

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NODO DI CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL  
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

**MACROFASE FUNZIONALE 1**

**LOTTO 2**

**ELABORATI GENERALI - GEOTECNICA - GE**

**Relazione geotecnica generale**

SCALA:

-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

RS3H    02    D    78    RH    GE0005    001    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	C.Toraldo <i>C. Toraldo</i>	Marzo 2020	S.Vanfiori <i>S. Vanfiori</i>	Marzo 2020	D.Tiberti Marzo 2020 <i>D. Tiberti</i>

File: RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.001.A

n. Elab.:

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Danilo Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	1 di 240

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....</b>	<b>15</b>
5.1	RISPOSTA SISMICA .....	15
5.1.1	<i>Categoria di sottosuolo .....</i>	<i>16</i>
5.1.2	<i>Azioni sismiche di progetto:.....</i>	<i>18</i>
5.1.3	<i>Magnitudo .....</i>	<i>24</i>
5.2	LIQUEFAZIONE .....	26
<b>6</b>	<b>INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....</b>	<b>27</b>
6.1	PREMESSA .....	27
6.2	CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO DEFINITIVO BICOCCA-CATENANUOVA .....	27
6.3	CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO PRELIMINARE.....	29
6.3.1	<i>Prove di laboratorio.....</i>	<i>30</i>
6.4	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL PROGETTO DEFINITIVO .....	33
6.4.1	<i>Prove di permeabilità.....</i>	<i>36</i>
6.4.2	<i>Prove di laboratorio.....</i>	<i>38</i>
6.4.3	<i>Indagini sismiche.....</i>	<i>44</i>
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE.....</b>	<b>46</b>
7.1	PREMESSA .....	46
7.2	RICONOSCIMENTO DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	46
7.3	CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE .....	48
7.3.1	<i>Depositi incoerenti .....</i>	<i>48</i>
7.3.2	<i>Depositi coesivi .....</i>	<i>51</i>
7.3.3	<i>Caratteristiche di consolidazione.....</i>	<i>54</i>
7.4	UNITÀ R- TERRENI DI RIPORTO E COLTRE VEGETALE - H .....	55
7.5	UNITÀ U1 – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB2.....	56
7.6	UNITÀ U1A–DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB3 .....	74



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	2 di 240

7.7	UNITÀ U2 – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN2 .....	89
7.8	UNITÀ U2A – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN3 .....	104
7.9	UNITÀ U2B – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN1 .....	122
7.10	UNITÀ U3 – FORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO-AZZURRE – FAG .....	128
7.11	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	138
<b>8</b>	<b>FALDA .....</b>	<b>141</b>
<b>9</b>	<b>OPERE D'ARTE MAGGIORI .....</b>	<b>144</b>
9.1	GALLERIA ARTIFICIALE GA01 .....	144
9.2	TRINCEA LATO CATANIA -TR03 .....	153
9.3	TRINCEA LATO PALERMO – TR02 .....	161
9.4	VIADOTTO VI01 .....	166
9.5	VIADOTTO VI02 E OPERE PRINCIPALI NV08 .....	173
9.6	VIADOTTO VI03 .....	180
<b>10</b>	<b>CAPACITA' PORTANTE PALI/SETTI .....</b>	<b>188</b>
10.1	ANALISI AGLI STATI LIMITE .....	188
10.2	METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE .....	191
10.2.1	<i>Resistenza a trazione .....</i>	<i>194</i>
10.2.2	<i>Comportamento di gruppo a carichi verticali .....</i>	<i>194</i>
10.2.3	<i>Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE) .....</i>	<i>195</i>
10.3	CAPACITÀ PORTANTE PALI .....	196
10.3.1	<i>Viadotto VI01 .....</i>	<i>196</i>
10.3.2	<i>Viadotto VI02 .....</i>	<i>200</i>
10.3.3	<i>Viadotto VI03 .....</i>	<i>204</i>
10.3.4	<i>Riepilogo lunghezze pali Viadotti .....</i>	<i>208</i>
10.4	CAPACITÀ PORTANTE SETTI DI DIAFRAMMA DELLA GALLERIA ARTIFICIALE GA01 .....	209
10.4.1	<i>GA01 .....</i>	<i>209</i>
10.5	CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI .....	211
10.5.1	<i>Verifica a carico limite orizzontale in terreni potenzialmente liquefacibili .....</i>	<i>212</i>
<b>11</b>	<b>PALIFICATE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>213</b>
11.1	VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO .....	213
11.1.1	<i>MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO .....</i>	<i>218</i>
11.2	ANALISI DEL CEDIMENTO DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA .....	219
11.2.1	<i>Calcolo cedimenti palificate .....</i>	<i>220</i>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
 FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	3 di 240

11.2.2	<i>Cedimenti differenziali spalla e pila del viadotto IV01</i> .....	225
<b>12</b>	<b>CRITERI PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI DIRETTE</b> .....	<b>226</b>
12.1	DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO ALLA WINKLER PER ANALISI STRUTTURALI 230	
<b>13</b>	<b>PIANO DI POSA</b> .....	<b>231</b>
<b>14</b>	<b>RIUTILIZZO DEI TERRENI DA SCAVO</b> .....	<b>233</b>
<b>15</b>	<b>TRATTAMENTO A CALCE</b> .....	<b>236</b>
15.1	PROVE DI IDENTIFICAZIONE DELLA TERRA DA TRATTARE.....	237
15.2	STUDIO IN LABORATORIO DELLA MISCELA TERRENO-ACQUA-CALCE.....	237
15.3	REALIZZAZIONE DEL CAMPO PROVA .....	238
15.4	PARAMETRI DI RESISTENZA DEI TERRENI TRATTATI A CALCE PER IL CORPO DEI RILEVATI FERROVIARI/STRADALI .....	239



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	4 di 240

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si descrivono la caratterizzazione geotecnica per il dimensionamento delle opere relative al Progetto Definitivo del nodo di catania interrimento linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa.

Quindi nel presente elaborato verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Inquadramento sintetico generale geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- Caratterizzazione sismica;
- Descrizione delle campagne di indagine svolte;
- Descrizione ed interpretazione dei risultati di tutte le indagini svolte nelle varie campagne geognostiche;
- Caratterizzazione geotecnica generale: individuazione delle unità geotecniche interferenti con le opere e il tracciato e definizione dei parametri geotecnici di progetto; individuazione del livello di falda;
- Caratterizzazione geotecnica di dettaglio in corrispondenza delle opere d'arte maggiori;
- Metodologie per la valutazione della capacità portante dei pali/setti e valutazione portanza pali dei viadotti e setti di diaframma per la galleria artificiale;
- Palificate di fondazione: Valutazione del momento adimensionale lungo i pali e analisi palificate in presenza di terreni potenzialmente liquefacibili (criteri e verifiche);
- Metodologie per la valutazione della capacità portante delle fondazioni dirette e per la determinazione del coefficiente di sottofondo alla Winkler;
- Piano di posa;
- Riutilizzo terreni di scavo e trattamento a calce.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	5 di 240

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

### 2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

Indagini geognostiche e prove in situ campagna 2019	R	S	3	H	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Indagini geognostiche campagna 2015	R	S	3	H	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	2
Indagini geognostiche campagna 2013	R	S	3	H	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	3
Indagini geognostiche anni precedenti	R	S	3	H	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	4
Indagini geofisiche	R	S	3	H	0	0	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Indagini geofisiche campagna 2016	R	S	3	E	5	0	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	5	0	0	2
Indagini geofisiche campagna 2013	R	S	3	E	5	0	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	5	0	0	3
Prove geotecniche di laboratorio	R	S	3	H	0	0	D	6	9	P	R	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Monitoraggio piezometrico	R	S	3	H	0	0	D	6	9	R	H	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	R	S	3	H	0	0	D	6	9	R	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Censimento punti d'acqua	R	S	3	H	0	0	D	6	9	R	H	G	E	0	0	0	2	0	0	1



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	6 di 240

Relazione modellazione idrogeologica	R	S	3	H	0	1	D	6	9	R	H	G	E	0	0	0	2	0	0	1
Carta geologica e profili geologici Stazione di Fontanarossa e Tratto interferente con la pista (parte est)	R	S	3	H	0	1	D	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Carta geologica e profili geologici Bretella Catania Siracusa e Collegamento Fascio A/P - Interporto	R	S	3	H	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	2
Carta geologica e profili geologici Bretella Palermo Siracusa	R	S	3	H	0	2	D	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Carta idrogeologica e profili idrogeologici Bretella Palermo Siracusa	R	S	3	H	0	2	D	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	1
Carta idrogeologica e profili idrogeologici Stazione di Fontanarossa e Tratto interferente con la pista ( parte est)	R	S	3	H	0	1	D	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	1
Carta idrogeologica e profili idrogeologici Bretella Catania Siracusa e Collegamento Fascio A/P - Interporto	R	S	3	H	0	1	D	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	2
Sezioni Geologiche trasversali - Stazione di Fontanarossa e interramento linea Palermo - Catania	R	S	3	H	0	1	D	6	9	W	5	G	E	0	0	0	1	0	0	2
Piano-Profilo geotecnico INTERRAMENTO PA-CT tav 1	R	S	3	H	0	2	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Piano-Profilo geotecnico INTERRAMENTO PA-CT tav 2	R	S	3	H	0	2	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	2
Piano-Profilo geotecnico BRETELLA CT-SR tav 1	R	S	3	H	0	2	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	3
Piano-Profilo geotecnico BRETELLA CT-SR tav 2	R	S	3	H	0	2	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	4
Piano-Profilo geotecnico INTERPORTO	R	S	3	H	0	2	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	5



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	7 di 240

### 3 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Le tratte ferroviarie in progetto ricadono nella porzione nord-orientale della Piana di Catania, nell'area compresa tra la costa ionica a Est, il Fiume Simeto a Sud e i rilievi basso collinari di Villaggio San Giorgio a NW. La tratta relativa alla Stazione Fontanarossa, appartenente al Lotto 1, si sviluppa su riporti antropici esistenti dei rilevati ferroviari al di sotto dei quali predominano le formazioni sabbiose delle alluvioni recenti (**bb2**) e antiche (**bn2**) fino a profondità di circa 20 m da p.c. per poi proseguire, fino alle massime profondità indagate, con la formazione argillosa (**FAG**) del substrato. Il tratto relativo alla zona interferente con la pista dell'aeroporto si sviluppa nel settore centro-settentrionale dell'area di studio, ad ovest dell'aeroporto di Catania, per circa 2+703.56 km da sud-ovest a nord-est, tra la tratta Bretella Catania-Siracusa a sud e la Stazione Fontanarossa a nord. Il tracciato interessa per gran parte del suo sviluppo i terreni limoso-argillosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb3**), che presentano uno spessore variabile tra 1.3 e 7.5 m circa. Tali depositi risultano in eteropia laterale e verticale con i terreni sabbioso-limosi della medesima unità (**bb2**), con una potenza variabile tra 2.3 m e 10.6 m. Tali depositi sono diffusamente ricoperti dai Riporti antropici attuali (**h**) e poggiano sui terreni limoso-argillosi dei Depositi alluvionali antichi (**bn3**), che mostrano invece uno spessore variabile tra circa 19.3 e 29.3 m, con lenti di terreni ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi limosi dei Depositi alluvionali antichi (**bn1** e **bn2**). Il substrato geologico dell'area è rappresentato dai litotipi della Formazione delle Argille grigio-azzurre (**FAG**), che si rinvergono a profondità decrescenti verso nord-est e comunque superiori ai 27.0 m dal p.c. Il tratto relativo al "Collegamento dal fascio A/P al Terminal Merci" si sviluppa nel settore meridionale dell'area di studio, ad ovest della zona industriale di Catania, per circa 1+150 km da sud a nord-est, dalla tratta Bretella Catania-Siracusa. Dal punto di vista litostratigrafico si rinvergono i Depositi alluvionali recenti rappresentati principalmente da terreni sabbioso-limosi (**bb2**) e nel tratto iniziale e centrale da terreni limoso-argillosi (**bb3**), in eteropia tra loro. In corrispondenza di Canale Buttaceto si rinvergono Depositi alluvionali attuali in facies sabbioso-limosa (**ba1**), con uno spessore e una estensione limitata. Tali depositi sono localmente ricoperti dai Riporti antropici attuali (**h**) e poggiano in contatto stratigrafico discordante sui Depositi alluvionali antichi, con uno spessore superiore ai 36 m, composti da depositi ghiaioso-sabbiosi (**bn1**), sabbioso-limosi (**bn2**) e limoso-argillosi (**bn3**) parzialmente eteropici tra loro. Il substrato geologico dell'area è rappresentato dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre (**FAG**), che si rinviene ad una profondità decrescente verso nord-ovest e superiore ai 45 m dal p.c. Il tratto relativo alla Bretella Catania-Siracusa si sviluppa nel settore meridionale dell'area di studio, ad ovest della zona industriale di Catania, per circa 3+370 km da SSW a NE, fino al tratto della linea interferente con la pista a nord. Il tracciato in esame interessa per tutto il suo sviluppo i terreni sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb2**) in eteropia con i terreni limoso-argillosi (**bb3**). Tali depositi poggiano in contatto stratigrafico discordante sui Depositi alluvionali antichi, con uno spessore variabile tra 30 e 36.6 m, crescente verso i settori settentrionali, composti da depositi ghiaioso-sabbiosi (**bn1**), sabbioso-limosi (**bn2**) e limoso-argillosi (**bn3**) parzialmente eteropici tra loro. Il substrato geologico dell'area è rappresentato dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre (**FAG**), che si rinviene ad una profondità decrescente verso nord e superiore ai 40.0 m dal p.c. Il tratto relativo al Bretella Palermo-Siracusa si sviluppa nel settore sud-occidentale dell'area di studio, ad ovest della zona industriale di Catania, per circa 2+713 km da NW a S, fino alla Bretella Catania-Siracusa a sud. Il tracciato in esame interessa per tutto il suo sviluppo i terreni sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb2**) in eteropia con i terreni limoso-argillosi (**bb3**). Tali depositi poggiano in contatto stratigrafico discordante sui Depositi alluvionali antichi, con uno spessore variabile tra 25.7 e 44.0 m, crescente verso i settori meridionali, composti da depositi ghiaioso-sabbiosi (**bn1**), sabbioso-limosi (**bn2**) e limoso-argillosi (**bn3**) parzialmente eteropici tra loro. Il substrato geologico dell'area è rappresentato dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre (**FAG**), che si rinviene ad una profondità crescente verso nord-ovest e superiore ai 38.0 m dal p.c. Le opere d'arte maggiori, che si inseriscono nelle tratte sopra descritte, sono elencate nella seguente tabella.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	8 di 240

**Tabella 1. Opere d'arte maggiori**

<b>Opera</b>	<b>Progressiva inizio</b>	<b>Progressiva fine</b>	<b>Lotto</b>
GA01	0+922	1+837	2-interramento
TR02	0+600	0+922	2-interramento
TR03	1+837	2+200	2-interramento
VI01	1+275	1+355	2-Bretella CT-SR
VI02	2+925	2+950	2-Bretella CT-SR
VI03	0+506	0+586	2-interporto

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nel presente capitolo si riporta un breve inquadramento geologico, morfologico, idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione Geotecnica per la progettazione, per dettagli ed approfondimenti si rimanda a quanto sviluppato nelle relazione geologica, alla quale si rimanda.

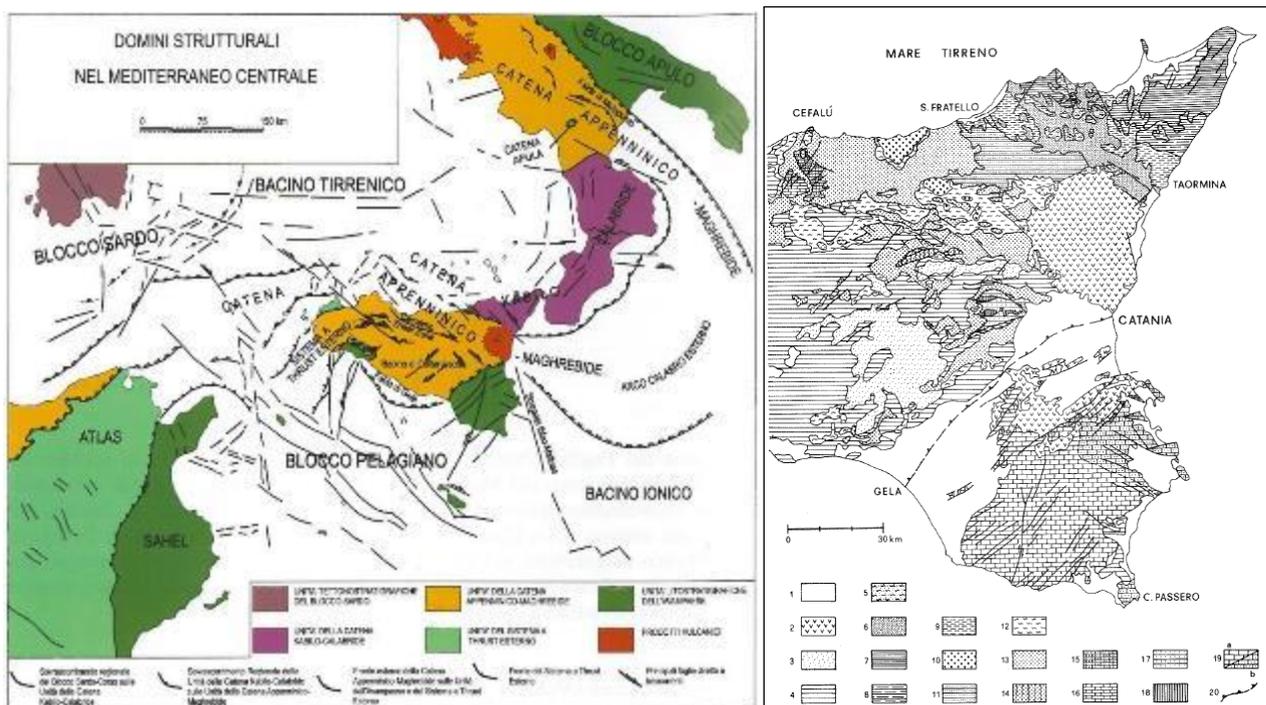
##### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio siciliano presenta una conformazione geologica s.l. piuttosto articolata e complessa, strettamente legata ai differenti processi geodinamici e morfoevolutivi che si sono verificati nell'area durante il Quaternario (Lentini et al. 1991; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000, 2002), quali l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

Nella sua complessità, il paesaggio fisico della Sicilia è quindi il risultato di una complessa interazione di diversi fattori geologici, tettonici, geomorfologici e climatici che, nel corso del tempo, hanno interessato l'area in esame in maniera differente (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000).

Nello specifico, l'area di studio ricade nella porzione più orientale dell'isola siciliana, al limite tra il fronte più esterno della Catena Appenninico-Maghrebide, affiorante nella porzione settentrionale dell'isola e costituita da sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma sia di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Cello et al. 1989; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998);

ed il dominio dell'Avanfossa Gela-Catania, affiorante nella porzione orientale della Sicilia e costituita da una spessa successione sedimentaria tardo-cenozoica, parzialmente sepolta sotto le coltri alloctone del sistema frontale della catena (Ogniben 1969; Di Geronimo et al. 1978; Lentini 1982; Torelli et al. 1998); (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000; Monaco & De Guidi 2006).





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	10 di 240

Tale settore risulta caratterizzato dalla presenza del Monte Etna, un imponente vulcano composito quaternario derivante dall'accumulo di lave e depositi piroclastici (Monaco et al. 2010) eruttati durante gli ultimi 200 ka (Gillot et al. 1994); l'apparato vulcanico del Monte Etna è un complesso quaternario derivante dall'accumulo d'ingenti quantitativi di lave e depositi piroclastici (Monaco et al. 2010), eruttati durante gli ultimi 200 ka (Gillot et al. 1994). Con una copertura areale di circa 1260 km<sup>2</sup> ed una quota di ben 3350 m s.l.m., esso rappresenta uno dei maggiori vulcani attivi di tutta l'area mediterranea, nonché il più grande d'Europa (Carbone et al. 2009).

Dal punto di vista geologico, il M. Etna si colloca lungo il margine meridionale della Catena Appenninico-Maghrebide, al di sopra di una successione pelitica del Pleistocene inferiore-medio deposta sul bordo deformato del Blocco Pelagiano (Lentini 1982; Monaco et al. 2010). In particolare, l'area dell'apparato vulcanico rappresenta una parte del footwall del sistema di faglie normali che, nel tardo Quaternario (Monaco et al. 1997; Nicolich et al. 2000; Argnani & Bonazzi 2005), ha parzialmente riattivato la Scarpata Maltese (Monaco et al. 2010).

La tettonica estensionale è stata, quindi, il principale fattore di controllo dell'evoluzione spazio-temporale del magmatismo del M. Etna (Monaco et al. 2010). Infatti, la presenza di un sistema di faglie normali a carattere regionale, insieme a condizioni favorevoli per la fusione del mantello (Tanguy et al. 1997; Clocchiatti et al. 1998) e alle specifiche caratteristiche sismo-tettoniche dell'area (Monaco et al. 1995, 1997, 2005; Azzaro 1999; Patanè et al. 2004), suggeriscono che il vulcanismo del M. Etna è probabilmente una diretta conseguenza dell'estensione regionale dovuta a processi di rifting incipienti (Ellis & King 1991; Monaco et al. 1997, 2010). In alternativa, i processi estensionali potrebbero essere collegati al movimento verticale di materiale astenosferico lungo il bordo Sud-occidentale dello slab Ionico, subdotto al di sotto della litosfera Tirrenica (Doglioni et al. 2001).

I primi studi sulle caratteristiche geologiche del M. Etna risalgono alla seconda metà del XIX secolo, quando alcuni studiosi diedero inizio alle ricerche sistematiche sul vulcano e sulla sua storia recente, nell'ultimo decennio del XX secolo, le attività di rilevamento per la stesura della nuova carta geologica di Italia in scala 1:50000 hanno portato a una ricostruzione più dettagliata dell'assetto geologico del versante orientale del M. Etna mediante l'utilizzo di unità stratigrafiche a limiti inconformi (Pasquarè et al. 1992); sulla scorta di tali dati, è stato quindi sviluppato un nuovo modello evolutivo per la storia geologica del M. Etna (Branca et al. 2004), basato su quattro fasi principali che evidenziano lo sviluppo spazio-temporale dell'attività eruttiva del vulcano (Carbone et al. 2010).

Per quanto concerne la successione stratigrafica, gli studi effettuati hanno evidenziato che il substrato dell'apparato vulcanico è rappresentato, nei settori settentrionali e occidentali, dalle unità tettoniche frontali della Catena Appenninico-Maghrebide e dalle relative coperture neogeniche (Monaco et al. 2010). Nei settori meridionali e orientali, invece, il substrato della struttura vulcanica è costituito da una spessa successione regressiva pleistocenica (Ogniben 1966; Kieffer 1971; Lanzafame et al. 1999; Di Stefano & Branca 2002), contenente livelli di vulcaniti tholeiitiche (Monaco et al. 2010).

