2° ciclo	14530	4227	9299	17317	4059	13671	12071	4461	6620	58631	9120	20521
3° ciclo	28484	8516	24295	22945	9605	34418	37547	7648	18773	37547	14000	23601

SONDAGGIO	S2D			PROVA		2		PROFONDITA'			56.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1342	1394	919	1342	1394	919	-	-	-	31639	8203	24608
2° ciclo	9517	7070	5688	9296	7339	4498	9818	6750	8640	28983	8524	27171
3° ciclo	21737	9880	10734	24152	11441	12076	19761	8695	9661	15575	15302	20284

SONDAGGIO	S2D			PROVA		3		PROFONDITA'			50.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	2066	2892	5165	2066	2892	5165	-	-	-	27114	36153	16686
2° ciclo	11138	8449	7102	10117	8811	7588	12760	8034	6573	53894	21558	26947
3° ciclo	19043	12242	21973	15770	13306	23655	23953	11346	20531	71413	37259	45103

SONDAGGIO	S2D			PROVA		4		PROFONDITA'			40.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	542	527	743	542	527	743	-	-	-	17335	14858	16001
2° ciclo	2021	1684	1696	1792	1392	1650	2371	2224	1754	37121	40833	31410
3° ciclo	3327	3300	3089	2738	2832	2871	4253	3964	3347	34134	39011	37237

SONDAGGIO	S3D			PROVA		1		PROFONDITA'			84.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1114	1442	1613	1114	1442	1613	-	-	-	23935	19583	18278
2° ciclo	1624	1808	1977	1383	1399	1455	2046	2764	3433	34604	20763	18875
3° ciclo	2636	2929	3293	2241	2392	2485	3181	3744	4807	17726	22516	19278
SONDAGGIO	S3D			PROVA		2		PROFONDITA'			75.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	885	864	716	885	864	716	-	-	-	16175	n.d.	6470
2° ciclo	2295	1776	1831	1557	1223	1317	6541	4657	3933	27750	34036	29796
3° ciclo	6443	7244	50811	4572	5705	n.d.	10679	9810	11505	20669	44204	n.d.
SONDAGGIO	S3D			PROVA		3		PROFONDITA'			66.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1357	933	1072	1357	933	1072	-	-	-	n.d.	28334	17436
2° ciclo	14366	5885	7218	8148	4433	6103	144991	9592	9204	24890	31828	15895
3° ciclo	17461	11121	12576	15726	13224	14554	19625	9595	11071	13043	20996	15941
SONDAGGIO	S3D			PROVA		4		PROFONDITA'			52.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1075	1543	1543	1075	1543	1543	-	-	-	14719	16983	16983
2° ciclo	1642	2091	2073	1465	1550	1550	1935	3735	3608	30226	19235	19235
3° ciclo	2612	3265	3252	2312	2565	2565	3012	4535	4485	17895	20514	20514

SONDAGGIO		S4D		PROVA		1		PROFONDITA'			74.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	23934	11625	6563	23934	11625	6563	-	-	-	40942	29245	27295
2° ciclo	22746	29245	19043	24233	37452	18726	21415	23934	19375	43231	28324	30422
3° ciclo	36167	33907	20344	35381	50860	18084	36989	25430	23250	58126	46501	35381
SONDAGGIO		S4D		PROVA		2		PROFONDITA'			66.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1578	1392	1709	1578	1392	1709	-	-	-	34032	34032	25524
2° ciclo	6885	3920	22759	10086	3829	59074	5203	4018	13994	102738	32876	31612
3° ciclo	23749	11072	20230	35511	10471	16669	17867	11741	25684	96241	44219	60596
SONDAGGIO		S4D		PROVA		3		PROFONDITA'			62.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	26057	24524	4905	26057	24524	4905	-	-	-	51462	45744	25731
2° ciclo	25894	24371	13584	31870	27620	9007	21805	21805	27620	37901	27794	36253
3° ciclo	40674	26897	15585	39706	34742	12634	41691	21943	20337	87496	26813	32597
SONDAGGIO		S4D		PROVA		4		PROFONDITA'			53.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	29664	14832	17304	29664	14832	17304	-	-	-	68775	137550	68775
2° ciclo	27598	20699	22998	23219	15479	21997	34167	31539	24118	92875	83588	55725
3° ciclo	43272	27666	22502	35490	21840	21840	55725	37994	23219	58285	36745	46952