La successione pleistocenica è costituita dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre, dalle Sabbie e ghiaie di Villaggio S. Giorgio e dalle Ghiaie di M. Tiriti (Carbone et al. 2009). La deposizione delle Argille grigio-azzurre, iniziata prima dell'attività vulcanica del M. Etna, è proseguita anche durante la fase delle Tholeiiti di Base, come evidenziato dall'età radiometrica delle lave sottomarine intercalate ai depositi argillosi nell'area di Aci Castello (Gillot et al. 1994; De Beni 2004; De Beni et al. 2005). Le Ghiaie di M. Tiriti, invece, contengono clasti vulcanici riferibili alle prime lave subaeree del M. Etna, a composizione tholeiitica (Chester & Duncan 1982). Infine, la successione pleistocenica è ricoperta in discordanza dai depositi alluvionali della parte terminale del Pleistocene medio (Lanzafame et al. 1997), che testimoniano una fase erosiva connessa al sollevamento dell'area.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	11 di 240

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50,000 (Carbone et al. 2009), le successioni stratigrafiche presenti nell'area di interesse possono essere distinte, dal basso verso l'alto le formazioni geologiche (unità Geotecniche) presenti nell'area di studio, in particolare:

Depositi subetnei e vulcaniti di Aci Trezza, di genesi sia vulcanica che sedimentaria, in particolare dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio) costituite dalle argille e argille marnose di colore grigio-azzurro massive o a stratificazione poco evidente. La base della formazione non è affiorante. Si tratta di depositi di ambiente di pro-delta regressivo, con uno spessore in affioramento di circa 140 m; in particolare

- dal punto di vista litologico si tratta di argille limose, limi argillosi e argille limoso-marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, talora nocciola e giallastro per alterazione (**FAG – UNITA' U3**), a struttura generalmente indistinta, a tratti con laminazione incrociata e stratificazione sub-parallela; a luoghi si rinvencono lenti e/o livelli di sabbie fini e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e giallastro, in strati da molto sottili a sottili, localmente laminati, con rare ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate, più frequenti verso l'alto stratigrafico; talora sono presenti livelli di limi e limi argillosi di colore grigio, a struttura laminata o finemente stratificata, con diffusi veli di materiale organico nerastro e discontinue intercalazioni lenticolari di tufi gradati.

Distretto vulcanico del Monte Etna e depositi alluvionali terrazzati: sono rappresentati da sette differenti unità geologiche, di genesi vulcanica e sedimentaria, in particolare i depositi presenti fanno parte dei Depositi alluvionali antichi terrazzati di IV e V ordine; questi depositi non affiorano direttamente nella zona di intervento, ma si rinvencono in profondità al di sotto dei Depositi alluvionali recenti e si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in discordanza sulla Formazione delle Argille grigio-azzurre e sui Depositi marini e costieri antichi. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 50 m ed è interamente ascrivibile all'Olocene; in particolare si tratta:

- della litofacies più grossolana è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate (**bn1 -UNITA' U2b**), in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore bruno, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono ciottoli e blocchi eterogenei da appiattiti ad arrotondati; talora sono presenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro.
- della litofacies psammitica è prevalentemente composta da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola, grigio e giallastro (**bn2 -UNITA' U2**), a struttura indistinta, con locali ciottoli e ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono livelli di limi argillosi grigi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, talora appiattite, in matrice sabbiosa di colore grigio
- della litofacies pelitica, infine, è formata da limi da debolmente argillosi ad argillosi di colore grigio chiaro, marrone e giallastro (**bn3 -UNITA' U2a**), a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche e locali livelli grigio-scuri e nerastrati; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie limose grigie e paleosuoli poco evoluti.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	12 di 240

**Depositi continentali e transizionali del Pleistocene superiore – Attuali e recenti:** questi depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, nel settore di piana che va dai rilievi collinari presenti a NW fino alla zona litoranea della Plaia di Catania. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e piana alluvionale, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in discordanza sulla Formazione delle Argille grigio-azzurre, sulle Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio e sui Depositi alluvionali antichi e sono parzialmente eteropici ai Depositi marini e costieri recenti. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 14 m ed è interamente riferibile all'Olocene tardo, in particolare:

- la litofacies più grossolana è composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate (**bb1-UNITA' U1b**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore bruno, marrone e giallastro, generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro.
- la litofacies sabbioso-limosa è generalmente costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e grigio, a luoghi grigio scuro o bruno (**bb2-UNITA' U1**), a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi argilloso-sabbiosi giallastri e livelli di limi argillosi grigi
- la litofacies prevalentemente pelitica, infine, è formata da argille limose e limi argillosi di colore marrone e nocciola, a luoghi grigio (**bb3-UNITA' U1a**), a struttura indistinta o laminata, con sporadiche ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; si rinvengono frequenti e sottili passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi grigi.

## INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

L'evoluzione geomorfologica dell'area di Catania è legata ad un insieme di fattori geologici s.l. e geologico-strutturali che hanno agito, in maniera concomitante, nello sviluppo del paesaggio attuale; in particolare, la morfologia superficiale del territorio in esame risulta profondamente connessa alla importante evoluzione geodinamica della regione etnea, che ha profondamente modificato l'assetto superficiale dell'area catanese durante tutto il Quaternario (Carbone et al. 2009). Ad essa si aggiungono inoltre gli effetti geomorfologici dovuti alle acque superficiali, sia continentali che marine, e alla intensa antropizzazione dell'area, soprattutto in corrispondenza dei principali centri urbani e delle maggiori opere di comunicazione.

L'area di studio, in relazione alla complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico-strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo; i principali elementi geomorfologici presenti nell'area ed i relativi fattori morfoevolutivi sono imputabili all'arete idrografica locale, in generale, fortemente influenzata sia dalle caratteristiche morfologiche del territorio oltre che dalla natura litologica dei litotipi affioranti. Nelle aree collinari nord-occidentali, infatti, il reticolo idrografico locale presenta uno sviluppo poco ramificato ed un pattern sub-angolare che segue in buona sostanza i principali allineamenti strutturali dell'area. Nei settori delle principali aree alluvionali e costiere, invece, la rete idrografica superficiale risulta piuttosto sviluppata ed articolata, anche se profondamente modificata dalle numerose opere di bonifica e regimazione idraulica realizzate nel corso degli ultimi secoli.

I principali corsi d'acqua dell'area, a carattere perenne, sono rappresentati dal Fiume Simeto e dal Torrente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	13 di 240

Acquicella, che defluiscono con basso gradiente idraulico dai settori collinari e montuosi più interni verso lacosta ionica della Piana di Catania; ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e numerosi canali artificiali realizzati nel corso dei secoli in tutto il settore di piana.

Nell'intera area esaminata, le principali forme di accumulo derivano dai processi deposizionali dei sistemi fluviali presenti, che conferiscono alla Piana di Catania e alle maggiori depressioni vallive una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso Est: tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali e risultano, molto spesso, fortemente interdigeriti tra loro, creando così un articolato sistema sedimentario di origine alluvionale.

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai manufatti realizzati in corrispondenza delle maggiori aree urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle infrastrutture a rete più importanti. Nei settori più antropizzati si rinvengono, inoltre, estesi materiali di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura quaternari. La maggior parte delle zone di riporto corrispondono, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più estese.

Ai suddetti elementi si aggiungono, ovviamente, numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati ed abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori a 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di scarpate naturali preesistenti. Infine, lungo gli alvei dei maggiori corsi d'acqua dell'area, sono presenti numerose opere di regimazione idraulica rappresentate essenzialmente da briglie e argini artificiali. In particolare, si sottolineano i numerosi interventi di ingegneria idraulica realizzati negli ultimi decenni lungo le principali aste fluviali.

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I dati geologici di superficie, unitamente alle informazioni stratigrafiche derivanti da perforazioni geognostiche e pozzi profondi, permettono di individuare nell'area in esame litotipi con differente comportamento idrogeologico (Carbone et al. 2009; Carbone 2011); sulla base delle caratteristiche di permeabilità e dei rapporti stratigrafico-strutturali tra i litotipi presenti si possono distinguere acquiferi, sede di corpi idrici produttivi, e terreni a permeabilità bassa o molto bassa, privi di corpi idrici significativi che localmente determinano effetti di confinamento sugli acquiferi limitrofi (Ferrara 1999; Carbone et al. 2009).

In particolare, l'acquifero alluvionale della Piana di Catania è rappresentato da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico, sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate (Ferrara 1999). Tale eterogeneità tessiturale condiziona, infatti, l'esistenza ed il movimento delle acque sotterranee all'interno del complesso alluvionale, che poggia su terreni prevalentemente pelitici di età pleistocenica (Lentini et al. 1984; Ferrara 1999). I numerosi pozzi a uso civile, agricolo e industriale sono distribuiti in modo disomogeneo all'interno della piana e determinano condizioni di forte sovrasfruttamento dell'acquifero alluvionale, come dimostrato dalla forte intrusione marina nelle zone più vicine alla costa ionica (Ferrara 1999).

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, in maniera puntuale e dettagliata, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore; il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo nei settori di territorio esterni all'area di stretto interesse



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	14 di 240

progettuale.

Infine, a corredo del presente studio, è stato condotto uno specifico approfondimento idrogeologico volto alla definizione della possibile influenza esercitata dalle opere in progetto sul regime di circolazione idrica dell'area e su eventuali variazioni del livello di falda a seguito della realizzazione delle opere in sottterraneo. I risultati di questo studio di approfondimento sono riportati in uno specifico elaborato progettuale in allegato alle presenti note di sintesi.

In particolare, per le formazioni geologiche – unità geotecniche presenti nelle aree di studio è possibile distinguerle le seguenti unità con le medesime caratteristiche idrogeologiche :

**Substrato argilloso – limoso (FAG) UNITA' U3;** i terreni in questione costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli acquicludi di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi più permeabili nella parte alta del complesso. La permeabilità, esclusivamente per permeabilità, è variabile da impermeabile a molto bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-10}$  e  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s.

**Coperture limoso-argillose (bn3 - bb3) UNITA' U2a - U1a:** I termini litologici in esame costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli acquitardi di importanza variabile in relazione all'estensione e allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi più permeabili all'interno del complesso. La permeabilità, esclusivamente per permeabilità, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-9}$  e  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

**Coperture sabbioso-limose (bn2 – bb2) UNITA' U2 – U1:** questi depositi costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in esame si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-7}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

**Coperture ghiaioso-sabbioso (bn1 – bb1) UNITA' U2b – U1b:** questi litotipi costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	15 di 240

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 5.1 RISPOSTA SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$ , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$ , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_c^*$ ;
- per diverse probabilità di superamento in 75 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 45 e 1462 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $P_{VR}$  associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento  $V_{R,TR}$  è esprimibile in funzione di  $P_{VR}$  mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove  $V_N$  è la vita nominale dell'opera e  $C_U$  la classe d'uso.

Per le opere d'arte del presente progetto si ha in linea generale:  $V_N=75$  anni e  $C_U=1.5$  (classe d'uso III).

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido  $a_g$ , l'accelerazione di picco  $a_{max}$  è valutata sulla base della risposta sismica locale:

$$a S_T g_{max}$$

dove  $S_s$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica,  $S_T$  è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.

Nel seguito viene definita la categoria di sottosuolo e le azioni sismiche di progetto.

### 5.1.1 Categoria di sottosuolo

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità  $V_{s,eq}$ , poiché la profondità del substrato superiore a 30.m. Si può ricavare il parametro  $V_{s,eq}$  mediante la relazione:

$$V_{s,eq} = V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismica, in accordo alla normativa vigente sono state eseguite indagini sismiche finalizzate alla determinazione della  $V_{s,eq}$ , in particolare sono state eseguite prove sismiche di tipo Down-Hole, MASW (vedasi tabella seguente).

**Tabella 2.  $V_{s,eq}$  da indagini sismiche P.D. e categoria sottosuolo**

PROVA	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
DH – SD13	236	C
DH – SD14	191	C
DH – SD18	211	C
DH – SD19	240	C
DH – SD21	165	D
DH – SD23	215	C
DH – SD24	219	C
DH – SD28	234	C
DH – SD29	173	D
DH – SD30	164	D
DH – SD34	214	C
DH – SD35	158	D
DH – SD39	156	D



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	17 di 240

PROVA	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
DH – SD40	197	C
MASW 1– SD40	237	C
MASW 2– SD11	246	C
MASW 3– SD15	266	C
MASW 4– SD19	239	C
MASW 5– SD38	224	C

Lungo il tracciato i valori delle velocità delle onde di taglio identificano terreni sia di tipo C, sia di tipo D.

Per le opere d'arte maggiore verrà definita la categoria di sottosuolo in relazione alle indagini geotecniche che vi ricadono (vedasi capitolo 9).

Nel seguito si definiscono le azioni sismiche di progetto considerando una categoria di sottosuolodi tipo C e D.

*C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 180 e 360 m/s.*

*D- Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 100 e 180 m/s.*



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	18 di 240

### 5.1.2 Azioni sismiche di progetto:

Il tracciato delle opere stradali e ferroviarie è stato suddiviso in 3 zone a cui fare riferimento per la caratterizzazione sismica. La tabella che segue riporta tali zone indicandone le relative località e coordinate geografiche di riferimento.

**Tabella 3 – Localizzazione sito con ag massima**

Zona Sismica	Lotto	Zona di riferimento	Coordinate		ag/g	F0	Tc*
			Lat.	Lon.			
S1	Lotto 1	Stazione Fontanarossa	37.477501	15.063759	0.308	2.364	0.462
S2	Lotto 2	interramento PA-CT	37.464721	15.047788	0.321	2.356	0.465
S3	Lotto 2-3	Bretella CT-SR e Bretella PA-SR	37.434882	15.025984	0.330	2.359	0.468

Il prospetto che segue indica, per ogni opera in progetto, la zona sismica di riferimento, la categoria di sottosuolo e l'accelerazione massima attesa in sito.

**Tabella 4 – Parametri sismici**

Zona Sismica	Lotto	Progressiva		Zona di riferimento	Coordinate		Tipo Suolo	ag/g	F0	Tc*	ST	SS	ag <sub>max</sub> /g
		Pk inizio	Pk fine		Lat.	Lon.							
S1	Lotto 1	0+000	1+307	Stazione Fontanarossa	37,477501	15,063759	C	0,308	2,364	0,462	1	1,263	0,389
	Lotto 2	2+700	3+025	interramento PA-CT	37,477501	15,063759	C	0,308	2,364	0,462	1	1,263	0,389
S2	Lotto 2	0+000	1+650	Bretella CT-SR	37,464721	15,047788	C	0,321	2,356	0,465	1	1,246	0,400
	Lotto 2	0+000	2+700	interramento PA-CT	37,464721	15,047788	C	0,321	2,356	0,465	1	1,246	0,400
	Lotto 2	0+250BD	1+150	Coll. Interporto	37,464721	15,047788	C	0,321	2,356	0,465	1	1,246	0,400
	Lotto 3	0+000	1+550	Bretella PA-SR	37,464721	15,047788	C	0,321	2,356	0,465	1	1,246	0,400
S3	Lotto 2	0+000	0+250BD	Coll. Interporto	37,434882	15,025984	D	0,330	2,359	0,468	1	1,232	0,407
	Lotto 2-3	1+650	3+370	Bretella CT-SR	37,434882	15,025984	D	0,330	2,359	0,468	1	1,232	0,407
	Lotto 2-3	1+550	2+713	Bretella PA-SR	37,434882	15,025984	D	0,330	2,359	0,468	1	1,232	0,407

**Tabella 5 – Localizzazione Zona S1 con ag massima**

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

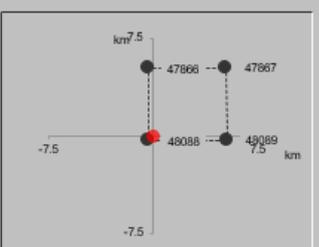
Tabella parametri

Reticolo di riferimento



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

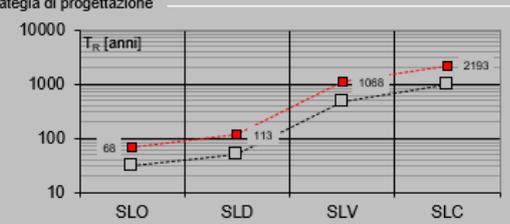
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



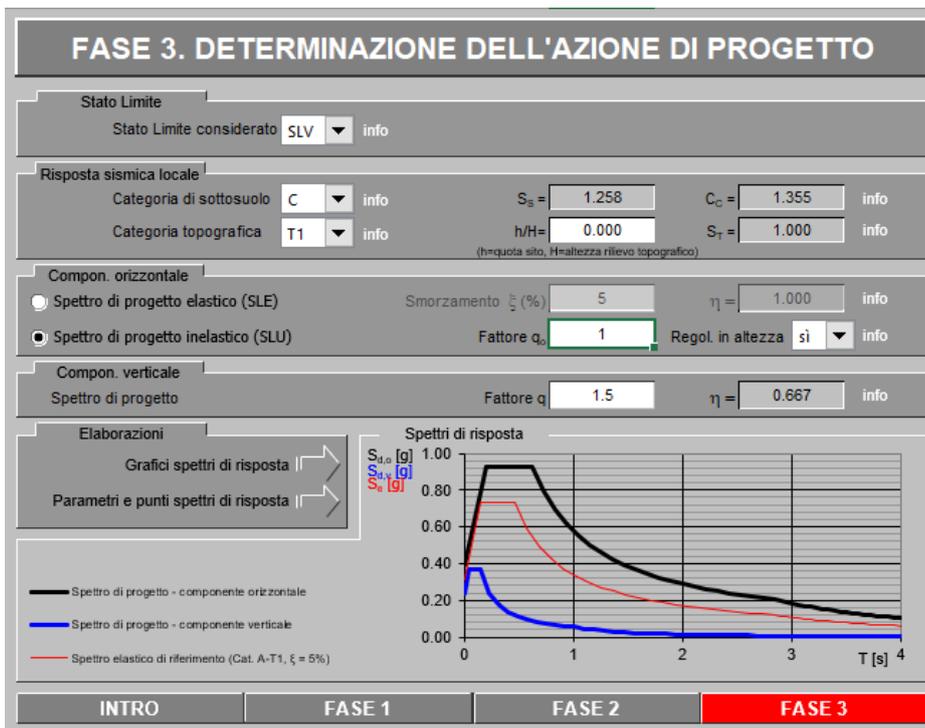
LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie

--- Strategie scelte

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Tabella 6 –Spettro di risposta orizzontale allo SLV per Zona S1**



**Tabella 7 – Localizzazione Zona S2 con ag massima**

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

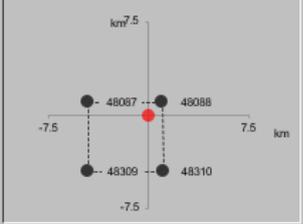
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

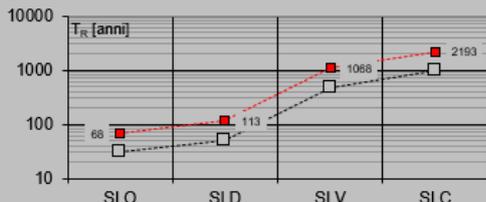
Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

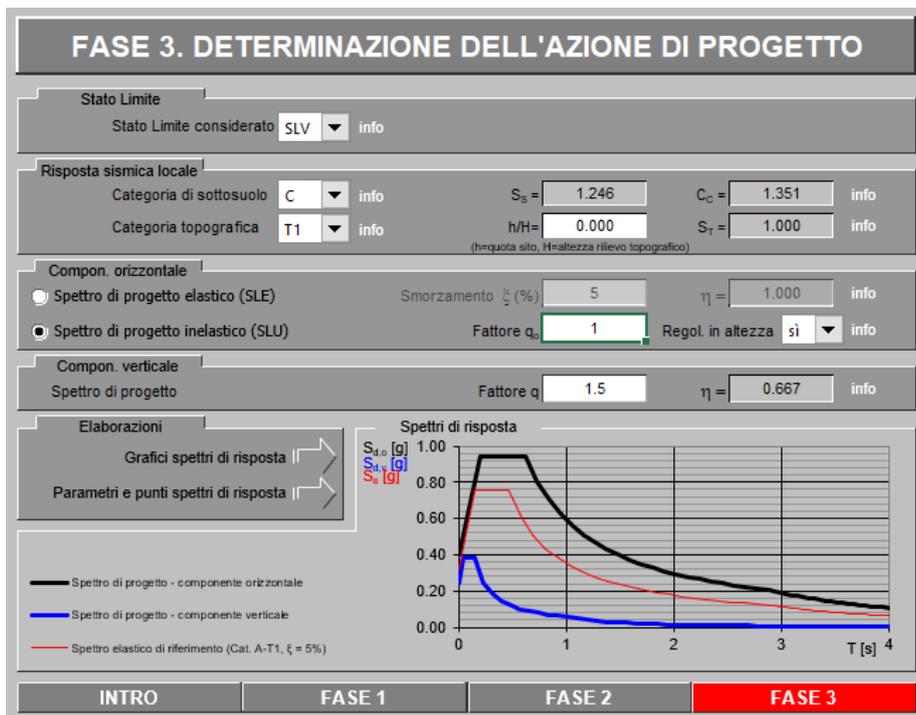
- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

Strategia di progettazione



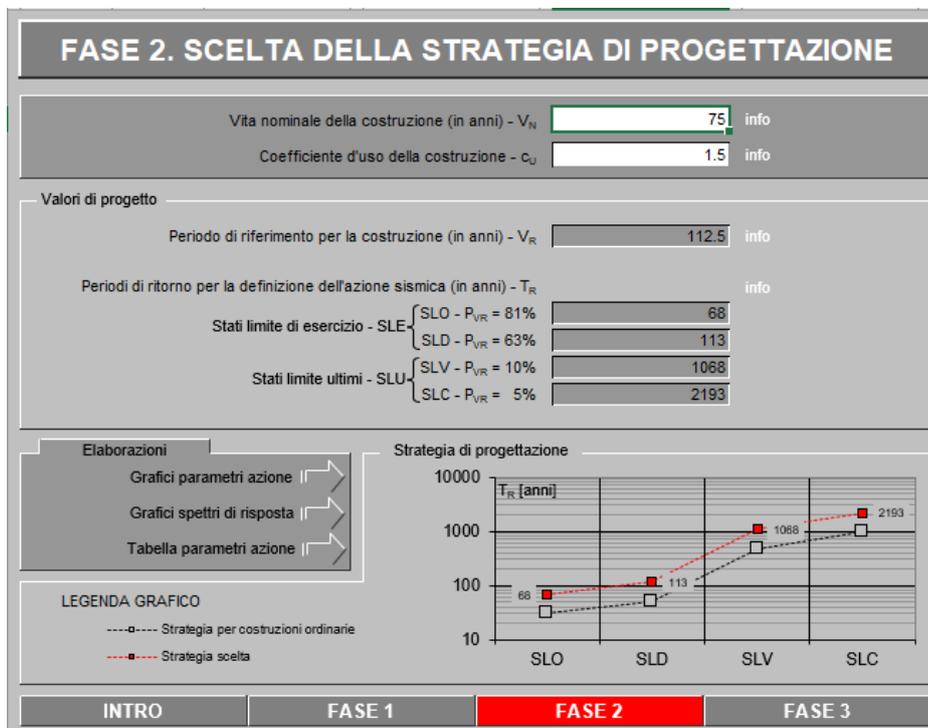
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Tabella 8 – Spettro di risposta orizzontale allo SLV per Zona S2**

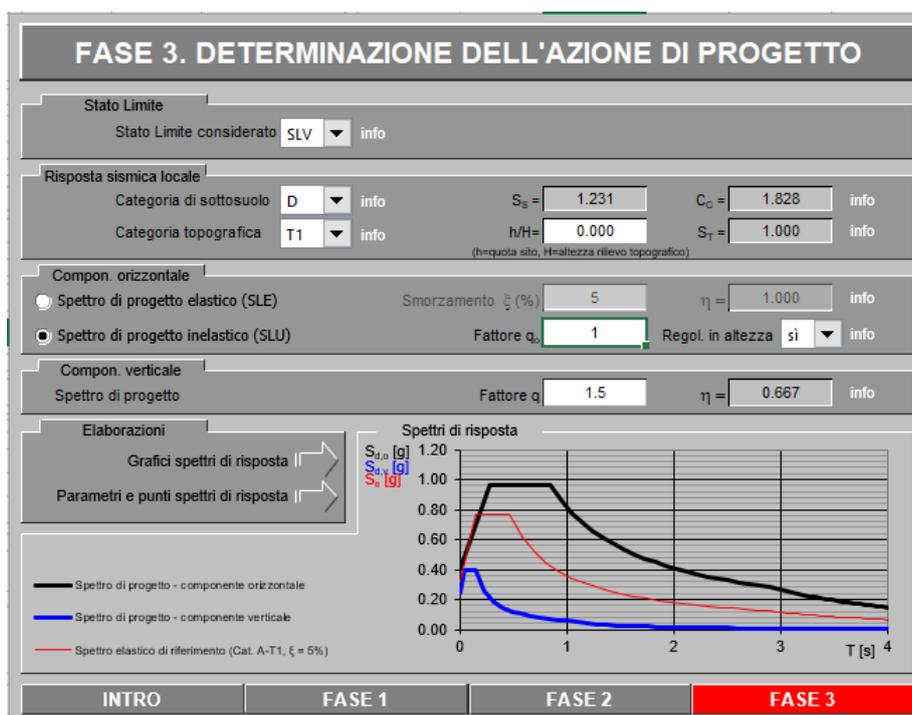


**Tabella 9 – Localizzazione Zona S3 con ag massima**



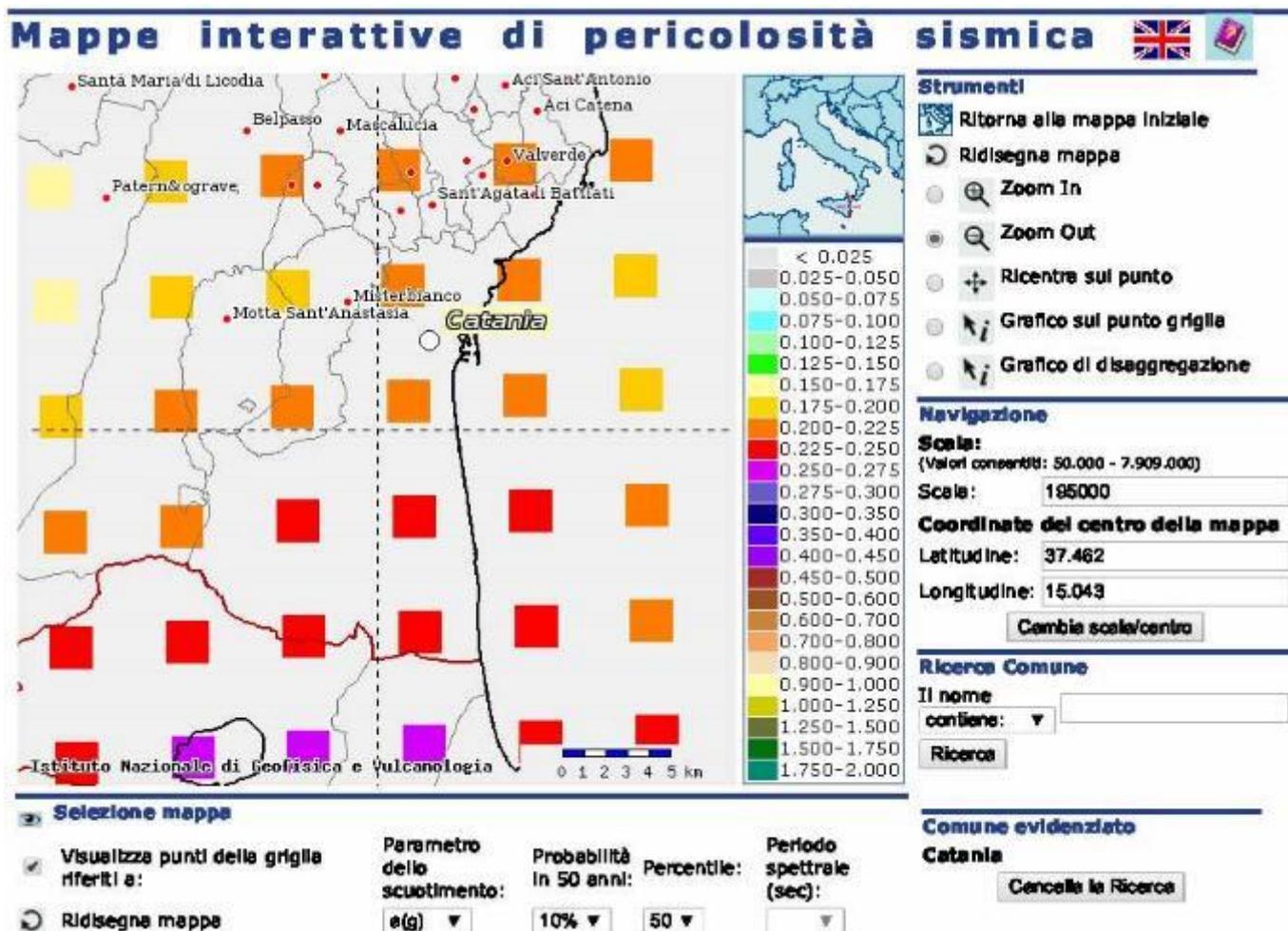


**Tabella 10 – Spettro di risposta orizzontale allo SLV per Zona S3**



### 5.1.3 Magnitudo

Ai fini della valutazione della suscettibilità alla liquefazione del terreno di fondazione, è stata valutata la magnitudo attraverso il grafico di disaggregazione (del valore di  $a_g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare dalle seguenti figure si osserva che la magnitudo a cui è associato un sisma con maggiore percentuale di pericolosità (colore rosso) ha un valore medio di  $M = 5.95$ .



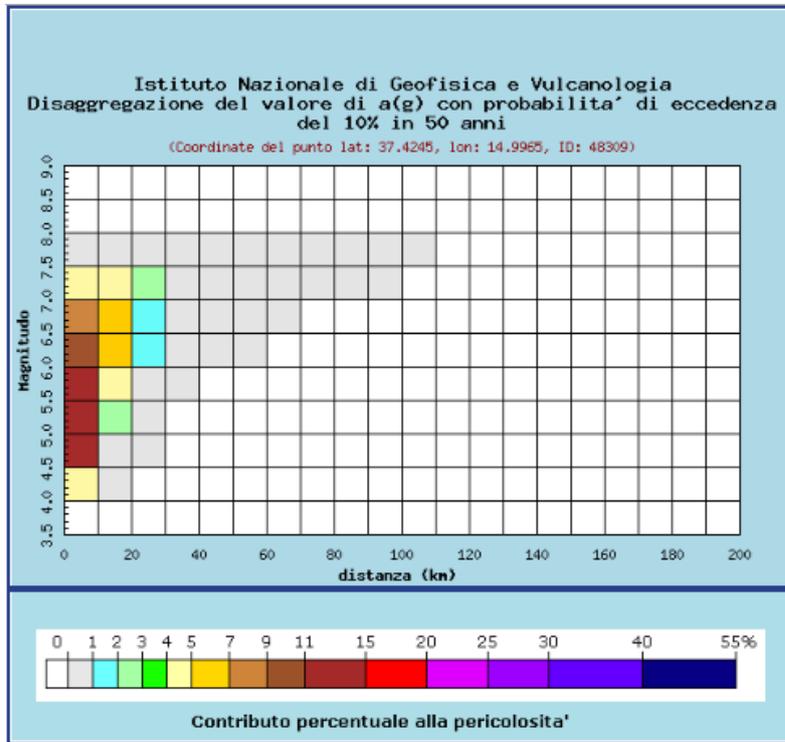


DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	25 di 240



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 37.4245, lon: 14.9965, ID: 48309)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	4.170	12.700	14.200	13.200	10.500	7.190	4.370	0.613	0.000	0.000
10-20	0.000	0.088	0.892	2.410	4.080	5.360	5.650	4.890	0.826	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.001	0.104	0.495	1.110	1.700	2.030	0.409	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.229	0.541	0.856	0.200	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.196	0.412	0.109	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.071	0.237	0.070	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.043	0.015	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.950	9.420	0.606



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	26 di 240

## 5.2 LIQUEFAZIONE

Il problema della liquefazione viene trattato nei seguenti elaborati progettuali:

- RS3H.0.0.D.78.RH.GE.00.0.5.001 “Relazione generale su fenomeno della liquefazione”
- RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.002 “Relazione degli interventi di mitigazione liquefazione”



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	27 di 240

## 6 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

### 6.1 PREMESSA

Per la caratterizzazione geotecnica del tracciato di interesse sono state prese in considerazione le seguenti indagini geotecniche svolte lungo il tracciato, anche finalizzate alla progettazione di opere interferenti/limitrofe quindi:

- Campagne geognostiche pregresse eseguite per il Progetto Definitivo del raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova (anno 2015);
- Campagna geognostica pregressa a base del Progetto Preliminare;
- Campagna geognostica integrativa a base del Progetto Definitivo;

Nei seguenti paragrafi sono descritte nel dettaglio le indagini in sito e le prove di laboratorio eseguite nelle suddette campagne d'indagine.

### 6.2 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO DEFINITIVO BICOCCA-CATENANUOVA

Al fine della caratterizzazione geotecnica dei terreni e soprattutto alla definizione della successione stratigrafica, sono state prese in considerazione anche le indagini geognostiche svolte nell'ambito del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova nell'anno 2015; in particolare sono state considerate tutte le indagini ubicate in un intorno significativo del tracciato in progetto, in particolare nel tratto tra il sondaggio SD15 e la CPTE 12 relative alle indagini di Progetto Definitivo. Tali indagini sono consistite in:

- sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza pari a 30 m;
- Installazione di piezometri a tubo aperto (Norton) per la lettura del livello di falda;

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- rilievo stratigrafico con descrizione della litologia e della consistenza dei terreni e documentazione fotografica con foto a colori delle cassette;
- esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nei terreni;
- rilievo del livello piezometrico;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per prove di laboratorio.

In particolare di queste indagini sono stati recuperati i certificati stratigrafici dei sondaggi con i risultati delle prove SPT.

Le prove di laboratorio della campagna di indagine in esame non sono disponibili.

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche delle indagini considerate.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	28 di 240

Per l'ubicazione planimetrica dei sondaggi si rimanda alla specifiche tavole di progetto.

**Tabella 11. Sondaggi Bicocca-Catenanuova**

Sondaggio	Profondità	Lotto	Progressiva	Progressiva	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
			BD/BP INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA	BRETELLA CATANIA-SIRACUSA				Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
			(m)	N.	(km)	(km)	dal	al	Nord	Est	(m slm)
SB36	30.00	2	0 + 350,000		03/10/2015	03/11/2015	Piezometro	4145544.872	2523554.285	17.45	17.15
SB38	30.00	2		0 + 625,000	14/03/2015	15/03/2015		4145367.579	2522364.899	20.70	20.40



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	29 di 240

### 6.3 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO PRELIMINARE

Per la caratterizzazione geotecnica del tracciato di interesse sono state prese in considerazione le seguenti indagini geotecniche svolte nella campagna geognostica nell'ambito del Progetto Preliminare ed è consistita in:

- 8 sondaggi a carotaggio continuo, denominati da S1 a S8 di lunghezza variabile da 10 a 30 mrealizzati nella campagna indagini “interporto 2010”;
- 5 sondaggi a carotaggio continuo, denominati BH2,BH3,BH4,BH5 e BH7 di lunghezza pari a 30 mrealizzati nella campagna indagini “Interporto 2013”;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1e e S2e di lunghezza pari a 30 mrealizzati nella campagna indagini “CT-SR 2012”;
- Installazione di piezometri a tubo aperto tipo Norton per la lettura del livello di falda;

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- rilievo stratigrafico con descrizione della litologia e della consistenza dei terreni, e documentazione fotografica con foto a colori delle cassette;
- esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nei terreni;
- rilievo del livello piezometrico;
- prelievo di campioni indisturbati, per prove di laboratorio.

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche delle indagini in sito.

Per l'ubicazione planimetrica dei sondaggi si rimanda alla specifiche tavole di progetto.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	30 di 240

**Tabella 12. Caratteristiche dei sondaggi delle campagne geognostiche pregresse**

Sondaggio	Profondità	Lotto	Progressiva			Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
			80/89 INTERAVVENTO PALERMO-CATANIA	BRETELLA CATANIA-SIRACUSA	BRETELLA PALERMO-SIRACUSA				Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
			(m)	NL	(km)	(km)	(km)		dal	al	Nord	Est
S1	30.00	2		0 + 200,00		23/03/2010	24/03/2010	Piezometro	4145379.653	2523004.489	19.30	19.00
S2	30.00	2		0 + 200,00		25/03/2010	26/03/2010	Piezometro	4145440.520	2522972.870	20.30	20.00
S3	30.00	2		0 + 200,00		29/03/2010	30/03/2010	Strum in foro	4145527.474	2522953.898	20.30	20.00
S4	30.00	2		0 + 150,000		31/03/2010	04/01/2010	Piezometro	4145706.124	2522953.898	23.30	23.00
S5	20.00	2	0 + 050,000			21/04/2010	21/04/2010	Strum in foro	4145835.763	2523018.718	22.30	22.00
S6	15.00	2	0 + 325,000			20/04/2010	20/04/2010	Strum in foro	4145936.945	2523224.244	22.30	22.00
S7	10.00	2	1 + 175,000			22/04/2010	22/04/2010	Strum in foro	4146291.083	2523866.118	19.30	19.00
S8	10.00	2	1 + 300,000			22/04/2010	22/04/2010	Strum in foro	4146332.188	2524071.644	19.30	19.00
SBH2	30.00	2		0+500,000		23/01/2013	24/01/2013	Piezometro	4145468.650	2522591.280	21.00	21.00
SBH3	30.00	2	0 + 450,000			15/01/2013	16/01/2013	Piezometro	4145622.710	2523609.713	18.30	18.00
SBH4	30.00	2	1 + 490,000			17/01/2013	18/01/2013	Piezometro	4146421.470	2524250.660	15.00	15.00
SBH5	30.00	2	2 + 487,800			21/01/2013	22/01/2013	Piezometro	4147119.840	2524964.420	11.00	11.00
SBH7	30.00	2		3 + 370,000		14/01/2013	15/01/2013	Piezometro	4142579.450	2522118.530	10.00	10.00
S1e	30.00	2,3		1 + 964,600	1 + 862,690	28/11/2012	30/11/2012	Piezometro	4143950.500	2522500.100	11.50	11.50
S2e	30.00	2		3 + 000,000		03/11/2012	04/11/2012	Piezometro	4142953.300	2522227.400	8.60	8.60

### 6.3.1 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio.

Sulle terre:

- Apertura del campione e descrizione;
- determinazioni del peso di volume naturale;
- analisi granulometriche;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- prova di taglio diretto;
- prove edometriche;
- Prove triassiali;

**Tabella 13. Laboratorio campagna geonostica progressa**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM				
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)
BH2	CI1	5.8	6.3	6.05	U1	0.73	21.55	59.56	77.72	18.16	0.13	18.41	54.4	81.46	27.06
BH2	CI2	11.4	11.9	11.65	U1a	0.56	22.57	46.91	76.77	29.86	0.47	20.85	41.48	78.68	37.2
BH2	CI3	21	21.4	21.2	U2a	0.84	28.13	33.82	71.03	37.21	0.05	27.13	29.33	72.82	43.49
BH2	CR1	2.1	2.4	2.25	U1	0.27	18.57	57.47	81.16	23.69	0	16.82	52.27	83.18	30.91
BH2	CR2	3.5	3.8	3.65	U1	0.07	38.46	39.42	61.48	22.06	0.06	33.87	38.64	66.07	27.43
BH2	CR3	12.7	13	12.85	U2b	30.1	30.7	25.8	39.2	13.4	23.62	35.75	20.05	40.63	20.58
BH2	CR4	14.5	14.8	14.65	U2b	54.37	37.03	5.95	8.6	2.65	48.09	42.88	5.15	9.03	3.88
BH2	CR5	15.7	16	15.85	U2b	35.35	39	17.52	25.66	8.14	12.7	60.99	14.11	26.32	12.21
BH2	CR6	17	17.3	17.15	U2	18.03	37.7	34.51	46.28	11.77	11.78	38.33	30.1	49.89	19.79
BH2	CR7	17.9	18.2	18.05	U2	14.51	44.49	32.21	40.99	8.78	11.86	41.29	33.38	46.85	13.47
BH2	CR8	23.1	23.4	23.25	U2b	58.1	22.21	12.67	19.69	7.02	49.22	30.08	9.7	20.7	11
BH2	CR9	24	24.3	24.15	U2	2.4	36.34	50.4	61.26	10.86	0.78	36.38	36.93	62.84	25.91
BH2	CR10	25.3	25.6	25.45	U2b	44.16	38.49	12.99	17.35	4.36	33.91	47.88	11.46	18.22	6.76
BH2	CR11	29.5	29.8	29.65	U2	19.8	58.28	15.9	21.94	6.04	16.11	61.14	12.97	22.74	9.77
BH3	CI1	5.5	6	5.75	U1	0.25	15.5	61.28	84.25	22.97	0	13.66	46.24	86.33	40.09
BH3	CI2	12	12.5	12.25	U2a	0.01	2.11	62.54	97.88	35.34	0	0.71	34.74	99.3	64.56
BH3	CI3	20.7	21.2	20.95	U2a	0.3	35.71	26.94	63.99	37.05	0.13	35.58	19.71	64.29	44.58
BH3	CR1	19.6	19.9	19.75	U2a	38.18	48.1	12.77	13.72	0.95	7.77	78.33	8.39	13.9	5.51
BH3	CR2	22.7	23	22.85	U2	2.34	71.69	23.5	25.97	2.47	0.08	72.71	21.17	27.22	6.05
BH3	CR3	25.7	26	25.85	U2b	13.3	45.09	34.38	41.61	7.23	11.14	44.11	31.62	44.75	13.13
BH4	CI1	5.7	6.2	5.95	U1	0	3.32	68.44	96.68	28.24	0	1.02	62.13	98.98	36.85
BH4	CI2	11.5	12	11.75	U2	0	36.19	47.03	63.8	16.77	0	31.47	48.37	68.54	20.17
BH4	CI3	25.8	26.3	26.05	U3	0.03	1.96	36.23	98.01	61.78	0	1.57	11.54	98.43	86.89
BH4	CR1	4	4.3	4.15	U1	0.35	35.68	52.92	63.96	11.04	0.11	33.66	47.91	66.23	18.32
BH4	CR2	13.7	14	13.85	U2a	2.02	8.79	76.79	89.2	12.41	1.4	7.27	66.06	91.33	25.27
BH4	CR3	20	20.3	20.15	U2	8.1	48.97	37.07	42.92	5.85	4.77	49.62	32.51	45.62	13.11
BH5	CI1	2.8	3.3	3.05	U1	2.68	59.14	33.69	38.18	4.49	1.36	58.66	31.63	39.98	8.35
BH5	CI2	9	9.5	9.25	U2	32.79	34.95	29.65	32.26	2.61	15.8	51.13	27.16	33.06	5.9
BH5	CI3	17.5	18	17.75	U2a	0	1.92	33.89	98.08	64.19	0	0.64	18.21	99.36	81.15
BH5	CR1	7	7.3	7.15	U2b	25.71	44.05	19.81	30.24	10.43	16.71	52.55	15.5	30.74	15.24
BH5	CR2	10	10.3	10.15	U2b	66.66	17.68	11.83	15.66	3.83	57.41	26.7	7.7	15.89	8.19
BH5	CR3	11.3	11.6	11.45	U2	3.33	59.31	36.34	37.35	1.01	2.29	58.59	35.95	39.13	3.18
BH5	CR4	14	14.3	14.15	U2	0.26	67.41	23.76	32.33	8.57	0.08	64.35	23.11	35.57	12.46
BH5	CR5	16.3	16.6	16.45	U2b	32.55	54.34	10.98	13.21	2.23	28.19	58.31	9.93	13.5	3.57
BH5	CR6	29.4	24.7	27.05	U2	17.23	54.88	15.29	27.88	12.59	14.76	55.99	13.73	29.25	15.52
BH7	CI1	3.5	4	3.75	U1a	0	0.41	64.9	99.6	34.7	0	0.15	59.29	99.85	40.56
BH7	CI2	9	9.5	9.25	U1a	0.25	17.15	37.52	82.59	45.07	0.18	16.9	25.66	82.92	57.26
BH7	CI3	17.7	18.2	17.95	U2a	0.03	3	59.77	96.96	37.19	0	0.57	44.71	99.43	54.72
BH7	CR1	1	1.3	1.15	U1	4.29	11.39	57.17	84.33	27.16	3.29	8.32	48.85	88.4	39.55



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 32 di 240

Sondaggio	Campione	acqua limiti				peso specifico			taglio diretto		compr. triassiale					prova edometrica			
		W (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Ccu (kPa)	$\phi_{cu}$ (°)	Cuu (kPa)	Eed (kPa)	Cv (mm <sup>2</sup> /s)	K (mm <sup>4</sup> /s)	Press (kPa)
BH2	CI1	20.09	31	24	7	19.9	16.4	26	0	34.7									
BH2	CI2	26.57	39	14	25	19.4	15.3	26.5											
BH2	CI3	23.08	45	18	27	19.9	16.2	26.5											
BH2	CR1																		
BH2	CR2																		
BH2	CR3																		
BH2	CR4																		
BH2	CR5																		
BH2	CR6																		
BH2	CR7																		
BH2	CR8																		
BH2	CR9																		
BH2	CR10																		
BH2	CR11																		
BH3	CI1	21.21	40	21	19	19.9	16.5	25.9	3	28									
BH3	CI2	32.47	63	24	39	18.5	13.9	26.4			8	22.6	21	14.2		4570	6.60E-05	1.42E-09	200
BH3	CI3	22.04	48	18	30	19.9	16.5	26.4							102				
BH3	CR1																		
BH3	CR2																		
BH3	CR3																		
BH4	CI1	26.87	38	21	17				8.4	28.4									
BH4	CI2	22.27	27	22	5				4.4	36.4									
BH4	CI3	32.19	77	27	30						9	21	36	32.4					
BH4	CR1																		
BH4	CR2																		
BH4	CR3																		
BH5	CI1	28.89	30	19	11				1.9	34.2									
BH5	CI2	24.71	33	29	4														
BH5	CI3	31.58	71	31	40						29	17	41	10.9	106				
BH5	CR1																		
BH5	CR2																		
BH5	CR3																		
BH5	CR4																		
BH5	CR5																		
BH5	CR6																		
BH7	CI1	32.91	35	22	13														
BH7	CI2	34.43	67	26	41											4342	1.12E 04	2.54E 05	200
BH7	CI3	33.83	52	24	28														
BH7	CR1																		

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	33 di 240

#### 6.4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL PROGETTO DEFINITIVO

Questa campagna geognostica è stata svolta nel periodo gennaio-luglio 2019 dalle imprese VINCENZETTO S.r.l. di Padova e SOCOTEC ITALIA S.r.l. di Milano ed è consistita in:

- 43 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza da 10 a 50 m;
- Installazione di 25 piezometri tra tubo aperto tipo Norton e Casagrande per la lettura del livello di falda;
- Strumentazione di 18 sondaggi per prova sismica di tipo Down-Hole;
- Esecuzione di 5 Masw;

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- rilievo stratigrafico con descrizione della litologia e della consistenza dei terreni, documentazione fotografica con foto a colori delle cassette;
- esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nei terreni;
- rilievo del livello piezometrico;
- esecuzione di prove di permeabilità Lefranc a carico variabile;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per prove di laboratorio;

Sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio, come indicato nel successivo paragrafo.