SONDAGGIO	S5D			PROVA		1		PROFONDITA'			54.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1615	1418	1742	1615	1418	1742	-	-	-	30778	33343	25007
2° ciclo	6891	3818	23233	10326	3824	59003	5130	3811	14290	81830	29225	31473
3° ciclo	22116	11058	19254	35354	10425	16263	16146	11764	23528	82088	45605	54726
SONDAGGIO	S8D			PROVA		1		PROFONDITA'			69.50	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1048	1356	1504	1048	1356	1504	-	-	-	20752	18866	15963
2° ciclo	1621	1817	1987	1417	1441	1499	1976	2695	3347	29646	20752	18866
3° ciclo	2627	2942	3291	2282	2457	2531	3097	3673	4716	17717	23791	20309
SONDAGGIO	S8D			PROVA		2		PROFONDITA'			63.50 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	1885	1936	1954	1885	1936	1954	-	-	-	14374	10780	12683
2° ciclo	3031	2850	3718	2529	2350	3161	4045	3895	4781	17529	12748	10261
3° ciclo	4301	3994	4415	3596	3093	3506	5360	5650	5972	21101	15925	13836
SONDAGGIO	S8D			PROVA		3		PROFONDITA'			61.00 m	
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	3887	4665	3558	3887	4665	3558	-	-	-	13820	9871	10365
2° ciclo	6180	10438	5338	6123	13534	4852	6251	8175	6073	18026	14807	14807
3° ciclo	8074	15267	7431	7412	17603	7681	8877	13459	7193	27171	22166	17548

SONDAGGIO		S8D		PROVA		4	PROFONDITA'			59.00 m		
	Modulo di deformazione			Modulo di First loading			Modulo di Reloading			Modulo di Unloading		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1° ciclo	2162	2752	1682	2162	2752	1682	-	-	-	10090	13243	21188
2° ciclo	3714	4642	2310	3576	4470	2079	3901	4877	2682	15894	15326	19506
3° ciclo	4547	5450	2863	4275	4852	2347	4865	6245	3703	23692	25846	20307

7.4. Prova di cementazione in foro

Nel sondaggio S3D è stata realizzata una prova di cementazione in una camera ubicata tra 68.00 e 73.00 m, preceduta e seguita da prove di permeabilità del tipo Lugeon atte a valutare la cementazione del tratto indagato.

Durante la prova è stata iniettata nella camera, isolata al tetto da un packer, una miscela composta da cemento, del tipo PORTLAND 425 ultrafine, ed acqua nel rapporto A/C = 1.5.

La cementazione è avvenuta a pressione costante, con i seguenti valori:

Pressione colona miscela 10.19 bar

Pressione a p.c. 10.00 bar

Pressione camera di prova 20.19 bar

Durante l'iniezione è stata misurata la portata della miscela, decrescente nel tempo.

La prova è stata sospesa al sensibile innalzamento della pressione.

8. GEOFISICA

8.1. Sismica a rifrazione a terra

Le indagini sono state eseguite mediante sistema di acquisizione a 12/24 canali, costituito da sismografo digitale a 16 bit modello PASI 16SG24, collegato ad una catena di 24 geofoni e ad un sistema di energizzazione, costituito da mazza battente da 10 kg.

La procedura esecutiva di ogni stendimento sismico a rifrazione ha seguito una prassi standardizzata per permettere elaborazione dei dati col il metodo delle intercette e ottimizzarne le soluzioni interpretative.

Tale procedura consiste nell'ubicare i punti di energizzazione simmetricamente rispetto al centro dello stendimento, in modo da avere una copertura dei raggi sismici sia in andata che in ritorno.

Sono state eseguite 2 battute di andata i prossimità del primo geofono , 1 battuta centrale tra il 12° ed il 13° geofono e 2 battute di ritorno nelle vicinanze dell'ultimo geofono.

Ad energizzazione avvenuta i tempi di arrivo delle onde generate vengono registrati visualizzati nel contempo, tramite il software specifico di acquisizione e gestione dei sismogrammi; tale metodologia permette un'analisi immediata della validità delle tracce sismiche ricavate ed una valutazione dell'eventuale "disturbo" del segnale primario, così da offrire, a discrezione dell'operatore, la possibilità di ripetere e/o integrare l'energizzazione per ottenere un segnale più chiaramente interpretabile. Il sistema infatti consente la sommatoria del segnale in seguito a più energizzazioni dallo stesso punto.

Successivamente alla fase di acquisizione i dati sono elaborati ed interpretati tramite il metodo delle intercette.

8.2. Sismica a mare

Per le modalità esecutive si fa riferimento all'allegato.

8.3. Down-hole

Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità.

Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa foro, e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti. In particolare, tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z).

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle compressive e quindi raggiungeranno il geofono triassiale quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio, purtroppo, costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda S. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale.

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non inferiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati. Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un secondo geofono in prossimità del punto di battuta a testa foro. La forma d'onda restituita da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente rispetto a quello che avanza in profondità, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo del treno d'onda. Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è sempre lo stesso per tutte le battute e il segnale è ricco di alte frequenze grazie alla prossimità con la sorgente e quindi è preciso il tempo misurato. In questo caso è stato utilizzato un sistema di chiusura di un circuito elettrico privo di ritardi.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti avanzando in profondità vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le posizioni di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un sismogramma le forme d'onda relative al geofono verticale (asse z) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (assi x e y).