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche delle indagini in sito. Per l'ubicazione planimetrica dei sondaggi si rimanda alle specifiche tavole di progetto.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	34 di 240

**Tabella 14. Caratteristiche dei sondaggi della campagna geognostica prima fase del P.D.**

Sondaggio	Profondità	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva
			BD/BP INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA	STAZIONE FONTANAROSSA	BRETELLA CATANIA-SIRACUSA	BD/BP COLLEGAMENTO INTERPORTO	BRETELLA PALERMO-SIRACUSA
	(m)	N.	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)
SD1	40.00	1_2	2 + 800,000	0 + 100,000			
SD2	50.00	1_2	2 + 800,000	0 + 100,000			
SD3	40.00	1_2	2 + 800,000	0 + 100,000			
SD3_bis	19.00	1_2	2 + 800,000	0 + 100,000			
SD4	40.00	2	2 + 025,000				
SD5	50.00	2	2 + 025,000				
SD5_bis	17.00	2	2 + 025,000				
SD6	40.00	2	2 + 025,000				
SD7	40.00	2	1 + 575,000				
SD8	40.00	2	1 + 575,000				
SD9	50.00	2	1 + 575,000				
SD10	50.00	2	0 + 850,000				
SD11	40.00	2	0 + 850,000				
SD12	40.00	2	0 + 850,000				
SD13	30.00	2	1 + 775,000				
SD14	30.00	2	1 + 350,000				
SD15	30.00	2	0 + 575,000				
SD17	50.00	2			0 + 925,000		
SD18	50.00	3					1 + 250,000
SD19	50.00	3					0 + 475,000
SD20	30.00	2_3			1 + 625,000	0 + 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000
SD21	30.00	2_3			2 + 225,000		2 + 125,000
SD22	40.00	2			3 + 000,000		
SD23	50.00	2				0 + 575,000 / 0 + 500,000	
SD24	30.00	2				0 + 975,000 / 0 + 900,000	
SD25	50.00	2			1 + 275,000		
SD26	50.00	3					0 + 375,000
SD27	30.00	3					0 + 650,000
SD28	30.00	3					1 + 100,000
SD29	30.00	2_3				0 + 025,000 / 0 + 100,000	1 + 725,000
SD30	20.00	2_3			2 + 725,000		2 + 625,000
SD31	50.00	2				0 + 400,00 / 0 + 475,000	
SD32	40.00	2	1 + 050,000				
SD33	40.00	3					1 + 200,00
SD34	30.00	3					0 + 900,00
SD35	30.00	2			2 + 925,000		
SD36	30.00	2			3 + 075,000		
SD37	30.00	2				1 + 075,000 / 1 + 150,000	
SD38	30.00	2	0 + 650,000				
SD39	30.00	2			3 + 350,000		
SD40	30.00	1		0 + 725,000			
SH1	11.00	2			2 + 925,000		



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	35 di 240

Sondaggio	Profondità (m)	Lotto N.	Data esecuzione dal al		Strumentazione	Coordinate		Quota sondaggio (m slm)	Quota terreno (m slm)
						Sistema GAUSS-BOAGA			
						Nord	Est		
SD1	40.00	1_2	23/04/2019	29/04/2019	Piezometro	4147427.825	2525011.811	8.80	9.00
SD2	50.00	1_2	26/03/2019	28/03/2019	Piezometro	4147151.426	2525493.923	6.60	7.00
SD3	40.00	1_2	14/04/2019	18/04/2019	DH	4147582.968	2524707.524	25.00	25.00
SD3_bis	19.00	1_2	18/04/2019	23/04/2019	DH	4147576.108	2524715.211	25.00	25.00
SD4	40.00	2	16/04/2019	18/04/2019	Piezometro	4146823.153	2524623.475	13.00	13.00
SD5	50.00	2	14/03/2019	19/03/2019	Piezometro	4146183.243	2525523.552	6.00	6.00
SD5_bis	17.00	2	14/04/2019	19/04/2019	Piezometro	4146178.000	2525517.000	6.00	6.00
SD6	40.00	2	29/03/2019	04/02/2019	Piezometro	4147004.242	2524376.373	16.00	16.00
SD7	40.00	2	26/03/2019	28/03/2019	Piezometro	4146525.171	2524274.671	16.00	16.00
SD8	40.00	2	04/05/2019	04/09/2019	Piezometro	4146786.362	2523962.72	24.00	24.00
SD9	50.00	2	20/03/2019	25/03/2019	Piezometro	4146129.416	2524763.21	8.00	8.00
SD10	50.00	2	04/02/2019	04/04/2019	Piezometro	4145284.476	2524653.054	10.80	11.00
SD11	40.00	2	27/02/2019	03/01/2019	Piezometro	4145943.153	2523893.649	18.00	18.00
SD12	40.00	2	04/11/2019	16/04/2019	Piezometro	4146239.959	2523504.701	24.00	24.00
SD13	30.00	2	28/03/2019	29/03/2019	DH	4146661.397	2524427.408	15.00	15.00
SD14	30.00	2	04/08/2019	04/09/2019	DH	4146368.406	2524117.121	13.00	13.00
SD15	30.00	2	03/04/2019	03/05/2019	Piezometro	4145740.859	2523659.754	16.00	19.00
SD17	50.00	2	03/06/2019	03/08/2019	Piezometro	4144979.113	2522484.946	19.00	19.00
SD18	50.00	3	04/10/2019	04/11/2019	DH	4144564.854	2522470.434	13.00	13.00
SD19	50.00	3	03/11/2019	13/03/2019	DH	4145219.811	2522216.421	20.00	20.00
SD20	30.00	2_3	04/09/2019	04/11/2019	Piezometro	4144296.261	2522521.671	12.00	12.00
SD21	30.00	2_3	04/02/2019	04/04/2019	DH	4143699.899	2522410.58	10.00	10.00
SD22	40.00	2	04/12/2019	16/04/2019	Piezometro	4142947.658	2522202.493	13.00	13.00
SD23	50.00	2	04/12/2019	16/04/2019	DH	4144533.717	2522651.947	13.00	13.00
SD24	30.00	2	17/04/2019	18/04/2019	DH	4144830.109	2522900.115	14.00	14.00
SD25	50.00	2	05/09/2019	14/05/2019	Piezometro	4144649.239	2522515.33	20.00	20.00
SD26	50.00	3	27/05/2019	29/05/2019	Piezometro	4145282.633	2522190.597	20.00	20.00
SD27	30.00	3	17/06/2019	18/06/2019	Piezometro	4145043.377	2522189.931	20.00	20.00
SD28	30.00	3	21/05/2019	22/05/2019	DH	4144671.86	2522377.987	12.00	12.00
SD29	30.00	2_3	15/05/2019	17/05/2019	DH	4144099.707	2522455.85	12.00	12.00
SD30	20.00	2_3	20/05/2019	22/05/2019	DH	4143216.042	2522293.745	12.00	12.00
SD31	50.00	2	14/05/2019	20/05/2019	Piezometro	4144447.125	2522615.312	12.00	12.00
SD32	40.00	2	30/07/2019	31/07/2019	Piezometro	4146082.211	2524149.586	17.00	17.00
SD33	40.00	3	30/05/2019	06/03/2019	Piezometro	4144610.214	2522093.416	20.00	20.00
SD34	30.00	3	22/05/2019	23/05/2019	DH	4144806.793	2522257.367	20.00	20.00
SD35	30.00	2	22/05/2019	23/05/2019	DH	4143019.961	2522246.886	20.00	20.00
SD36	30.00	2	24/06/2019	25/06/2019	Piezometro	4142893.288	2522050.426	10.00	10.00
SD37	30.00	2	19/06/2019	21/06/2019	Piezometro	4144920.825	2523216.133	16.00	16.00
SD38	30.00	2	08/01/2019	08/05/2019	DH	4145757.77	2523849.368	17.00	17.00
SD39	30.00	2	27/06/2019	28/06/2019	DH	4142604.112	2522139.116	8.00	8.00
SD40	30.00	1	26/06/2019	27/06/2019	DH	4147827.344	2525551.078	8.00	8.00
SH1	11.00	2	07/01/2019	07/01/2019	DH	4143004.713	2522267.45	9.00	9.00

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	36 di 240

#### 6.4.1 Prove di permeabilità

La seguente tabella riepiloga i risultati delle prove di permeabilità in foroeseuite durante le perforazioni dei sondaggi (CV – prove Lefranc a carico variabile).

**Tabella 15. Prove di permeabilità campagna geostocica del P.D.**

Sondaggio	Lefranc					Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Unità	Permeabilità k (m/s)	Data prova
	Progressiva (km)		Tetto	Letto	Media							
SD1	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	3.5	4	3.75	U1	4.00E-07	23/04/2019
SD1	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	9	9.5	9.25	U1	9.70E-07	23/04/2019
SD1	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	17.5	18	17.75	U1	4.90E-08	24/04/2019
SD1	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	25.5	26	25.75	U2	2.20E-08	24/04/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	7	7.5	7.25	U1a	7.00E-07	26/03/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	15	15.5	15.25	U2	1.20E-06	26/03/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	20	20.5	20.25	U2a	4.20E-07	26/03/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	24	24.5	24.25	U3	4.20E-07	27/03/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	34	34.5	34.25	U3	1.20E-07	27/03/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	4	4.5	4.25	U1	2.60E-07	16/04/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	10	10.5	10.25	U1a	1.40E-07	16/04/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	15.5	16	15.75	U2a	4.00E-07	16/04/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	23.5	24	23.75	U3	4.10E-07	17/04/2019
SD3_bis	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2						
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	U1	5.40E-06	29/03/2019
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	7	7.5	7.25	U1	8.10E-06	01/04/2019
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	11.5	12	11.75	U2	3.10E-06	01/04/2019
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	26.5	27	26.75	U3	1.50E-07	01/04/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	U1a	9.10E-08	14/03/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	8	8.5	8.25	U2a	8.30E-07	15/03/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	12	12.5	12.25	U2a	5.50E-08	15/03/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	25	25.5	25.25	U2	1.80E-06	18/03/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	34	34.5	34.25	U3	4.10E-08	18/03/2019
SD5_bis	2 + 025,000	0	0	0	0	2						
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	2.5	3	2.75	U1	1.70E-06	29/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	6.5	7	6.75	U1a	5.00E-07	29/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	14.5	15	14.75	U2a	1.10E-07	29/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	22	22.5	22.25	U3	8.40E-08	01/04/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	2.5	3	2.75	U1	1.10E-06	26/03/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	6.5	7	6.75	U1	1.30E-06	27/03/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15	15.5	15.25	U2	1.50E-05	27/03/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	21.5	22	21.75	U3	4.90E-07	27/03/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	3	3.5	3.25	U1	1.10E-06	19/06/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	U2	7.70E-07	05/04/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15.5	16	15.75	U2a	9.40E-08	08/04/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	25	25.5	25.25	U2a	6.90E-08	08/04/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	6	7	6.5	U2b	4.50E-05	20/03/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15	15.5	15.25	U2	2.00E-07	21/03/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	24	24.5	24.25	U2	2.70E-07	22/03/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	32	32.5	32.25	U3	2.70E-08	22/03/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	U1a	1.90E-07	03/04/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	14.5	15	14.75	U2a	3.20E-08	03/04/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	27.5	28	27.75	U2	2.70E-07	03/04/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	U1a	3.20E-07	27/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	8	8.5	8.25	U2a	6.70E-08	27/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	12	12.5	12.25	U2a	4.50E-08	27/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	18	18.5	18.25	U2a	1.50E-07	28/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	23	23.5	23.25	U2b	1.50E-07	01/03/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	3.5	4	3.75	U1	1.70E-06	11/04/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	U1	8.10E-07	11/04/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	13.5	14	13.75	U2	1.70E-07	11/04/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	25.5	26	25.75	U2	1.60E-05	12/04/2019
SD13	1 + 775,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	U1	3.30E-06	28/03/2019
SD13	1 + 775,000	0	0	0	0	2	11.5	12	11.75	U1	7.40E-06	28/03/2019
SD13	1 + 775,000	0	0	0	0	2	18	18.5	18.25	U2a	4.00E-07	29/03/2019



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	37 di 240

SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	5	5.5	5.25	U1a	4.90E-07	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	9	9.5	9.25	U2a	7.70E-08	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	13	13.5	13.25	U2a	2.60E-06	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	16	16.5	16.25	U2a	3.80E-06	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	22	22.5	22.25	U2a	2.10E-06	05/03/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	10.5	11	10.75	U1a	7.80E-07	06/03/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	15	15.5	15.25	U2	1.20E-05	06/03/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	32	32.5	32.25	U2	2.70E-06	07/03/2019
SD19	0	0	0	0	0 + 475,000	3	9	9.5	9.25	U1a	9.00E-08	11/03/2019
SD19	0	0	0	0	0 + 475,000	3	22	22.5	22.25	U2b	1.60E-05	13/03/2019
SD19	0	0	0	0	0 + 475,000	3	34.5	35	34.75	U2b	1.20E-05	13/03/2019
SD20	0	0	1 + 625,000	-300,000 / 0 + 225,0	1 + 525,000	2_3	5.5	6	5.75	U1	3.40E-06	10/04/2019
SD20	0	0	1 + 625,000	-300,000 / 0 + 225,0	1 + 525,000	2_3	14.5	15	14.75	U2a	1.60E-06	10/04/2019
SD20	0	0	1 + 625,000	-300,000 / 0 + 225,0	1 + 525,000	2_3	23	23.5	23.25	U2	3.90E-07	10/04/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	5.5	6	5.75	U1a	5.30E-07	02/04/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	15	15.5	15.25	u2a	2.00E-07	02/04/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	26.2	26.7	26.45	U2a	3.90E-08	03/04/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	9	9.5	9.25	U2a	3.70E-06	23/05/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	18	18.5	18.25	U2a	1.10E-07	24/05/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	27	27.5	27.25	U3	9.40E-09	24/05/2019
SD23	0	0	0	-575,000 / 0 + 500,0	0	2	7.8	8.3	8.05	U2a	5.20E-08	15/04/2019
SD23	0	0	0	-575,000 / 0 + 500,0	0	2	18	18.5	18.25	U2	5.10E-08	15/04/2019
SD23	0	0	0	-575,000 / 0 + 500,0	0	2	26.5	27	26.75	U2b	1.90E-06	16/04/2019
SD24	0	0	0	-975,000 / 0 + 900,0	0	2	7.5	8	7.75	U1a	5.00E-06	17/04/2019
SD24	0	0	0	-975,000 / 0 + 900,0	0	2	19.5	20	19.75	U2a	9.90E-08	17/04/2019
SD24	0	0	0	-975,000 / 0 + 900,0	0	2	26.5	27	26.75	U2	1.10E-05	18/04/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	7.5	8	7.75	U1a	4,3-07	20/05/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	25.5	26	25.75	U2a	1.90E-07	25/05/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	29.5	30	29.75	U2a	1.30E-08	21/05/2019
SD31	0	0	0	+400,00 / 0 + 475,0	0	2	7	7.5	7.25	U1	2.70E-06	15/05/2019
SD31	0	0	0	+400,00 / 0 + 475,0	0	2	20	20.5	20.25	U2	1.80E-06	15/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	7	7.5	7.25	U1a	2.80E-06	31/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	13	13.5	13.25	U2a	5.50E-07	31/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	23.6	24.1	23.85	U2a	3.10E-08	31/05/2019
SD34	0	0	0	0	0 + 900,00	3	7	7.5	7.25	U1a	4.90E-08	22/05/2019
SD34	0	0	0	0	0 + 900,00	3	16	16.5	16.25	U2a	1.50E-07	22/05/2019
SD34	0	0	0	0	0 + 900,00	3	28	28.5	28.25	U2b	1.90E-06	23/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	9	9.5	9.25	U1a	8.50E-08	22/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	21	21.5	21.25	U2a	6.20E-08	22/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	27	27.5	27.25	U2a	4.90E-08	23/05/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	9	9.5	9.25	U1a	4.60E-07	24/06/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	17	17.5	17.25	U2a	2.30E-07	24/06/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	25.5	26	25.75	U2a	5.20E-08	25/06/2019
SD37	0	0	0	-075,000 / 1 + 150,0	0	2	5.5	6	5.75	U1	1.40E-05	20/06/2019
SD37	0	0	0	-075,000 / 1 + 150,0	0	2	15	15.5	15.25	U2a	5.50E-07	20/06/2019
SD37	0	0	0	-075,000 / 1 + 150,0	0	2	25.5	26	25.75	U2	5.40E-06	20/06/2019
SD39	0	0	3 + 350,000	0	0	2	3.5	4	3.75	U1	1.10E-07	27/06/2019
SD39	0	0	3 + 350,000	0	0	2	10	10.5	10.25	U1a	3.60E-08	27/06/2019
SD39	0	0	3 + 350,000	0	0	2	20.5	21	20.75	U2a	3.40E-09	28/06/2019
SD40	0	0 + 725,000	0	0	0	1	7	7.5	7.25	U1	2.90E-07	26/06/2019
SD40	0	0 + 725,000	0	0	0	1	16	16.5	16.25	U2	6.60E-08	26/06/2019
SD40	0	0 + 725,000	0	0	0	1	26.5	27	26.75	U3	5.90E-09	27/06/2019

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	38 di 240

#### 6.4.2 Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati dai sondaggi della campagna geognostica in esame sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sulle terre (laboratorio: SGAILAB – Laboratori e Ricerche S.r.l. di Morciano di Romagna, RN):

- Apertura del campione e descrizione;
- determinazioni del peso di volume naturale;
- analisi granulometriche;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- prova di taglio diretto;
- prove triassiali isotropicamente drenate e non drenate;
- prova edometrica;

Nella seguente tabella si sintetizzano i risultati delle prove di laboratorio eseguite.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	39 di 240

**Tabella 16. Prove di laboratorio campagna geognostica del P.D.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM				
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)
SD02	RC1	5	5.35	5.175	U1a	0.3	2.95	42.93	96.75	53.82	0	1.4	27.81	98.6	70.79
SD02	RC2	9.7	10	9.85	U1a	0.12	17.62	39.68	82.26	42.58	0	13.55	31.92	86.45	54.53
SD02	RC3	19.6	19.8	19.7	U2	41.89	34.8		23.31		29.96	45.68		24.37	
SD02	RC4	22.7	23	22.85	U2a	0.11	3	40.51	96.89	56.38	0	2.13	27.21	97.87	70.66
SD02	RC5	25.7	26	25.85	U3	0.01	1.95	40.29	98.04	57.75	0	0.25	22.08	99.75	77.67
SD02	RC6	35.2	35.5	35.35	U3	0.51	40.61	31.69	58.88	27.19	0	38.08	24.77	61.92	37.15
SD04	CR1	6.7	7	6.85	U1	1.67	39.89	36.03	58.45	22.42	0.62	34.02	34.14	65.36	31.22
SD04	C1	10	10.5	10.25	U2a	2.47	16.34	34.83	81.09	46.26	1.25	13.55	28.58	85.2	56.62
SD04	CR2	12.7	13	12.85	U2	14.64	44.61	27.34	40.75	13.41	9.34	47.25	21.51	43.41	21.9
SD04	CR3	18	18.25	18.125	U2	0.98	51.34	31.21	47.68	16.47	0.4	46	26.69	53.59	26.9
SD04	CR4	20	20.25	20.125	U2	32.35	42.23	18.09	25.42	7.33	22.35	50.56	14.91	27.09	12.18
SD04	C2	25	25.5	25.25	U3	0.49	5.48	60.75	94.04	33.29	0	3.31	49.87	96.69	46.82
SD04	C3	39	39.5	39.25	U3	0.91	1.78	46.31	97.31	51	0.7	1.75	27.43	97.58	70.15
SD05	CR1	3.8	4	3.9	U1a	0	5.25	47.64	94.75	47.11	0	2.44	37.94	97.55	59.61
SD05	CR2	5.5	5.7	5.6	U1a	0.1	31.87	46.85	68.03	21.18	0.01	27.02	40.13	72.97	32.84
SD05	CR3	9.1	9.6	9.35	U1a	0.02	0.66	35.39	99.31	63.92	0	0.76	20.23	99.24	79.01
SD05	CR4	14	14.2	14.1	U2a	0.05	1.44	31.9	98.51	66.61	0.02	0.32	18.82	99.66	80.84
SD05	CR5	17.4	17.9	17.65	U2a	0.61	4.88	37.97	94.51	56.54	0.11	4.11	19.75	95.78	76.03
SD05	CR6	23.4	23.6	23.5	U2	0.02	95.04		4.95		0	94.55		5.45	
SD05	CR7	28.2	28.4	28.3	U3	0	1.14	43.28	98.87	55.59	0	0.06	27.92	99.94	72.02
SD05	CR8	31.4	31.6	31.5	U3	0.26	2.29	43.45	97.45	54	0.03	1.18	26.23	98.78	72.55
SD05	CR9	41.2	41.4	41.3	U2	2.56	42.26	38.29	55.18	16.89	1.2	39.92	30.23	58.88	28.65
SD05BIS	RC1	3	3.25	3.125	U1a	0	3.44	43.3	96.56	53.26	0	2.65	32.39	97.34	64.95
SD05BIS	RC2	8	8.3	8.15	U1a	0	1.26	34.58	98.75	64.17	0	0.61	19.46	99.39	79.93
SD05BIS	RC3	15	15.2	15.1	U2a	0	1.32	34.42	98.68	64.26	0	0.51	16.26	99.49	83.23
SD05BIS	RC4	16.6	16.8	16.7	U2	1.6	44.59	29.3	53.82	24.52	0.24	44.24	21.66	55.52	33.86
SD07	C1	6	6.5	6.25	U1	0.44	19.97	49.56	79.59	30.03	0.11	16.69	42.42	83.2	40.78
SD07	CR1	9	9.3	9.15	U2a	0.66	13.41	49.35	85.94	36.59	0.25	9.9	40.56	89.85	49.29
SD07	CR2	12	12.3	12.15	U2	5.91	45.5	26.05	48.59	22.54	3.45	42.49	25.08	54.07	28.99
SD07	CR3	14.1	14.55	14.325	U2	2.52	53.36	29.09	44.11	15.02	0.96	49.87	23.89	49.18	25.29
SD07	C2	15.5	16	15.75	U2a	7.29	20.51	43.78	72.19	28.41	3.58	21.7	31.89	74.73	42.84
SD07	C3	22	22.5	22.25	U3	0.18	4.34	45.42	95.49	50.07	0.12	2.54	33.02	97.34	64.32
SD07	C4	30	30.5	30.25	U3	0.04	3.09	50.01	96.87	46.86	0	1.09	36.21	98.91	62.7
SD09	CR1	3	3.3	3.15	U1	3.84	62.97		33.19		2.03	60.82		37.15	
SD09	CR2	8	8.3	8.15	U1a	0.06	3.68	62.12	93.62	34.14	0	1.32	50.63	98.68	48.05
SD09	CR3	12.8	13	12.9	U2a	0.04	6.35	59.98	93.62	33.64	0	0.99	53.5	99.01	45.51
SD09	CR4	19	19.2	19.1	U2	12.05	39.96	26.26	47.99	21.73	6.83	41.76	22.66	51.41	28.75
SD09	CR5	21.7	22	21.85	U2	1.97	64.5	21.75	33.54	11.79	0.2	62.37	19.99	37.43	17.44
SD09	CR6	25	25.2	25.1	U2b	51.89	28.54		19.57		40.05	39.16		20.79	
SD09	CR7	33.7	34	33.85	U3	0	2.49	50.3	97.51	47.21	0	0.48	33.15	99.52	66.37
SD09	CR8	42.7	43	42.85	U3	0	2.22	53.85	97.78	43.93	0	0.32	38.99	99.69	60.7
SD10	CR1	6.7	7	6.85	U1	0.2	48.27	36.35	51.53	15.18	0	45.69	32.82	54.31	21.49
SD10	CR2	12	12.2	12.1	U1a	0	6.14	62.57	93.86	31.29	0	4.39	53.66	95.62	41.96
SD10	CR3	22.2	22.5	22.35	U3	0.02	4.35	42.7	95.62	52.92	0	2.55	30.71	97.45	66.74
SD10	CR4	31	31.35	31.175	U3	0.86	10.9	53.01	88.25	35.24	0.68	7.04	48.64	92.29	43.65
SD11	RC1	3	3.4	3.2	U1	0.88	26.43	31.94	72.69	40.75	0.28	24.29	25.37	75.42	50.05
SD11	C1	4	4.4	4.2	U1	5.81	37.74	35.88	56.44	20.56	2.52	38.31	31.65	59.18	27.53
SD11	RC2	6	6.4	6.2	U1	0.15	18.33	39.31	81.53	42.22	0	14.58	30.53	85.41	54.88
SD11	C2	11.5	11.9	11.7	U1a	0.35	8.68	49.45	90.97	41.52	0	7.16	39.52	92.84	53.32
SD11	RC3	16	16.4	16.2	U2a	0.1	21.63	42.91	78.27	35.36	0	18.27	33.97	81.73	47.76
SD11	C3	20.5	20.9	20.7	U2	3.04	52.32	27.24	44.64	17.4	0.26	53.64	19.22	46.1	26.88
SD11	C4	30	30.4	30.2	U3	0.11	3.27	55.81	96.63	40.82	0.08	1.22	45.46	98.7	53.24
SD11	RC6	39	39.3	39.15	U3	0	1.45	41.82	98.55	56.73	0	0.13	24.98	99.87	74.89
SD13	C1	9	9.3	9.15	U2b	26.23	37.01	20.03	36.75	16.72	24	37.35	15.58	38.64	23.06
SD13	C2	15	15.5	15.25	U2a	0	9.34	53.31	90.65	37.34	0	4.8	44.65	95.2	50.55
SD13	C3	25	25.5	25.25	U2a	0.02	7.14	56.6	92.84	36.24	0	2.1	47.1	97.9	50.8
SD13	RC1	9.65	10	9.825	U2	23.28	41.54	20.93	35.18	14.25	18.48	44.08	18.78	37.44	18.66
SD13	RC2	18.3	18.5	18.4	U2a	0	3.05	52.8	96.95	44.15	0	0.44	33.17	99.56	66.39
SD13	RC3	26.5	26.7	26.6	U2	10.08	49.69	33.28	40.24	6.96	2.49	50.7	34.1	46.8	12.7
SD14	C1	3.4	3.8	3.6	U1	0.07	26.46	42.56	73.47	30.91	0	22.17	38.42	77.82	39.4
SD14	C2	6	6.5	6.25	U2a	0.04	14.39	59.3	85.56	26.26	0.04	3.83	62.48	96.13	33.65
SD14	CR1	8.3	8.6	8.45	U2a	0.05	5.45	39.43	94.51	55.08	0	4.13	28.66	95.87	67.21
SD14	C3	11.5	12	11.75	U2a	0.68	13.72	57.07	85.6	28.53	0.32	7.79	50.61	91.89	41.28
SD14	CR2	14	14.3	14.15	U2a	0.66	6.47	48.43	92.87	44.44	0.31	3.17	41.49	96.51	55.02
SD14	CR3	17.3	17.6	17.45	U2	2.13	31.88	39.77	65.99	26.22	0.7	31.51	27.41	67.79	40.38
SD14	C4	23.5	24	23.75	U2a	0.02	2.19	41.92	97.78	55.86	0	0.23	29.4	99.77	70.37
SD14	CR4	26.7	27	26.85	U3	0	1.09	31.1	98.92	67.82	0	0.19	16.73	99.81	83.08

SD15	C1	3	3.5	3.25	U1a	0.05	2.91	43.05	97.04	53.99	0	1.34	31.58	98.66	67.08
SD15	C2	6	6.5	6.25	U1a	0.08	22.41	45.11	77.51	32.4	0	17.39	40.14	82.61	42.47
SD15	RC1	8.6	9.1	8.85	U2a	0.19	11.88	53.89	87.93	34.04	0	6.37	49.99	93.63	43.64
SD15	C3	12	12.5	12.25	U2a	1.21	17.98	58.37	80.81	22.44	0	15.38	49.96	84.62	34.66
SD15	RC2	15	15.5	15.25	U2a	0.11	7.97	40.11	91.92	51.81	0	5.34	28.65	94.66	66.01
SD15	RC3	21	21.5	21.25	U2a	2.16	36.15	32.34	61.69	29.35	1.37	33	27.39	65.63	38.24
SD15	RC4	27.6	28.1	27.85	U2	2.85	35.65	35.96	61.5	25.54	1.24	35.72	27.54	63.04	35.5
SD17	C1	4.2	4.7	4.45	U1	5.15	33.13	41.07	61.73	20.66	4.47	30.02	37.14	65.51	28.37
SD17	C2	13	13.5	13.25	U1a	1.08	19.26	42.42	79.66	37.24	0.37	15.65	36.84	84.01	47.17
SD17	RC1	20.7	21.2	20.95	U2a	0.21	8.06		91.74		0.08	6.73		93.19	
SD17	C3	30	30.5	30.25	U2	5.73	46.94	37.68	47.33	9.65	4.81	42.47	34.72	52.72	18
SD17	RC2	46.75	47.25	47	U3	0	17.8	42.37	82.2	39.83	0	15.88	33.07	84.11	51.04
SD18	C1	3.3	3.8	3.55	U1	0.03	7.92	65.71	92.04	26.33	0	4.28	53.95	95.72	41.77
SD18	CR1	8.4	8.8	8.6	U1a										
SD18	C2	14.1	14.6	14.35	U2	1.26	77.78	16.22	20.96	4.74	0.49	77.74	14.05	21.77	7.72
SD18	CR2	19	19.4	19.2	U2a	0	5.79	45.11	94.21	49.1	0	3.13	37.72	96.87	59.15
SD18	C3	22	22.5	22.25	U2a	1.77	9.52	53.44	88.71	35.27	0.37	5.82	46.07	93.81	47.74
SD18	CR3	25	25.3	25.15	U2										
SD18	CR4	37	37.35	37.175	U2	0.05	61.6	22.22	38.34	16.12	0	60.06	18.55	39.94	21.39
SD19	C1	4	4.5	4.25	U1a	0.08	36.64		63.58		0.03	31.16		68.81	
SD19	RC1	14	14.5	14.25	U2a	0.18	17.01		82.82		0.08	13.49		86.43	
SD19	C2	17.6	18.1	17.85	U2a	0.36	9.54		90.1		0.06	8.49		91.45	
SD19	RC2	29.5	30	29.75	U2	1.48	55.51		43.01		0.61	53.38		46.01	
SD19	RC3	39.15	39.65	39.4	U2	12.06	46.18		41.77		4.14	52.24		43.62	
SD19	C3	45.3	45.8	45.55	U3	0.01	28.4		71.95		0	21.35		78.65	
SD20	C1	4	4.4	4.2	U1	0	4.15	70.43	95.85	25.42	0	1.38	55.15	98.62	43.47
SD20	CR1	7	7.4	7.2	U1										
SD20	C2	10	10.4	10.2	U1	0.09	16.54	54.11	83.38	29.27	0	12.34	38.03	87.66	49.63
SD20	CR2	17.35	17.75	17.55	U2a										
SD20	CR3	23	23.4	23.2	U2b										
SD21	C1	3	3.5	3.25	U1a	0	4.03	50.84	95.97	45.13	0	2.03	38.37	97.96	59.59
SD21	RC1	7	7.5	7.25	U1a	0.08	0.82	28.65	99.11	70.46	0	1.07	14.99	98.93	83.94
SD21	C2	10	10.5	10.25	U1a										
SD21	RC2	13	13.4	13.2	U2a	0.01	1.05	37.82	98.94	61.12	0	0.38	23.95	99.63	75.68
SD21	C3	17.6	18	17.8	U2a	0	1.27	37.86	98.73	60.87	0	0.58	18.2	99.42	81.22
SD21	C4	24.7	25.2	24.95	U2a	0.16	2.33	39.9	97.51	57.61	0	0.65	27.37	99.34	71.97
SD21	RC3	27	27.4	27.2	U2a	0.83	23.52		75.65		0.17	21.66		78.17	
SD22	C1	4	4.5	4.25	U1a	0.05	5.64	45.02	94.3	49.28	0	2.97	37.88	97.03	59.15
SD22	RC1	9.7	10	9.85	U1a										
SD22	C2	16	16.5	16.25	U2a	0	16.37	46.52	83.62	37.1	0	11.62	37.489	88.369	50.88
SD22	RC2	20	20.3	20.15	U2a	0	5.8	52.91	94.19	41.28	0	2.88	37.68	97.12	59.44
SD22	C3	27	27.5	27.25	U2a	0.25	7.12	57.69	92.62	34.93	0	2.48	49.35	97.52	48.17
SD22	RC3														
SD23	C1	3.5	4	3.75	U1a	0	7.57	53.67	92.43	38.76	0	0.31	46.01	99.69	53.68
SD23	RC1	8.3	8.65	8.475	U1a	0.37	4.27	40.74	95.36	54.62	0	2.33	27.91	97.68	69.77
SD23	C2	10	10.5	10.25	U1a	0.01	4.16	63.48	95.84	32.36	0	1.07	53.24	98.92	45.68
SD23	RC2	18	18.35	18.175	U2b										
SD23	C3	22	22.5	22.25	U2a	1.36	9.46	44.77	89.18	44.41	0.18	8.92	28.51	90.9	62.39
SD23	RC3	31	31.3	31.15	U2	1.5	62.13	21.08	36.38	15.3	0.77	61.45	15.55	37.77	22.22
SD23	RC4	49	49.5	49.25	U2										
SD24	C1	4	4.5	4.25	U1	0.01	12.8	47.93	87.19	39.26	0	11.61	38.69	88.39	49.7
SD24	CR1	9.65	9.95	9.8	U1	0.04	26.77	55.69	73.19	17.5	0	17.2	55.44	82.8	27.36
SD24	C2	15	15.5	15.25	U2	0.3	39.44	35.74	60.27	24.53	0	37.82	31.29	62.18	30.89
SD24	C3	20.5	21	20.75	U2	3	30.2	39.54	66.8	27.26	0.51	25.72	34.85	73.78	38.93
SD24	CR2	23.25	23.55	23.4	U2	3.7	58.47	30.94	37.83	6.89	2.34	54.79	29.87	42.87	13
SD25	C1	4.5	5	4.75	U1a	0.02	4.94	57.26	95.05	37.79	0	2.87	42.31	97.13	54.82
SD25	CR1	11.5	11.8	11.65	U2										
SD25	CR2	16.2	16.5	16.35	U2	1.13	27.88	42.55	70.99	28.44	0.58	26.23	38.36	73.19	34.83
SD25	C2	21	21.5	21.25	U2a	0.62	13.22	57.82	86.15	28.33	0.08	7.64	53.21	92.29	39.08
SD25	C3	23.5	24	23.75	U2	1.47	32.97	40.75	65.55	24.8	0.4	29.36	33.27	70.24	36.97
SD25	CR3	49.7	50	49.85	U3	0.06	10.3	41.06	89.63	48.57	0	9.39	35.13	90.62	55.49
SD26	C1	5	5.5	5.25	U1	0.16	19.81	53.59	80.04	26.45	0	11.78	54.8	88.22	33.42
SD26	CR1	11.5	11.9	11.7	U1										
SD26	C2	17.5	17.9	17.7	U2b										
SD26	CR2	27.6	28	27.8	U2	2.59	53.03	27.7	44.38	16.68	1.46	47.66	29.68	50.89	21.21
SD26	C3	44	44.4	44.2	U3	0	2.07	46.25	97.93	51.68	0	0.26	29.52	99.74	70.22
SD26	CR3	49.5	49.8	49.65	U3										

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 41 di 240

Sondaggio	Campione	acqua+limiti				peso specifico			compressione semplice			taglio diretto		compr. triassiale					prova edometrica				Colonna Risonante	Classificazione			
		W (%)	Wl (%)	Wp (%)	lp (%)	γ (kN/m³)	γ <sub>s</sub> (kN/m³)	γ <sub>d</sub> (kN/m³)	σ <sub>c</sub> (kPa)	ε <sub>v</sub> (%)	C <sub>uu</sub> (kPa)	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	C <sub>cu</sub> (kPa)	φ <sub>cu</sub> (°)	C <sub>uu</sub> (kPa)	E <sub>ed</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	K (cm/s)	Press (kPa)			G <sub>max</sub> (MPa)	AASHTO	
SD02	RC1							26				6	18.8														
SD02	RC2							26.3				7.1	19.3														
SD02	RC3							27.5																			
SD02	RC4							26.2				3.4	18.1														
SD02	RC5							26.9				6.4	16.7														
SD02	RC6							26.4				13.1	29.8														
SD04	CR1	30.77	65	33	32	18.2	13.9	26.1						15	21.5												A-7-5
SD04	CR2							26.1				1.1	37.3														
SD04	CR3							26																			
SD04	CR4							26.3																			
SD04	C2	29.56	50	28	22	19.6	15.1	26.2									153										A-7-6
SD04	C3	27.91	67	31	36	19	14.8	26.4									190										A-7-5
SD05	CR1							25.8				9.9	18.3														
SD05	CR2							26.9				18.5	25.2														
SD05	CR3							26.2																			
SD05	CR4							25.6				12	19.1														
SD05	CR5							26.4				17	17.6														
SD05	CR6																										
SD05	CR7							26.1				14	20														
SD05	CR8							25.7				9.6	17.5														
SD05	CR9							26.2				30.7	30.2														
SD05BIS	RC1							26.1				9.6	18.3														
SD05BIS	RC2							26				4.4	20.9														
SD05BIS	RC3							26.1				8	15.4														
SD05BIS	RC4							26				26.2	24.7														
SD07	C1	24.48	35	21	14	19.8	15.9	25.9																			A-6
SD07	CR1							25.8																			
SD07	CR2							25.7																			
SD07	CR3							25.9																			
SD07	C2	26.49	57	26	31	19.6	15.5	26.1									73										A-7-6
SD07	C3	28.86	63	32	31	19.4	15.1	26						10	17.2												A-7-5
SD07	C4	28.86	52	26	26	19.2	14.9	25.9									136										A-7-6
SD09	CR1																										
SD09	CR2							26.4				4.3	24.9														
SD09	CR3							26.8				4.5	22.8														
SD09	CR4							26.8				10	25.3														
SD09	CR5							26				1.6	33.7														
SD09	CR6																										
SD09	CR7							26				27.7	16.1														
SD09	CR8							25.9				5.7	15.8														
SD10	CR1							26.4				2.1	34.9														
SD10	CR2							26				14.8	17.9														
SD10	CR3							25.8				10.1	16.3														
SD10	CR4							26				15.9	23.8														
SD11	RC1							26.2				8.3	28.5														
SD11	C1	21.44	20	18	2	20.1	16.6	25.9	41.53	7.52	20.77	2.7	33.2														A-4
SD11	RC2							25.8				6.7	23														
SD11	C2	23.35	46	23	23	20.1	16.3	26.1				15.1	26.5				40										A-7-6
SD11	RC3							25.7				3.3	24.5														
SD11	C3	18.2	33	23	10	20.9	17.6	26						52	27.5												A-4
SD11	C4	27.41	49	26	23	19.7	15.4	26.1				6.3	22				109										A-7-6
SD11	RC6							27.2				12.8	21.5				149										
SD13	C1		38	24	14			26.3																			A-6
SD13	C2	25.18	48	28	20	18.2	14.5	25.9				35.1	19.2				108										A-7-6
SD13	C3	31.35	45	25	20	18.8	14.3	26.4				44.1	17.6				168										A-7-6
SD13	RC1							25.7				4.2	29														
SD13	RC2							25.7				8.1	16.8														
SD13	RC3							26.4																			
SD14	C1	20.28	37	21	16	20.7	17.2	26.7						28	27.1	25	24.3										A-6
SD14	C2	26.95				19.5	15.4	26.1	42.77	4.77	21.39			5	24.3												A-6
SD14	CR1							26.4																			
SD14	C3	25.25	44	23	21	19.8	15.8	26.3									48										A-7-6
SD14	CR2							26.1																			
SD14	CR3							26.3																			
SD14	C4	24.68	71	33	38	18.9	15.2	26						20	23.6												A-7-5
SD14	CR4							26.1																			

(\* ) segue da pagina precedente





### 6.4.3 Indagini sismiche

Dalle indagini sismiche è stata determinata la velocità delle onde di taglio per la classificazione sismica ( $V_{s,eq}$ ).

**Tabella 17. Indagini sismiche campagna geognostica del P.D.**

PROVA	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
DH – SD13	236	C
DH – SD14	191	C
DH – SD18	211	C
DH – SD19	240	C
DH – SD21	165	D
DH – SD23	215	C
DH – SD24	219	C
DH – SD28	234	C
DH – SD29	173	D
DH – SD30	164	D
DH – SD34	214	C
DH – SD35	158	D
DH – SD39	156	D
DH – SD40	197	C
MASW 1– SD40	237	C
MASW 2– SD11	246	C
MASW 3– SD15	266	C



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	45 di 240

PROVA	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
MASW 4– SD19	239	C
MASW 5– SD38	224	C



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	46 di 240

## 7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE

### 7.1 PREMESSA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica generale del tracciato in esame, valutata sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini geotecniche svolte in sito ed in laboratorio.

Dopo aver individuato le principali unità geotecniche intercettate lungo il tracciato, verranno interpretati i risultati delle indagini geotecniche sulla base dei criteri di seguito esposti e quindi verranno definiti i parametri geotecnici di progetto e la stratigrafia di riferimento sia lungo il tracciato, sia per le principali opere d'arte.

Nel profilo stratigrafico longitudinale sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato l'andamento del livello di falda massimo rilevato da letture piezometriche.

Il profilo stratigrafico verrà preso a riferimento per definire la stratigrafia di dettaglio lungo il tracciato ed in corrispondenza delle opere d'arte in progetto.

### 7.2 RICONOSCIMENTO DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Lungo il tracciato dalle indagine eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche procedendo a partire dal p.c. fino alla massima profondità investigata (50.0 m):

**Unità R - Terreni di riporto.** Si tratta di terreno di riporto antropico (**Ra**) che costituisce il corpo dei rilevati.

**Unità U1: Depositalluvionali recenti – bb2:** Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e grigio, a struttura indistinta, con rare tracce di ghiaia poligenica da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi argilloso-sabbioso giallastri e livelli di limi argillosi grigi.

**Unità U1a: Depositalluvionali recenti – bb3:** Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone nocciola, a struttura indistinta o laminata, con sporadiche ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; si rinvengono frequenti e sottili passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi grigi (Olocene tardo).

**Unità U2: Depositalluvionali antichi – bn2:** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con locali ciottoli e ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; si rinvengono livelli di limi argillosi grigi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa di colore grigio.

**Unità U2a: Depositalluvionali antichi – bn3:** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da limi debolmente argillosi ad argillosi di colore grigio chiaro, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie e locali livelli grigio-scuri e nerastri; si rinvengono livelli di sabbie limose grigie e paleosuoli poco evoluti (Olocene).

**Unità U2b: Depositalluvionali antichi – bn1:** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore bruno, marrone e giallastro; sono presenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	47 di 240

**Unità U3: Formazione delle Argille grigio-azzurre - FAG:** si tratta di depositi marini di piattaforma neritica e pro-delta regressivo, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-limosa. Sono argille limose, limi argillosi e argille limoso-marnosedi colore grigio-azzurro e grigio-verdastro, a struttura indistinta, a tratti con laminazione incrociata e stratificazione sub-parallela; si rivengono lenti e/o livelli di sabbie fini e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e giallastro, in strati da molto sottili a sottili, con rare ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-arrotondate ad arrotondate, più frequenti verso l'alto stratigrafico (Pleistocene medio-inferiore).

Le principali caratteristiche delle unità geotecniche intercettate, si presentano praticamente omogenee (nell'ambito della normale variabilità geotecnica) lungo tutto lo sviluppo del tracciato.

A valle dell'interpretazione delle prove geotecniche in sito e dell'elaborazione dei risultati delle prove di laboratorio si procederà pertanto alla definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche delle unità geotecniche.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	48 di 240

### 7.3 CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, descritti di seguito, tengono conto del fatto che:

- sono state eseguite prove dinamiche SPT;
- sono disponibili risultati di prove CPT;
- sono stati prelevati campioni rimaneggiati ed indisturbati ed effettuate prove di laboratorio;
- sono state eseguite indagini sismiche (Down Hole e Masw) per il rilievo delle velocità delle onde di taglio Vs.

#### 7.3.1 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Sono stati considerati i valori minimi di densità relativa ottenuti dalle varie correlazioni che di seguito vengono espone.

##### Correlazione di Gibbs e Holtz

In accordo a quanto indicato da Gibbs e Holtz (1957) la densità relativa  $D_R$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(17+24 \cdot \sigma_{vo})}}$$

##### Correlazione di Terzaghi & Peck

In accordo a quanto indicato da Terzaghi e Peck (1948) la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente espressione:

$$D_R = (10.297 + N_{SPT} \cdot 2.4142) - (N_{SPT})^{2.0181}$$

##### Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT è stata utilizzata la correlazione di Wolff, Kulhawy e Mayne, di seguito illustrate; è stato preso il valore minimo ottenuto dalle correlazioni.

##### Correlazioni dirette tra $\phi$ 'e $N_{SPT}$

La correlazione di Peck, Hanson e Thornburn (1974), approssimabile con la seguente equazione (Wolff, 1989):



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	49 di 240

$$\phi'(^{\circ}) = 27.1 + 0.3 \cdot C_N \cdot N_{SPT} - 0.00054 \cdot (C_N \cdot N_{SPT})^2$$

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} \quad \text{per sabbie fini}$$

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} \quad \text{per sabbie grosse}$$

e la correlazione di Schemertmann (1975) che corrisponde all'equazione seguente (Kulhawy e Mayne,1980):

$$\phi' = \arctan \left[ \frac{N_{SPT}}{12.2 + 20.3 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} \right]^{0.34}$$

### Correlazioni dirette tra $\phi'$ e prove CPTE

Una correlazione diretta tra  $q_c$ ,  $\sigma_{v0}$  e l'angolo di resistenza al taglio di picco  $\phi'$ , è ben rappresentata dall'equazione

$$\phi' = \arctan \left[ 0.1 + 0.38 \cdot \log \left( \frac{q_c}{\sigma'_{v0}} \right) \right]$$

Un'altra correlazione diretta per la stima dell'angolo di resistenza al taglio è la seguente (Mayne,2006):

$$\phi' = 17.6^{\circ} + 11 \cdot \log \left( \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sqrt{\sigma'_{v0} \cdot p_a}} \right)$$

### Correlazioni dirette tra $\gamma_e$ e prove CPTE

Per la stima del peso di volume del terreno,  $\gamma$ , e quindi delle tensioni litostatiche si può utilizzare la seguente relazione (Robertson, 2010):

$$\frac{\gamma}{\gamma_w} = 0.27 \cdot \log Rf + 0.36 \cdot \log \left( \frac{q_c}{p_a} \right) + 1.236$$

### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate, in ordine di importanza:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (Down-Hole);
- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	50 di 240

- dall'interpretazione delle prove penetrometrichestaticheCPT.

Il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) e quello di Young iniziale ( $E_0$ ), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \text{ (kPa)}$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

essendo:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale del terreno in assunto pari a 19 kN/m<sup>3</sup>;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);

$V_s$  = velocità delle onde di taglio in m/sec.

La velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) può essere ricavata direttamente dai risultati delle prove geofisiche in foro di sondaggio o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988).

**Correlazione di Ohta e Goto (1978)**

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{50\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/sec)}$$

essendo:

$C = 53.3$ ;

$z$  = profondità dal p.c. in metri;

$f_A$  = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi la Tabella 18);

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 18)).

**Tabella 18 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_A$  (funzione dell'epoca geologica del deposito)**

$f_A$	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

**Tabella 19 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_G$  (funzione della granulometrica del deposito)**

$f_G$	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09

Nel caso in esame è stato assunto:  $f_A = 1.3$  e  $f_G = 1.09$  per le unità U1 e U2 e  $f_G = 1.15$  per l'unità U2b.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	51 di 240

### Correlazione di Yoshida et al. (1988)

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma'_v)^{0.14} \text{ (m/sec)}$$

essendo:

C=49 per sabbie fini;

C=56 per sabbie grosse con almeno il 25% di ghiaia;

$\sigma'_{v0}$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

Il modulo di taglio iniziale ( $G_0$ ) e quello di Young iniziale ( $E_0$ ), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori da prove CPT utilizzando le seguenti correlazioni:

### Correlazione di Rix e Stokoe(1992)

Una relazione per la stima di  $G_0$  da prove CPT è la seguente (rix e Stokoe, 1992):

$$\frac{G_0}{q_c} = 1634 \cdot \left( \frac{q_c}{\sqrt{\sigma'_{v0}}} \right)^{-0.75}$$

con  $G_0$ ,  $q_c$  e  $\sigma'_{v0}$  in kPa.

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale ( $E_0$ ).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

### **7.3.2 Depositi coesivi**

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica viene fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati.

#### Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale e secco;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	52 di 240

- grado di saturazione;
- contenuti d'acqua naturale;
- indici dei vuoti iniziali;
- limiti di Atterberg.

### Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza in tensioni efficaci dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che sono prove:

- Taglio diretto;
- Triassiali consolidate isotropicamente drenate e non drenate TxCID e TxCIU;
- Triassiali non consolidate non drenate TxUU;

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata sulla base delle misure in sito con prove CPTE con la seguente relazione:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

il coefficiente  $N_k$  ha valori compresi tra 5 e 21 e viene assunto di norma pari a 14 per penetrometro a punta elettrica e a 20 per penetrometro meccanico.

Per le prove SPT, la resistenza al taglio non drenata è stata valutata con la seguente relazione:

$$C_u = 4.5 \div 5.5 N_{SPT}$$

dove  $N_{spt}$  è il valore del numero dei colpi della prova SPT.

### Riconoscimento stratigrafico da prove CPTE

Per il penetrometro elettrico si può fare riferimento alla carta di Robertson e Wride (1998), rappresentata nella figura seguente, che ha in ascissa il rapporto d'attrito normalizzato e in ordinata la resistenza di punta normalizzata

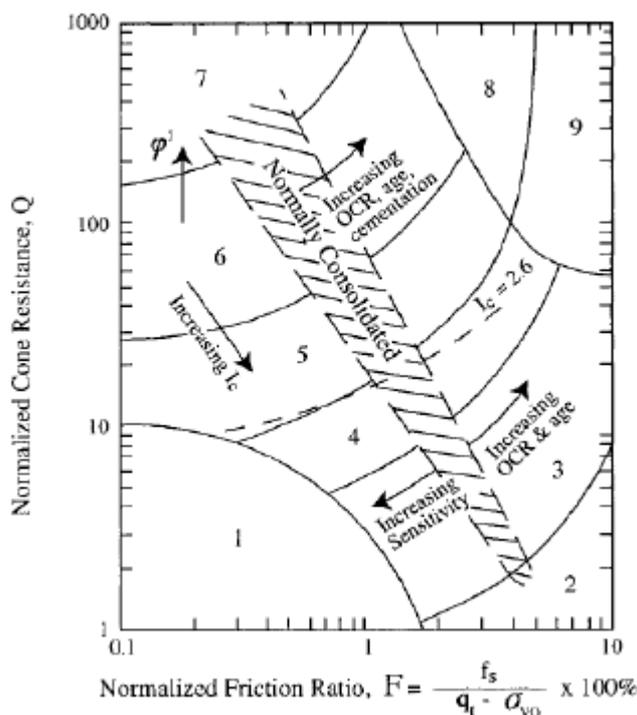
entrambe le variabili in scala logarimica. la classificazione viene fatta attraverso il calcolo dell'indice del terreno  $I_c$  con la seguente relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q - 3.47)^2}$$

dove F e Q valgono rispettivamente:

$$F = \frac{f_s}{qc - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

$$Q = \frac{qc - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$



### Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati, analogamente a quanto fatto per i depositi incoerenti, sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (Down Hole) oppure da correlazioni di letteratura.

Come nel caso dei terreni incoerenti i moduli di deformabilità “operativi” (E’) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale (E0).

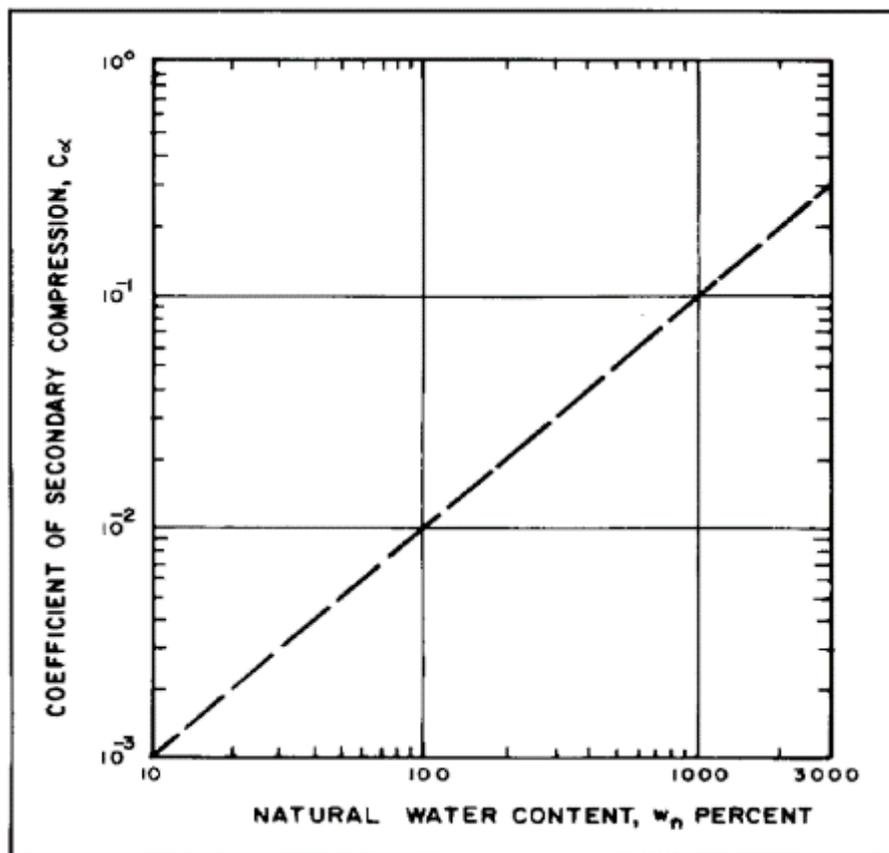
Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

### 7.3.3 Caratteristiche di consolidazione

Per la stima del coefficiente di consolidazione primaria  $C_v$ , si può fare riferimento ai valori ottenuti dalle risultanze delle prove edometriche, all'interpretazione delle prove penetrometriche CPT e a correlazioni empiriche in funzione del limite liquido riportata di seguito:

$$c_v = 0.009 (LL-0.1) [\text{cm}^2/\text{s}]. \text{Navfac-DM7.1 (1971)}$$

Il coefficiente di consolidazione secondaria,  $C_\alpha$ , è stato stimato con la correlazione di Navfac-DM7.1 (1982) in funzione del contenuto d'acqua naturale  $w_n$ .





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	55 di 240

#### 7.4 UNITÀ R- TERRENI DI RIPORTO E COLTRE VEGETALE - H

Lo spessore di coltre vegetale presente a partire da p.c. è variabile da 0.2 m–1.0 m ed è costituita da sabbia limosa e limo sabbioso di colore marrone – bruno con inclusi fustoli vegetali, rari clasti sub-angolari e sporadici resti di laterizi.

Talvolta è presente a partire dal p.c. materiale di riporto antropico costituente il corpo di rilevati esistenti di viabilità e/o ferrovie interferenti con il tracciato.

Sono disponibili i valori di alcune prove SPT che hanno dato valori di  $N_{SPT}$  tra 7 e 24 colpi/30 cm.

Non sono stati raccolti campioni di questo materiale.

Quindi la caratterizzazione geotecnica di tale unità è basata sulle conoscenze di materiali simili in condizioni analoghe.

Per l'unità Ra1 – riporto antropico dei rilevati delle viabilità in progetto, si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $\varphi' = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $E_0 = 300\div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Per l'unità Ra2 – riporto antropico dei rilevati ferroviari in progetto, si possono invece assumere i seguenti parametri

- $\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $\varphi' = 38^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $E_0 = 300\div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

## 7.5 UNITÀ U1 – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB2

Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e grigio, a struttura indistinta, con rare tracce di ghiaia poligenica da sub-arrotondate ad arrotondate.

In corrispondenza di questa unità sono disponibili prove SPT che hanno dato valori compresi fra 3 e 23 colpi/30 cm, ad indicare un basso addensamento (Figura 5).

Tabella 20. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U1.

Sondaggio	Prova	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Falda	Profondità	Numero colpi				N <sub>60</sub>
			SEZIONE INTERESSATA PALERMO-CATANIA (km)	SEZIONE FONTANAROSSA (km)	SEZIONE CATANIA-SIRACUSA (km)	SEZIONE COLLEGAMENTO INTERPORTO (km)	SEZIONE PALERMO-SIRACUSA (km)			(m)	(m)			
SD04	SPT_01	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1.2	1.5	2	3	3	0	0
SD04	SPT_02	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1.2	6.5	1	1	2	3	0
SD07	SPT_01	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	1.5	4	5	6	11	0
SD07	SPT_02	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	6.5	-	-	-	100	0
SD07	SPT_03	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	7.5	3	6	9	11	0
SD11	SPT_02	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5.9	4.5	2	2	5	7	0
SD11	SPT_03	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5.9	7.5	3	3	3	5	0
SD13	SPT_01	2	1 + 775,000	0	0	0	0	3	1.5	2	2	3	5	0
SD13	SPT_02	2	1 + 775,000	0	0	0	0	3	6.5	3	3	3	0	0
SD14	SPT_01	2	1 + 350,000	0	0	0	0	1.05	1.5	3	2	3	0	0
SD14	SPT_02	2	1 + 350,000	0	0	0	0	1.05	6.5	3	2	3	5	0
SD17	SPT_01	2	0	0	0 + 525,000	0	0	3.23	6.5	5	8	11	21	0
SD18	SPT_02	3	0	0	0	0	1 + 250,000	0.9	1.5	2	3	4	7	0
SD18	SPT_03	3	0	0	0	0	1 + 250,000	0.9	6.5	2	3	3	0	0
SD19	SPT_01	3	0	0	0	0	0 + 475,000	2.07	1.5	2	2	3	5	0
SD19	SPT_02	3	0	0	0	0	0 + 475,000	2.07	4.5	2	3	5	8	0
SD19	SPT_03	3	0	0	0	0	0 + 475,000	2.07	7.5	2	3	5	8	0
SD20	SPT_01	2_3	0	0	1 + 625,000	0 + 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2.5	1.5	2	2	2	4	0
SD20	SPT_02	2_3	0	0	1 + 625,000	0 + 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2.5	6.5	3	3	3	5	0
SD20	SPT_03	2_3	0	0	1 + 625,000	0 + 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2.5	7.5	3	4	5	8	0
SD21	SPT_01	2_3	0	0	2 + 325,000	0	2 + 325,000	2.5	1.5	3	3	3	0	0
SD21	SPT_02	2_3	0	0	2 + 325,000	0	2 + 325,000	2.5	6.5	3	3	3	5	0
SD22	SPT_01	2	0	0	3 + 000,000	0	0	3	1.5	2	2	3	5	0
SD24	SPT_01	2	0	0	0	0 + 575,000 / 0 + 500,000	0	0.85	1.5	3	4	4	8	0
SD24	SPT_02	2	0	0	0	0 + 575,000 / 0 + 500,000	0	0.85	6.5	2	2	3	5	0
SD24	SPT_03	2	0	0	0	0 + 575,000 / 0 + 500,000	0	0.85	7.5	2	2	3	5	0
SD24	SPT_04	2	0	0	0	0 + 575,000 / 0 + 500,000	0	0.85	10.5	1	3	4	7	0
SD24	SPT_05	2	0	0	0	0 + 575,000 / 0 + 500,000	0	0.85	13.5	1	2	2	4	0
SD26	SPT_01	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	1.5	3	3	5	8	0
SD26	SPT_02	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	6.5	3	4	8	10	0
SD26	SPT_03	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	7.5	3	9	9	12	0
SD26	SPT_04	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	10.5	5	9	11	20	0
SD27	SPT_01	3	0	0	0	0	0 + 650,000	6.1	1.5	2	2	2	4	0
SD27	SPT_02	3	0	0	0	0	0 + 650,000	6.1	6.5	3	4	8	10	0
SD27	SPT_03	3	0	0	0	0	0 + 650,000	6.1	7.5	3	2	3	5	0
SD28	SPT_01	3	0	0	0	0	1 + 300,000	2.05	4.5	1	2	2	4	0
SD28	SPT_02	3	0	0	0	0	1 + 300,000	2.05	7.5	3	4	4	8	0
SD29	SPT_01	2_3	0	0	0	0 + 725,000 / 0 + 300,000	1 + 725,000	3.1	1.5	3	2	3	5	0
SD30	SPT_01	2_3	0	0	2 + 725,000	0	2 + 825,000	3.75	1.5	1	2	2	4	0
SD30	SPT_02	2_3	0	0	2 + 725,000	0	2 + 825,000	3.75	4.5	2	3	5	8	0
SD31	SPT_01	2	0	0	0	0 + 400,000 / 0 + 475,000	0	3.25	1.5	1	2	2	4	0
SD31	SPT_02	2	0	0	0	0 + 400,000 / 0 + 475,000	0	3.25	4.5	2	2	2	4	0
SD31	SPT_03	2	0	0	0	0 + 400,000 / 0 + 475,000	0	3.25	7.5	3	3	3	5	0
SD31	SPT_04	2	0	0	0	0 + 400,000 / 0 + 475,000	0	3.25	10.5	2	3	4	7	0
SD33	SPT_01	3	0	0	0	0	1 + 200,00	2.35	1.5	3	3	3	5	0
SD33	SPT_02	3	0	0	0	0	1 + 200,00	2.35	6.5	3	3	4	7	0
SD33	SPT_03	3	0	0	0	0	1 + 200,00	2.35	7.5	2	2	2	4	0
SD34	SPT_01	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	1.5	2	2	2	4	0
SD34	SPT_02	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	4.5	3	4	4	8	0
SD34	SPT_03	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	7.5	1	3	3	4	0
SD34	SPT_04	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	10.5	1	2	3	5	0
SD35	SPT_01	2	0	0	2 + 525,000	0	0	3.75	1.5	3	3	3	5	0
SD35	SPT_02	2	0	0	2 + 525,000	0	0	3.75	6.5	2	3	4	7	0
SD35	SPT_03	2	0	0	2 + 525,000	0	0	3.75	7.5	2	3	3	5	0
SD36	SPT_01	2	0	0	3 + 075,000	0	0	3.35	1.4	2	2	3	5	0
SD36	SPT_02	2	0	0	3 + 075,000	0	0	3.35	4.5	3	4	4	8	0
SD37	SPT_01	2	0	0	0	1 + 075,000 / 1 + 150,000	0	6	3	3	3	4	7	0
SD37	SPT_02	2	0	0	0	1 + 075,000 / 1 + 150,000	0	6	5.5	3	3	3	5	0
SD39	SPT_01	2	0	0	3 + 350,000	0	0	4	1.5	2	2	3	5	0
SD39	SPT_02	2	0	0	3 + 350,000	0	0	4	6.5	3	3	3	5	0
SD39	SPT_03	2	0	0	3 + 350,000	0	0	4	7.5	3	7	9	18	0
SD39	SPT_04	2	0	0	3 + 350,000	0	0	4	10.5	2	3	3	5	0
SD40	SPT_01	1	0	0	0 + 725,000	0	0	7.5	1.5	1	1	3	4	0
SD40	SPT_02	1	0	0	0 + 725,000	0	0	7.5	4.5	2	3	3	5	0
SD40	SPT_03	1	0	0	0 + 725,000	0	0	7.5	7.5	5	7	11	18	0
SD38	SPT_02	2	0 + 350,000	0	0	0	0	6.2	5.8	3	3	5	8	0
SD38	SPT_01	2	0	0	0 + 675,000	0	0	5	1.7	3	3	5	8	0
SD38	SPT_02	2	0	0	0 + 625,000	0	0	5	5.7	3	3	3	5	8
SD	SPT_01	2	1 + 375,000	0	0	0	0	5	2.6	3	3	11	19	0
SD	SPT_01	2	1 + 300,000	0	0	0	0	5	2.6	5	7	7	14	0
SDH3	SPT_02	2	0 + 450,000	0	0	0	0	10.4	6.2	3	4	7	11	0



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRUPTAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGGIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 57 di 240

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati sia campioni rimaneggiati sia campioni indisturbati (dove era maggiore il contenuto di fine), su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

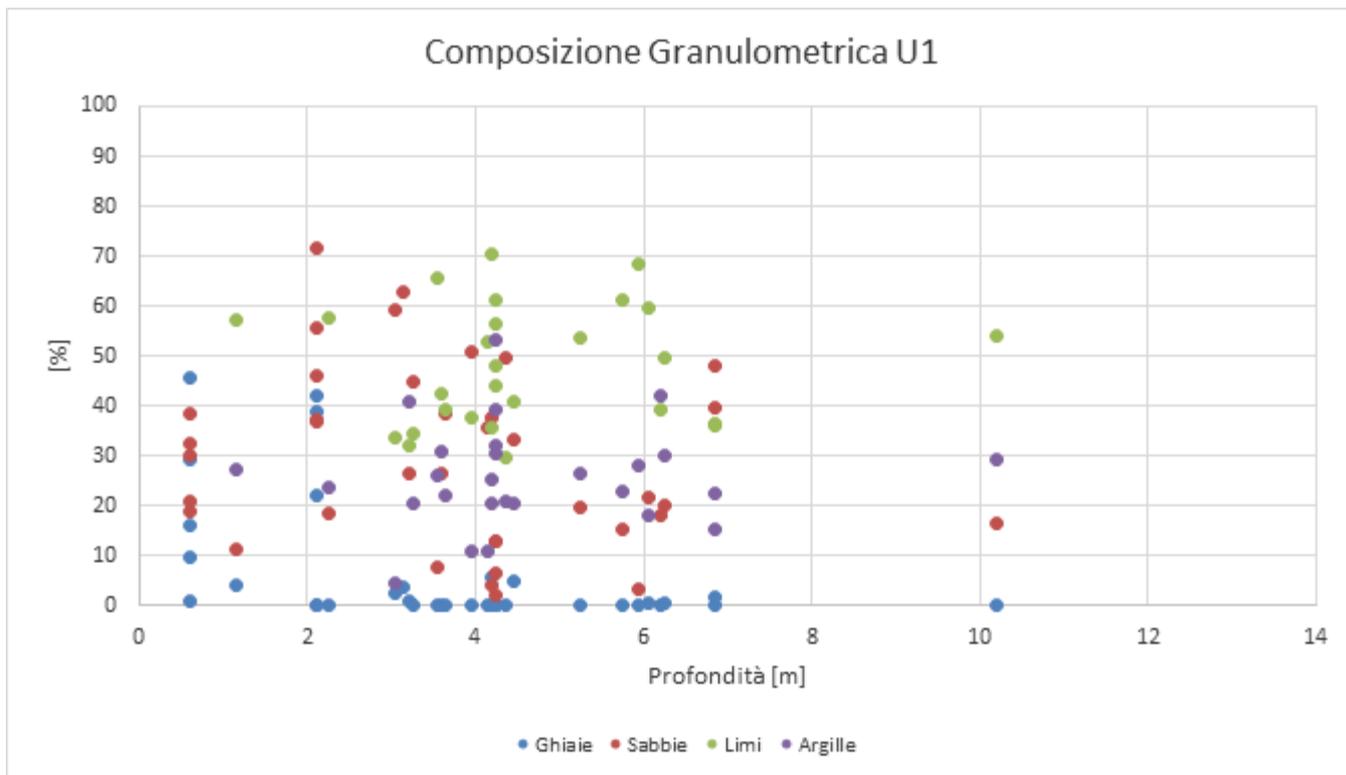
- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 45;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 3 e 72;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 21 e 98.

Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 20-56%, limite plastico 18-31% e indice plastico 2-25%. Il contenuto naturale d'acqua è tra 21 e 30%.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