Poiché i geofoni orizzontali sono due (e posizionati tra di loro a 90°) e il sismogramma uno solo, è necessario che le forme d'onda vengano fra loro composte secondo un certo angolo ϑ (diverso da 90°) che viene opportunamente modificato dal programma di interpretazione per cercare il piano di oscillazione principale dell'onda di taglio.

La progressiva modifica dell'angolo di composizione tra x e y, accompagnata dalla grafica in tempo reale della forma d'onda composta, consente di individuare quel valore dell'angolo ϑ per il quale è minima l'energia dell'onda compressiva e massima quella dell'onda trasversale. Questo valore dell'angolo di composizione, diverso per ciascuna profondità, viene utilizzato per la creazione del sismogramma riguardante le onde di taglio.

9. MISURE FALDA

Nella perforazione di S3D e S4D sono state individuate due falde in pressione rispettivamente tra 65.00 e 65.50 e a 66.00 m, con una risalita di +4.00 per S3D e di +3.00 m per S4D.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le misure della superficie piezometrica effettuate durante la perforazione ed a piezometri finiti, per i dati durante la lavorazione sono inserite le profondità raggiunte dal carotaggio e dal rivestimento:

Sondaggio S1D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
05/07/05	Mattina	8.80	12.00	4.50
06/07/05	Mattina	12.80	22.00	4.50
07/07/05	Mattina	23.47	35.00	4.50
08/07/05	Mattina	37.20	45.00	4.50
09/07/05	Mattina	52.00	55.00	4.50
15/07/05	Sera	55.80	Piezometro	
05/08/05		55.32	Piezometro	
23/09/05		55.00	Piezometro	

Sondaggio S2D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
22/03/05	Mattina	4.50	24.00	12.00
23/03/05	Mattina	5.10	35.00	12.00
24/03/05	Mattina	3.60	43.00	12.00
25/03/05	Mattina	3.10	51.00	12.00
29/03/05	Mattina	3.00	60.00	12.00
21/04/05		3.56	Piezometro	
19/05/05		3.42	Piezometro	
14/06/05		3.21	Piezometro	
15/07/05		3.03	Piezometro	
05/08/05		2.95	Piezometro	
29/09/05		3.00	Piezometro	

Sondaggio S3D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
22/07/05	Mattina	2.00	16.50	16.50
25/07/05	Mattina	2.00	27.00	27.00
05/08/05	Sera	0.10	Piezometro	
23/09/05		0.00	Piezometro	

Sondaggio S4D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
05/05/05	Mattina	6.35	16.00	8.00
09/05/05	Mattina	6.35	38.00	8.00
13/05/05	Mattina	6.35	70.00	8.00
19/05/05	Mattina	5.28	Piezometro	

Sondaggio S5D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
12/04/05	Mattina	6.80	18.00	9.00
13/04/05	Mattina	6.85	33.00	30.00
15/04/05	Mattina	6.80	44.00	40.00
18/04/05	Mattina	6.81	57.00	46.50
21/04/05	Sera	6.80	Piezometro	
19/05/05		6.25	Piezometro	
14/06/05		5.98	Piezometro	
15/07/05		6.03	Piezometro	
05/08/05		5.24	Piezometro	
23/09/05		4.37	Piezometro	

Sondaggio S6D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
01/03/05	Mattina	12.63	14.50	14.50
02/03/05	Sera	12.52	28.50	18.00
07/03/05	Mattina	12.70	28.50	18.00
08/03/05	Mattina	12.70	33.00	18.00
29/03/05		12.83	Piezometro	
21/04/05		12.93	Piezometro	
19/05/05		13.04	Piezometro	
14/06/05		12.85	Piezometro	
15/07/05		13.45	Piezometro	
05/08/05		13.50	Piezometro	
23/09/05		13.50	Piezometro	

Sondaggio S7D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
24/02/05	Sera	11.30	Piezometro	
29/03/05		11.21	Piezometro	
21/04/05		10.15	Piezometro	
19/05/05		11.25	Piezometro	
14/06/05		11.33	Piezometro	
15/07/05		11.78	Piezometro	
05/08/05		11.63	Piezometro	
23/09/05		12.12	Piezometro	

Sondaggio S8D

Data	Ora	Falda (m)	Perforazione (m)	Rivestimento (m)
02/02/05	Mattina	3.32	6.00	4.50
03/02/05	Mattina	4.70	16.00	7.50
04/02/05	Mattina	3.50	24.00	7.50
04/02/05	Sera	5.60	32.00	7.50
07/02/05	Mattina	5.50	32.00	7.50
07/02/05	Sera	5.53	38.00	7.50
08/02/05	Mattina	3.30	38.00	7.50
09/02/05	Mattina	3.32	43.00	7.50
09/02/05	Sera	5.52	50.00	7.50
18/02/05	Sera	3.28	Piezometro	
29/03/05		3.30	Piezometro	
21/04/05		3.42	Piezometro	
19/05/05		3.56	Piezometro	
14/06/05		3.48	Piezometro	
15/07/05		3.28	Piezometro	
05/08/05		3.41	Piezometro	
23/09/05		3.66	Piezometro	