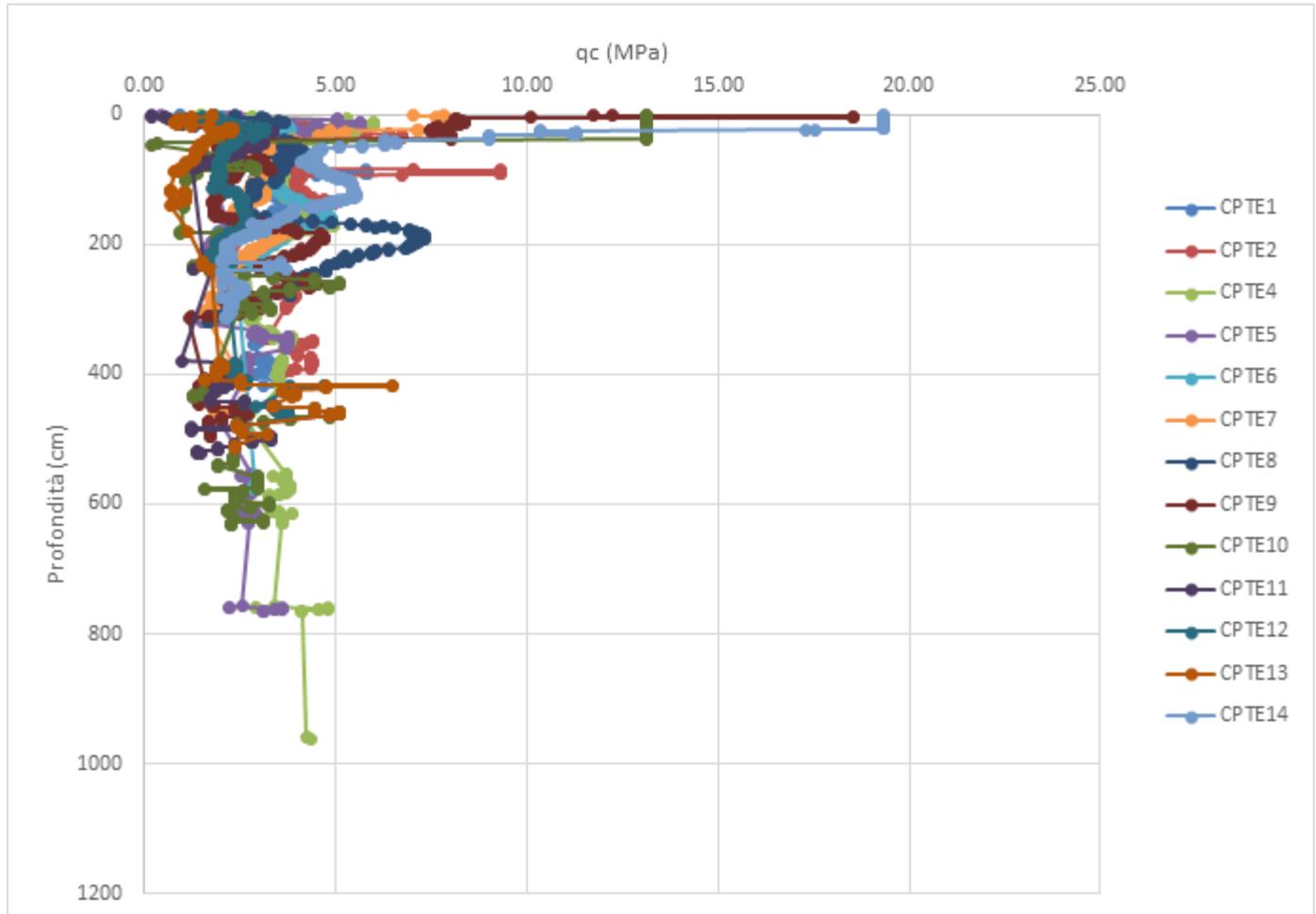
**Tabella 21. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U1.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti			
		da	a	media		G	S	L	L+A	A	G	S	L	L+A	A	W	Wl	Wp	Ip
		(m)	(m)	(m)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
SD04	CR1	6.7	7	6.85	U1	1.67	39.89	36.03	58.45	22.42	0.62	34.02	34.14	65.36	31.22				
SD07	C1	6	6.5	6.25	U1	0.44	19.97	49.56	79.59	30.03	0.11	16.69	42.42	83.2	40.78	24.48	35	21	14
SD09	CR1	3	3.3	3.15	U1	3.84	62.97		33.19		2.03	60.82		37.15					
SD10	CR1	6.7	7	6.85	U1	0.2	48.27	36.35	51.53	15.18	0	45.69	32.82	54.31	21.49				
SD11	RC1	3	3.4	3.2	U1	0.88	26.43	31.94	72.69	40.75	0.28	24.29	25.37	75.42	50.05				
SD11	C1	4	4.4	4.2	U1	5.81	37.74	35.88	56.44	20.56	2.52	38.31	31.65	59.18	27.53	21.44	20	18	2
SD11	RC2	6	6.4	6.2	U1	0.15	18.33	39.31	81.53	42.22	0	14.58	30.53	85.41	54.88				
SD14	C1	3.4	3.8	3.6	U1	0.07	26.46	42.56	73.47	30.91	0	22.17	38.42	77.82	39.4	20.28			
SD17	C1	4.2	4.7	4.45	U1	5.15	33.13	41.07	61.73	20.66	4.47	30.02	37.14	65.51	28.37		28	19	9
SD18	C1	3.3	3.8	3.55	U1	0.03	7.92	65.71	92.04	26.33	0	4.28	53.95	95.72	41.77	29.17	36	20	16
SD20	C1	4	4.4	4.2	U1	0	4.15	70.43	95.85	25.42	0	1.38	55.15	98.62	43.47	27.37	45	22	23
SD20	CR1	7	7.4	7.2	U1														
SD20	C2	10	10.4	10.2	U1	0.09	16.54	54.11	83.38	29.27	0	12.34	38.03	87.66	49.63	30.02	50	24	26
SD24	C1	4	4.5	4.25	U1	0.01	12.8	47.93	87.19	39.26	0	11.61	38.69	88.39	49.7	27.85	36	20	16
SD24	CR1	9.65	9.95	9.8	U1	0.04	26.77	55.69	73.19	17.5	0	17.2	55.44	82.8	27.36				
SD26	C1	5	5.5	5.25	U1	0.16	19.81	53.59	80.04	26.45	0	11.78	54.8	88.22	33.42	20.42			
SD26	CR1	11.5	11.9	11.7	U1														
SD28	C1	4.1	4.6	4.35	U1	0	49.51	29.69	50.49	20.8	0	46.85	25.5	53.14	27.64	20.59	29	20	9
SD30	C1	4	4.5	4.25	U1	0	2.33	44.24	97.67	53.43	0	1.48	25.07	98.52	73.45	27.67	53	28	25
SD33	C1	4	4.5	4.25	U1	0	13.06	56.56	86.93	30.37	0	8.72	43.7	91.29	47.59	26.55	56	31	25
SD33	CR1	8.6	9	8.8	U1	0	39.48	44.53	60.51	15.98	0	31.09	46.92	68.91	21.99				
SD34	C1	3.7	4.2	3.95	U1	0.04	50.93	37.87	49.03	11.16	0	41.77	41.72	58.22	16.5	20.89	20	18	2
SD34	CR1	9.3	9.7	9.5	U1														
SD35	C1	4	4.5	4.25	U1	0	6.6	61.14	93.39	32.25	0	2.86	49.12	97.14	48.02	26.94	25	22	3
SD39	C1	4	4.5	4.25	U1	0	7.1	46.37	92.9	46.53	0	6.25	37.61	93.75	56.14				
SD39	CR1	5.7	6	5.85	U1	0.01	6.16	43.56	93.83	50.27	0	2.79	34.2	97.21	63.01	24.55	27	18	9
SD40	C1	3	3.5	3.25	U1	0.34	44.72	34.45	54.94	20.49	0.06	39.65	33.84	60.29	26.45				
SD40	CR1	8.2	8.5	8.35	U1	1.1	31.56	41.09	67.34	26.25	0	25.78	38.67	74.21	35.54	20.69	31	24	7
BH2	CI1	5.8	6.3	6.05	U1	0.73	21.55	59.56	77.72	18.16	0.13	18.41	54.4	81.46	27.06				
BH2	CR1	2.1	2.4	2.25	U1	0.27	18.57	57.47	81.16	23.69	0	16.82	52.27	83.18	30.91				
BH2	CR2	3.5	3.8	3.65	U1	0.07	38.46	39.42	61.48	22.06	0.06	33.87	38.64	66.07	27.43	21.21	40	21	19
BH3	CI1	5.5	6	5.75	U1	0.25	15.5	61.28	84.25	22.97	0	13.66	46.24	86.33	40.09	26.87	38	21	17
BH4	CI1	5.7	6.2	5.95	U1	0	3.32	68.44	96.68	28.24	0	1.02	62.13	98.98	36.85				
BH4	CR1	4	4.3	4.15	U1	0.35	35.68	52.92	63.96	11.04	0.11	33.66	47.91	66.23	18.32	28.89	30	19	11
BH5	CI1	2.8	3.3	3.05	U1	2.68	59.14	33.69	38.18	4.49	1.36	58.66	31.63	39.98	8.35				
BH7	CR1	1	1.3	1.15	U1	4.29	11.39	57.17	84.33	27.16	3.29	8.32	48.85	88.4	39.55	8.03	22	18	4
P23	CR2	2	2.2	2.1	U1	22.06	45.95		31.99		17.52	48.65		33.83			23	17	6
P24	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	45.65	32.33		22.03		42.98	33.7		23.32		4.55			
P24	CR2	2	2.2	2.1	U1	42.16	36.72		21.12		38.86	38.64		22.51		10.76	26	19	7
P25	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	1.16	38.37		60.48		0.6	35.86		63.54		15.09	36	21	15
P26	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	16.03	20.78		63.18		15.08	18.98		65.95		19.21			
P26	CR2	2	2.2	2.1	U1	0.02	55.61		44.37		0	50.55		49.44		12.5	34	23	11
P27	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	29.5	18.79		51.71		25.14	21.81		53.05		8.79			
P27	CR2	2	2.2	2.1	U1	0.15	71.8		28.05		0	68.38		31.62		6.83	28	19	9
P28	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	9.78	30.07		60.14		7.42	29.59		63		8.81			
P28	CR2	2	2.2	2.1	U1	39.05	37.21		23.74		29.41	44.3		26.29					



**Figura 1. Composizione Granulometrica Unità U1.**

Dall'andamento delle resistenze alla punta penetrometrica ( $q_c$ ) delle prove CPT si osserva, per l'unità U1, un andamento che oscilla, fino a 6m circa da p.c., tra valori di  $q_c$  tra 2 e 6MPa, con punte tra 7.5 e 20 Mpa relative al materiale di riporto antropico nei primi 0.5m da p.c.



**Figura 2. Andamento della resistenza alla punta ( $q_c$ ) per Unità U1.**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE000 05 001 A 60 di 240

Il peso di volume ricavato dai valori di qc da prove CPT varia tra 11.0 kN/m<sup>3</sup> a 20.0kN/m<sup>3</sup>, il valore medio è pari a circa 18.5 kN/m<sup>3</sup>(Tabella 22). Nella Tabella 23 sono invece riportati i valori del peso di volume ottenuto dalle prove di laboratorio che mostra valori leggermente superiori e ricadenti nell'intervallo tra 19.1 e 20.7 kN/m<sup>3</sup>.

**Tabella 22. Valori di qc e stima del peso di volume per l'unità U1.**

	CPT E1			CPT E2			CPT E4			CPT E5			CPT E6			CPT E7			CPT E8		
	Profondità [cm]	Qc [MPa]	γ kN/m <sup>3</sup>																		
max	419.00	5.83	20.26	398.00	9.31	20.88	762.00	6.01	20.27	766.00	5.67	19.35	577.00	4.92	20.26	463.00	7.98	19.66	320.00	7.36	27.02
min	3.00	1.96	11.63	5.00	2.27	12.73	3.00	2.62	13.59	4.00	1.54	13.94	19.00	2.39	13.16	3.00	1.56	17.09	4.00	1.71	20.96
media	151.92	3.16	18.95	148.56	3.94	19.48	238.28	3.79	19.04	262.16	2.81	18.11	142.10	3.45	18.88	169.33	3.22	18.63	161.00	3.89	22.44

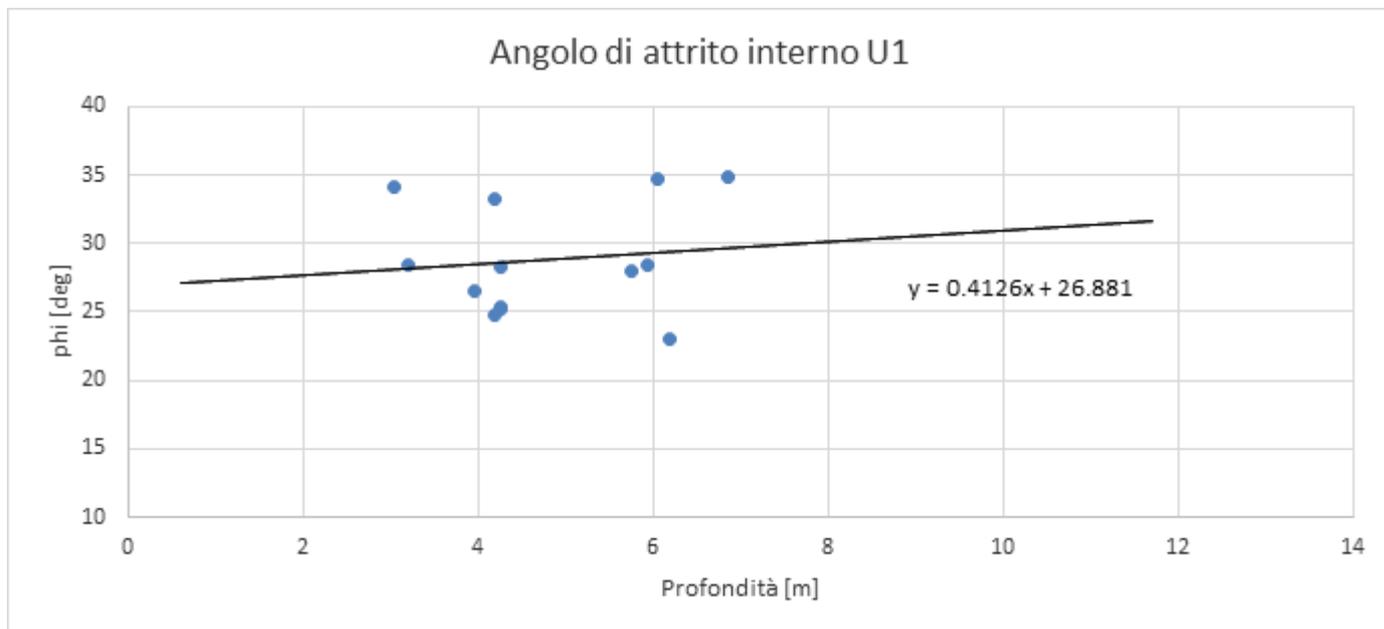
  

	CPT E9			CPT E10			CPT E11			CPT E12			CPT E13			CPT E14		
	Profondità [cm]	Qc [MPa]	γ kN/m <sup>3</sup>															
max	467.00	18.54	20.58	532.00	13.13	20.52	522.00	5.13	19.20	463.00	4.71	19.44	512.00	6.50	19.77	314.00	19.35	21.12
min	3.00	1.18	16.34	3.00	0.22	13.21	4.00	0.53	9.90	3.00	1.40	10.10	3.00	0.69	10.75	3.00	2.01	16.91
media	188.78	3.46	18.42	271.38	3.59	17.68	280.58	2.30	16.75	158.72	2.41	17.95	207.35	2.01	16.75	157.50	5.04	18.87

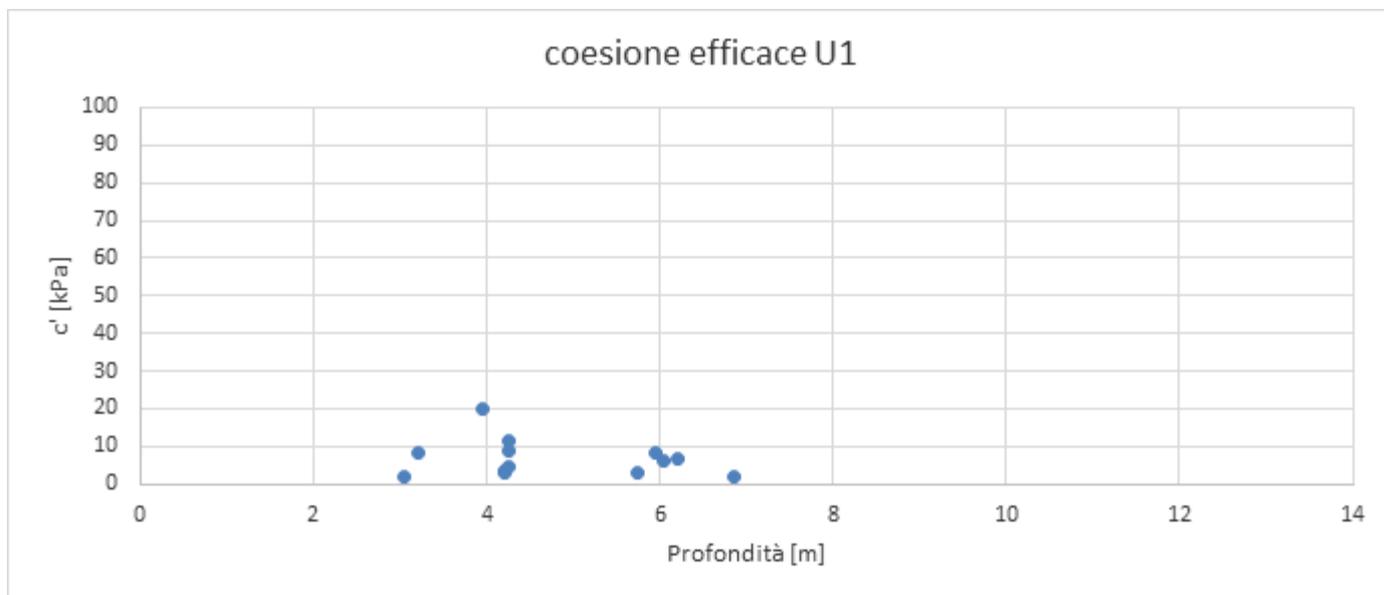
**Tabella 23. Valori del peso di volume per l'unità U1 da prove di laboratorio.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	peso specifico		
		da [m]	a [m]	media [m]		γ (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>t</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
SD04	CR1	6.7	7	6.85	U1			25.8
SD07	CR1	8	8.5	8.25	U1	19.8	15.0	25.9
SD09	CR1	3	3.3	3.15	U1			
SD10	CR1	6.7	7	6.85	U1			26.4
SD11	RC1	3	3.4	3.2	U1			26.2
SD11	C1	4	4.4	4.2	U1	20.1	16.6	25.9
SD11	RC2	6	6.4	6.2	U1			25.8
SD14	C1	3.4	3.8	3.6	U1	20.7	17.2	26.7
SD17	CR1	4.2	4.7	4.45	U1			
SD18	C1	3.3	3.8	3.55	U1	19.3	14.9	27.1
SD20	C1	4	4.4	4.2	U1	18.8	14.7	26.5
SD20	CR1	7	7.4	7.2	U1			
SD20	C2	10	10.4	10.2	U1	19.7	15.2	27.3
SD24	C1	4	4.2	4.25	U1	18.8	14.7	26.3
SD24	CR1	9.85	9.95	9.8	U1			
SD26	CR1	5	5.5	5.25	U1	19.2	15.0	26.6
SD26	CR1	11.5	11.9	11.7	U1			
SD28	C1	4.1	4.6	4.35	U1	20.6	17.1	26.3
SD30	CR1	4	4.5	4.25	U1	19.1	15.1	26
SD33	C1	4	4.5	4.25	U1	19.3	15.3	25.9
SD33	CR1	6.6	9	8.8	U1			25.9
SD34	C1	3.7	4.2	3.95	U1	20	16.5	26.7
SD34	CR1	9.3	9.7	9.5	U1			
SD35	C1	4	4.2	4.25	U1	19.1	15.1	26.8
SD39	CR1	5.7	6	5.85	U1			
SD39	CR1	3	3.5	3.25	U1	20.1	16.1	27
SD40	CR1	8.2	8.5	8.35	U1			
BH2	C11	5.8	6.3	6.05	U1	19.9	16.4	26
BH2	CR1	2.1	2.4	2.25	U1			
BH2	CR2	3.5	3.8	3.65	U1			
BH3	C11	5.5	6	5.75	U1	19.9	16.5	25.9
BH4	C11	5.7	6.2	5.95	U1			
BH4	CR1	4	4.1	4.15	U1			
BH5	C11	2.8	3.3	3.05	U1			
BH7	CR1	1	1.3	1.15	U1			
P21	CR1	2	2.2	2.1	U1			25.9
P24	CR1	0.5	0.7	0.6	U1			26
P24	CR2	2	2.2	2.1	U1			26.2
P25	CR1	0.5	0.7	0.6	U1			26.3
P26	CR1	0.5	0.7	0.6	U1			26.3
P26	CR2	2	2.2	2.1	U1			26.4
P27	CR1	0.5	0.7	0.6	U1			26.1
P27	CR2	2	2.2	2.1	U1			26.1
P28	CR1	0.5	0.7	0.6	U1			26
P28	CR2	2	2.2	2.1	U1			26.1



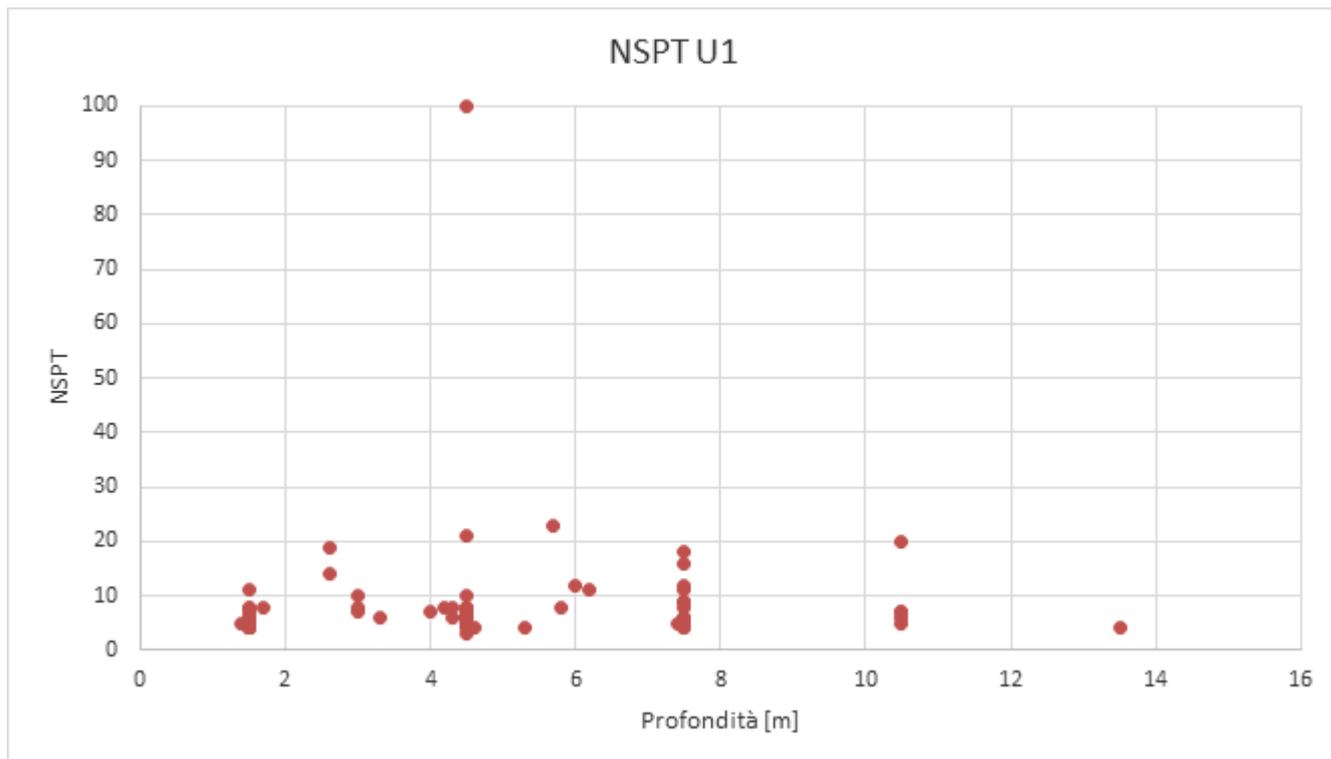


**Figura 3. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U1.**



**Figura 4. Valori della coesione efficace per Unità U1.**

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, con la relazione di Wolff, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio di  $28\div 33^\circ$ .



**Figura 5. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U1.**

**Tabella 25. Stima della Dr e dell'angolo di restenza al taglio da prove SPT sull'unità U1.**

Sondaggio	Prova	Lotto	$\gamma$	$\sigma_v$	u	$\sigma'_v$	Dr (Gibbs e H)	$\phi'$ (Mayne)	$\phi'$ (Wolff)
			(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(%)	(°)	
SD04	SPT_01	2	18.5	27.75	3	24.75	0.5114	39.51	29.94
SD04	SPT_02	2	18.5	83.3	33.0	50.3	0.3213	28.87	28.29
SD07	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.6819	46.83	32.11
SD07	SPT_02	2	18.5	83.3	14.0	69.3	1.7247	62.87	55.01
SD07	SPT_03	2	18.5	138.8	44.0	94.8	0.5261	39.57	30.42
SD11	SPT_02	2	18.5	83.3	0.0	83.3	0.4351	35.07	29.36
SD11	SPT_03	2	18.5	138.8	16.0	122.8	0.3281	28.92	28.44
SD13	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD13	SPT_02	2	18.5	83.3	15.0	68.3	0.4240	34.57	29.21
SD14	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.5036	39.08	29.87
SD14	SPT_02	2	18.5	83.3	28.1	55.2	0.4067	33.73	29.01
SD17	SPT_02	2	18.5	83.3	0.0	83.3	0.7536	48.84	33.69
SD18	SPT_01	3	18.5	27.8	6.0	21.8	0.5613	41.91	30.48
SD18	SPT_02	3	18.5	83.3	36.0	47.3	0.4601	36.65	29.51
SD19	SPT_01	3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD19	SPT_02	3	18.5	83.3	16.1	67.2	0.4915	38.06	29.92
SD19	SPT_03	3	18.5	138.8	46.1	92.7	0.4789	37.28	29.86
SD20	SPT_01	2_3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD20	SPT_02	2_3	18.5	83.3	20.0	63.3	0.4318	35.03	29.28
SD20	SPT_03	2_3	18.5	138.8	50.0	88.8	0.4848	37.59	29.91
SD21	SPT_01	2_3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.5036	39.08	29.87
SD21	SPT_02	2_3	18.5	79.6	18.0	61.6	0.4346	35.19	29.30
SD22	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD24	SPT_01	2	18.5	27.8	6.5	21.3	0.6017	43.71	30.96
SD24	SPT_02	2	18.5	83.3	36.5	46.8	0.4209	34.58	29.12
SD24	SPT_03	2	18.5	138.8	66.5	72.3	0.3816	32.22	28.82
SD24	SPT_04	2	18.5	194.3	96.5	97.8	0.4159	33.98	29.20
SD24	SPT_05	2	18.5	249.8	126.5	123.3	0.2930	26.80	28.17
SD26	SPT_01	3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.5815	42.72	30.77
SD26	SPT_02	3	18.5	83.3	0.0	83.3	0.5200	39.34	30.31
SD26	SPT_03	3	18.5	138.8	0.0	138.8	0.4884	37.57	30.06
SD26	SPT_04	3	18.5	194.3	11.0	183.3	0.5727	41.41	31.23
SD27	SPT_01	3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD27	SPT_02	3	18.5	77.7	0.0	77.7	0.4737	37.10	29.76
SD27	SPT_03	3	18.5	136.9	13.0	123.9	0.3271	28.86	28.43
SD28	SPT_02	3	18.5	85.1	19.5	65.6	0.3495	30.43	28.54



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	65 di 240

SD28	SPT_03	3	18.5	138.8	48.5	90.3	0.4549	36.07	29.58
SD29	SPT_01	2_3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD30	SPT_01	2_3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD30	SPT_02	2_3	18.5	83.3	7.5	75.8	0.4130	33.93	29.12
SD31	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD31	SPT_02	2	18.5	83.3	12.5	70.8	0.3431	30.02	28.49
SD31	SPT_03	2	18.5	138.8	42.5	96.3	0.3868	32.39	28.91
SD31	SPT_04	2	18.5	194.3	72.5	121.8	0.3892	32.42	28.97
SD33	SPT_01	3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.5036	39.08	29.87
SD33	SPT_02	3	18.5	83.3	21.5	61.8	0.4690	36.98	29.66
SD33	SPT_03	3	18.5	138.8	51.5	87.3	0.3247	28.85	28.37
SD34	SPT_01	3	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD34	SPT_02	3	18.5	83.3	9.5	73.8	0.4802	37.45	29.82
SD34	SPT_03	3	18.5	138.8	39.5	99.3	0.3130	28.10	28.30
SD34	SPT_04	3	18.5	194.3	69.5	124.8	0.3264	28.82	28.42
SD35	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD35	SPT_02	2	18.5	83.3	7.5	75.8	0.4461	35.69	29.46
SD35	SPT_03	2	18.5	138.8	37.5	101.3	0.3812	32.05	28.87
SD36	SPT_01	2	18.5	25.9	0.0	25.9	0.4641	37.12	29.45
SD36	SPT_02	2	18.5	79.6	11.5	68.1	0.4899	37.98	29.91
SD37	SPT_01	2	18.5	55.5	0.0	55.5	0.4805	37.61	29.76
SD37	SPT_02	2	18.5	98.1	0.0	98.1	0.3141	28.17	28.30
SD39	SPT_01	2	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4597	36.86	29.42
SD39	SPT_02	2	18.5	83.3	5.0	78.3	0.4095	33.73	29.10
SD39	SPT_03	2	18.5	138.8	35.0	103.8	0.6179	43.62	31.68
SD39	SPT_04	2	18.5	194.3	65.0	129.3	0.3535	30.39	28.66
SD40	SPT_01	1	18.5	27.8	0.0	27.8	0.4112	34.28	28.96
SD40	SPT_02	1	18.5	83.3	0.0	83.3	0.4028	33.34	29.04
SD40	SPT_03	1	18.5	138.8	0.0	138.8	0.5982	42.64	31.50
SB36	SPT_02	2	18.5	107.3	0.0	107.3	0.4326	34.82	29.38
SB38	SPT_01	2	18.5	31.5	0.0	31.5	0.5709	42.19	30.67
SB38	SPT_02	2	18.5	105.5	7.0	98.5	0.7524	48.71	33.76
S7	SPT_01	2	18.5	48.1	0.0	48.1	0.8159	51.07	34.44
S8	SPT_01	2	18.5	48.1	0.0	48.1	0.7003	47.26	32.58
SBH3	SPT_02	2	18.5	114.7	0.0	114.7	0.4970	38.08	30.12
SBH2	SPT_01	2	18.5	55.5	0.0	55.5	0.5743	42.06	30.87
SBH4	SPT_01	2	18.5	55.5	0.0	55.5	0.5137	39.24	30.13
SBH5	SPT_01	2	18.5	61.1	10.0	51.1	0.4529	36.24	29.45
SBH7	SPT_01	2	18.5	74.0	24.0	50.0	0.4913	38.20	29.85
SBH7	SPT_02	2	18.5	111.0	44.0	67.0	0.6023	43.18	31.30

(\*) segue da pagina precedente.

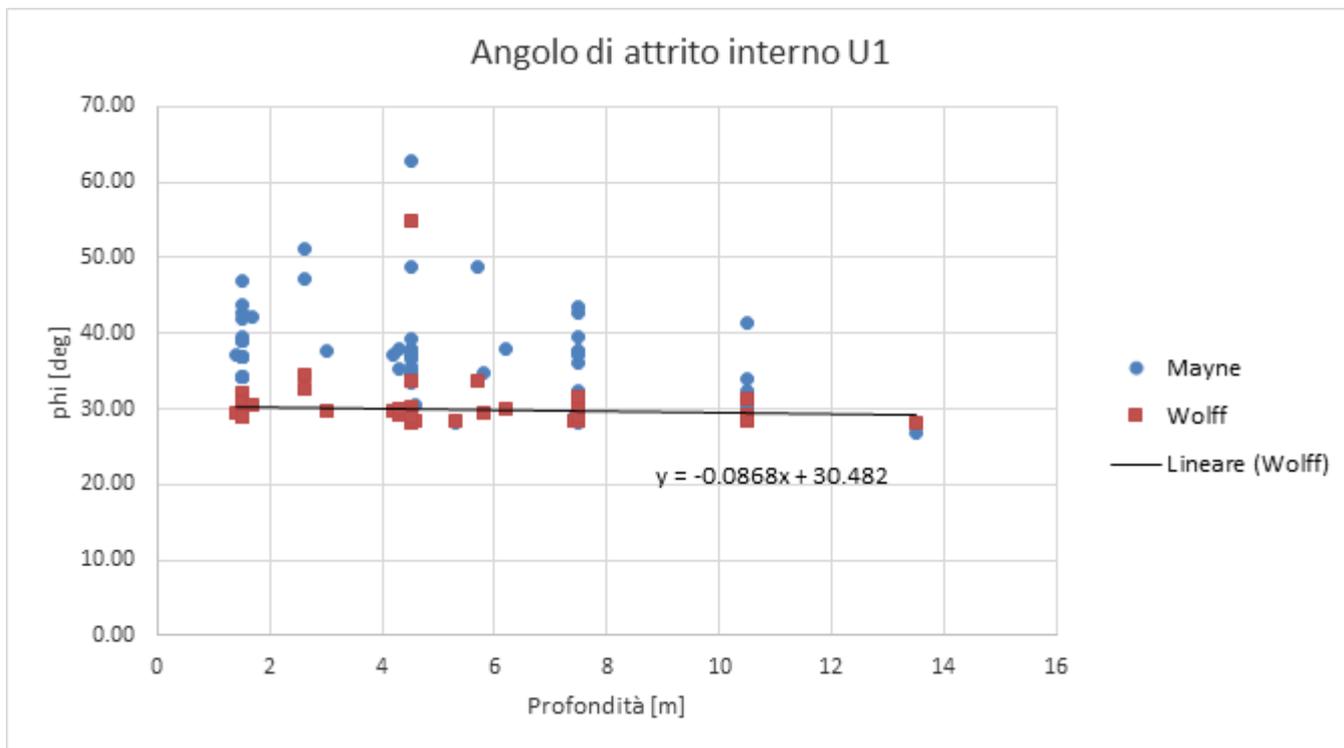


Figura 6. Valori dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT per Unità U1.

Dall'interpretazione dei risultati delle prove CPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio di  $27 \div 55^\circ$ .

Tabella 26. Stima dell'angolo di restenza al taglio da prove CPT sull'unità U1.

	CPT E1		CPT E2		CPT E4		CPT E5		CPT E6		CPT E7	
	Rob. e Camp.	Mayne 2006										
	$\phi'$	$\phi'$										
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
max	55.5	44.5	54.9	44.4	56.4	46.9	56.0	46.7	51.3	42.8	60.1	51.7
min	35.8	34.3	37.1	34.7	36.5	34.7	32.7	31.8	34.3	33.7	36.0	33.9
media	42.6	37.8	43.5	38.7	43.9	38.9	40.9	36.7	42.2	37.7	43.3	38.4

	CPT E8		CPT E9		CPT E10		CPT E11		CPT E12		CPT E13		CPT E14	
	Rob. e Camp.	Mayne 2006												
	$\phi'$	$\phi'$												
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
max	55.9	45.1	61.1	54.9	61.3	54.2	50.3	41.6	56.3	44.8	56.2	44.7	62.1	56.1
min	39.6	36.3	38.1	34.4	32.4	27.1	28.9	29.2	34.6	33.3	32.0	29.8	36.0	33.8
media	44.2	39.1	43.1	38.2	39.9	36.4	38.8	35.2	41.2	36.5	39.2	34.9	44.5	39.8

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole e Masw). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al( 1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, entro i primi 10 m di profondità dal p.c., si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 100 m/s e 190 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 110 e 210 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 100 \div 210$  m/s;
- $G_0 = 20 \div 90$  MPa;
- $E_0 = 60 \div 225$  MPa.

**Tabella 27. Stima di  $G_0$  ed  $E_0$  da prove DH e Masw sull'unità U1.**

DH-SD13											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	103	206	U1	236	16.41	0.33	17.75	45.53
2	2	6	4	141	697	U1		17.39	0.48	35.24	100.29
DH-SD14											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	3	2	117	361	U1	191	16.72	0.44	22.45	64.72
2	3	7	4	190	849	U1		17.7	0.47	62.66	184.68
DH-SD18											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	3	2	120	288	U1	211	16.58	0.39	23.41	65.31
2	3	7	4	179	716	U1		17.43	0.47	54.77	160.66
DH-SD19											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	160	278	U1	240	16.56	0.25	41.56	104.09
2	2	11	9	180	715	U1		17.43	0.47	55.38	162.39
DH-SD21											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	108	263	U1	165	16.53	0.40	18.90	52.87
2	2	5	3	123	921	U1		17.84	0.49	26.47	78.93

DH-SD24											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	106	325	U1	219	16.65	0.44	18.35	52.87
2	2	5	3	143	607	U1		17.21	0.47	34.52	101.53
3	5	10	5	175	766	U1		17.53	0.47	52.65	155.05
DH-SD28											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	145	251	U1	234	16.5	0.25	34.03	85.05
2	2	4	2	209	471	U1		16.94	0.38	72.57	199.92
3	4	6	2	287	1227	U1		18.45	0.47	149.07	438.58
4	6	8	2	178	1305	U1		18.61	0.49	57.82	172.36
DH-SD30											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	3	2	131	410	U1	164	16.82	0.44	28.31	81.71
2	3	5	2	118	795	U1		17.59	0.49	24.02	71.52
DH-SD34											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	3	2	114	257	U1	214	16.51	0.38	21.05	57.99
DH-SD35											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	123	254	U1	158	16.51	0.35	24.49	65.97
2	2	5	3	140	653	U1		17.31	0.48	33.26	98.18
3	5	8	3	146	1311	U1		18.62	0.49	38.93	116.30
DH-SD39											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	123	254	U1	156	16.63	0.35	16.97	45.71
2	2	5	3	140	653	U1		17.4	0.48	35.87	105.88
3	5	10	5	146	1311	U1		18.18	0.49	39.05	116.66
DH-SD40											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	3	2	136	329	U1	197	16.66	0.40	30.22	84.43
2	3	7	4	178	865	U1		17.73	0.48	55.09	162.83
3	7	10	3	170	1395	U1		18.79	0.49	53.25	158.95

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	69 di 240

MASW1		MASW2		MASW3	
Vs,eq (m/s)	237	Vs,eq (m/s)	246	Vs,eq (m/s)	266
Categoria	C	Categoria	C	Categoria	C
Lotto	1	Lotto	2	Lotto	2
A km	0+575	A km	0+825	A km	0+375
U1		U1		U1	
Vs,min (m/s)	100	Vs,min (m/s)	150	Vs,min (m/s)	180
G0 (Mpa)	19.37	G0 (Mpa)	43.58	G0 (Mpa)	62.75
E0 (Mpa)	51.52	E0 (Mpa)	115.92	E0 (Mpa)	166.92
Vs,max (m/s)	200	Vs,max (m/s)	200	Vs,max (m/s)	200
G0 (Mpa)	77.47	G0 (Mpa)	77.47	G0 (Mpa)	77.47
E0 (Mpa)	201.43	E0 (Mpa)	201.43	E0 (Mpa)	201.43

MASW4		MASW5	
Vs,eq (m/s)	239	Vs,eq (m/s)	224
Categoria	C	Categoria	C
Lotto	2	Lotto	2
A km	0+625	A km	0+675
U1		U1	
Vs,min (m/s)	120	Vs,min (m/s)	150
G0 (Mpa)	27.89	G0 (Mpa)	43.58
E0 (Mpa)	74.19	E0 (Mpa)	115.92
Vs,max (m/s)	180	Vs,max (m/s)	160
G0 (Mpa)	62.75	G0 (Mpa)	49.58
E0 (Mpa)	163.16	E0 (Mpa)	128.91

(\*) segue da pagina precedente.

**Tabella 28. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U1.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Yoshida et al.		
			Vs m/s	Go (kPa)	Eo (kPa)
SD04	SPT_01	2	120.181	27238	70818
SD04	SPT_02	2	111.593	23484	61059
SD07	SPT_01	2	142.102	38081	99010
SD07	SPT_02	2	280.450	148324	385643
SD07	SPT_03	2	168.758	53707	139639
SD11	SPT_02	2	148.021	41319	107430
SD11	SPT_03	2	143.682	38932	101223
SD13	SPT_01	2	116.680	25674	66752
SD13	SPT_02	2	138.519	36184	94079
SD14	SPT_01	2	122.121	28124	73124
SD14	SPT_02	2	128.456	31118	80907
SD17	SPT_02	2	194.807	71567	186074
SD18	SPT_01	3	122.663	28375	73774
SD18	SPT_02	3	131.568	32644	84874
SD19	SPT_01	3	116.680	25674	66752
SD19	SPT_02	3	148.510	41592	108140
SD19	SPT_03	3	159.998	48276	125518
SD20	SPT_01	2_3	110.349	22964	59705
SD20	SPT_02	2_3	137.051	35422	92096
SD20	SPT_03	2_3	159.038	47698	124016
SD21	SPT_01	2_3	122.121	28124	73124
SD21	SPT_02	2_3	136.529	35152	91396
SD22	SPT_01	2	116.680	25674	66752
SD24	SPT_01	2	126.415	30137	78356
SD24	SPT_02	2	125.519	29711	77249
SD24	SPT_03	2	133.406	33563	87263
SD24	SPT_04	2	151.386	43219	112370
SD24	SPT_05	2	135.963	34861	90640
SD26	SPT_01	3	131.228	32475	84436
SD26	SPT_02	3	161.827	49386	128403
SD26	SPT_03	3	181.930	62418	162287
SD26	SPT_04	3	214.921	87109	226483
SD27	SPT_01	3	110.349	22964	59705
SD27	SPT_02	3	151.575	43327	112650
SD27	SPT_03	3	143.869	39034	101488
SD28	SPT_02	3	124.474	29219	75968
SD28	SPT_03	3	154.786	45182	117473

SD29	SPT_01	2_3	116.680	25674	66752
SD30	SPT_01	2_3	110.349	22964	59705
SD30	SPT_02	2_3	140.555	37256	96866
SD31	SPT_01	2	110.349	22964	59705
SD31	SPT_02	2	125.798	29843	77593
SD31	SPT_03	2	145.348	39840	103585
SD31	SPT_04	2	156.112	45959	119495
SD33	SPT_01	3	122.121	28124	73124
SD33	SPT_02	3	141.958	38003	98809
SD33	SPT_03	3	129.544	31647	82283
SD34	SPT_01	3	110.349	22964	59705
SD34	SPT_02	3	150.472	42699	111016
SD34	SPT_03	3	131.903	32810	85307
SD34	SPT_04	3	144.007	39109	101682
SD35	SPT_01	2	116.680	25674	66752
SD35	SPT_02	2	146.078	40241	104627
SD35	SPT_03	2	146.383	40409	105064
SD36	SPT_01	2	115.558	25183	65475
SD36	SPT_02	2	148.787	41748	108544
SD37	SPT_01	2	139.853	36885	95900
SD37	SPT_02	2	131.678	32699	85017
SD39	SPT_01	2	116.680	25674	66752
SD39	SPT_02	2	141.196	37596	97751
SD39	SPT_03	2	187.700	66440	172745
SD39	SPT_04	2	151.473	43268	112498
SD40	SPT_01	1	110.349	22964	59705
SD40	SPT_02	1	142.425	38254	99461
SD40	SPT_03	1	201.338	76446	198760
SB36	SPT_02	2	158.582	47425	123305
SB38	SPT_01	2	133.547	33634	87447
SB38	SPT_02	2	204.023	78498	204095
S7	SPT_01	2	175.948	58381	151791
S8	SPT_01	2	163.015	50114	130297
SBH3	SPT_02	2	173.334	56659	147313
SBH2	SPT_01	2	152.896	44086	114623
SBH4	SPT_01	2	144.600	39431	102522
SBH5	SPT_01	2	133.001	33359	86733
SBH7	SPT_01	2	137.824	35822	93138
SBH7	SPT_02	2	164.302	50908	132361
		<b>min</b>	<b>110.349</b>	<b>22964</b>	<b>59705</b>
		<b>max</b>	<b>214.921</b>	<b>87109</b>	<b>226483</b>
		<b>media</b>	<b>141.941</b>	<b>39088</b>	<b>101628</b>

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	72 di 240

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $4.9 \cdot 10^{-8}$  m/s e  $1.4 \cdot 10^{-5}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $2 \cdot 10^{-6}$  m/s.

**Tabella 29. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U1.**

Sondaggio	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda (m da p.c.)	Unità	Permeabilità k (m/s)	Data prova
							Tetto	Letto	Media				
SD1	2+800,000	0+100,000	0	0	0	1_2	3.5	4	3.75	-	U1	4.00E-07	23/04/2019
SD1	2+800,000	0+100,000	0	0	0	1_2	9	9.5	9.25	-	U1	9.70E-07	23/04/2019
SD1	2+800,000	0+100,000	0	0	0	1_2	17.5	18	17.75	-	U1	4.90E-08	24/04/2019
SD3	2+800,000	0+100,000	0	0	0	1_2	4	4.5	4.25	-	U1	2.60E-07	16/04/2019
SD4	2+025,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	-	U1	5.40E-06	29/03/2019
SD4	2+025,000	0	0	0	0	2	7	7.5	7.25	-	U1	8.10E-06	01/04/2019
SD6	2+025,000	0	0	0	0	2	2.5	3	2.75	-	U1	1.70E-06	29/03/2019
SD7	1+575,000	0	0	0	0	2	2.5	3	2.75	-	U1	1.10E-06	26/03/2019
SD7	1+575,000	0	0	0	0	2	6.5	7	6.75	-	U1	1.30E-06	27/03/2019
SD8	1+575,000	0	0	0	0	2	3	3.5	3.25	-	U1	1.10E-06	19/06/2019
SD12	0+850,000	0	0	0	0	2	3.5	4	3.75	-	U1	1.70E-06	11/04/2019
SD12	0+850,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	-	U1	8.10E-07	11/04/2019
SD13	1+775,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	-	U1	3.30E-06	28/03/2019
SD13	1+775,000	0	0	0	0	2	11.5	12	11.75	-	U1	7.40E-06	28/03/2019
SD20	0	0	1+625,000	300,000 / 0+225,0	1+525,000	2_3	5.5	6	5.75	-	U1	3.40E-06	10/04/2019
SD31	0	0	0	-400,00 / 0+475,0	0	2	7	7.5	7.25	-7.5	U1	2.70E-06	15/05/2019
SD37	0	0	0	075,000 / 1+150,0	0	2	5.5	6	5.75	-6	U1	1.40E-05	20/06/2019
SD39	0	0	3+350,000	0	0	2	3.5	4	3.75	-4	U1	1.10E-07	27/06/2019
SD40	0	0+725,000	0	0	0	1	7	7.5	7.25	-7.5	U1	2.90E-07	26/06/2019
											k=	2.85E-06	

Nei campioni con unapercentuale maggiore di fine sono state eseguite prove edometriche dalle quali sono state definite le seguenti caratteristiche di consolidazione, modulo edometrico  $E_{ed}$ , coefficiente di consolidazione verticale  $C_v$  e permeabilità  $k$ .

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	prova edometrica			
		da (m)	a (m)	media (m)		$E_{ed}$ (kPa)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	K (cm/s)	Press (kPa)
SD18	C1	3.3	3.8	3.55	U1	2674	3.38E-04	1.24E-08	50
SD20	C2	10	10.4	10.2	U1	4131	5.60E-05	1.33E-09	200
SD24	C1	4	4.5	4.25	U1	5767	1.93E-04	3.28E-09	100
SD30	C1	4	4.5	4.25	U1	2276	1.65E-04	7.13E-09	100



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	73 di 240

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi dei risultati per l'unità U1

L'intervallo dei valori per il peso di volume è stato definito considerando come prioritari i risultati da prove in sito, che restituiscono valori inferiori rispetto alle prove di laboratorio. Vista anche la posizione superficiale di tale formazione, si assume per questa unità, U1, il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 18 \div 19 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio e in sito:

$$\varphi' = 23 \div 35^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio}$$

$$\varphi' = 28 \div 33^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove SPT}$$

$$\varphi' = 27 \div 55^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove CPT}$$

Si assume quindi per l'unità U1, trascurando i valori massimi e minimi non compatibili con la tipologia di terreno e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a  $30^\circ$ , il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 28 \div 32^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Per la coesione drenata si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio dalle quali si riscontra una variabilità tra  $1.9 \div 24.6 \text{ kPa}$ . Si assume, trascurando cautelativamente i valori massimi ottenuti dai campioni dove è prevalente la frazione fine, il seguente intervallo di valori della coesione drenata:

$$c' = 0 \div 10 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra  $100 \text{ m/s}$  e  $190 \text{ m/s}$ , in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra  $110$  e  $210 \text{ m/s}$ . Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 100 \div 210 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 20 \div 90 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 60 \div 225 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 2 \text{ E}^{-06} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	74 di 240

## 7.6 UNITÀ U1A–DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB3

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e piana alluvionale costituiti da argille limose e limi argillosi di colore marrone nocciola, a struttura indistinta o laminata, con sporadiche ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; si rinvengono frequenti e sottili passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi grigi (Olocene tardo).

In corrispondenza di questa unità sono disponibili numerose prove SPT che hanno dato valori compresi fra 6 e 23 colpi/30 cm, ad indicare una estrema variabilità nel grado di addensamento / consistenza del deposito (Figura 11).

**Tabella 30. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U1a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Altezza	Profondità	Numero colpi			N <sub>63.5</sub>
			00/03 INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA	STAZIONE FONTANAROSSA	STAZIONE CATANIA-SIRACUSA	SOVIER COLLEGAMENTO INTERPORTO	ORICELLA PALERMO-SIRACUSA						
			(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(m)	Media				
SD04	SP1_03	2	2 + 625,000	0	0	0	0	3,2	7,5	2	3	3	6
SD11	SPT_01	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5,9	1,5	4	6	7	13
SD13	SP1_03	2	1 + 75,000	0	0	0	0	3	7,5	2	2	2	4
SD15	SPT_01	2	0 + 575,000	0	0	0	0	6,55	1,5	5	6	8	14
SD15	SP1_02	2	0 + 575,000	0	0	0	0	6,55	4,5	3	6	7	13
SD17	SP1_03	2	0	0	0 + 525,000	0	0	5,13	7,5	6	6	11	14
SD17	SPT_04	2	0	0	0 + 925,000	0	0	5,13	10,5	4	5	7	12
SD18	SPT_03	3	0	0	0	0	1 + 250,000	0,9	7,5	2	5	5	10
SD18	SPT_04	3	0	0	0	0	1 + 250,000	0,9	10,5	1	3	5	8
SD21	SP1_03	2,3	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2,5	7,5	4	6	8	12
SD21	SPT_04	2,3	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2,5	10,5	6	9	11	20
SD21	SPT_05	2,3	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2,5	12,5	7	12	11	23
SD22	SPT_02	2	0	0	3 + 000,000	0	0	3	4,5	4	4	5	9
SD22	SP1_03	2	0	0	3 + 000,000	0	0	3	7,5	3	4	4	8
SD22	SPT_04	2	0	0	3 + 000,000	0	0	3	10,5	5	6	11	14
SD23	SP1_01	2	0	0	0	575,000 / 0 + 500,0	0	2,35	1,5	2	3	3	6
SD23	SP1_02	2	0	0	0	575,000 / 0 + 500,0	0	2,35	4,5	2	2	1	3
SD23	SPT_03	2	0	0	0	575,000 / 0 + 500,0	0	2,35	7,5	2	2	3	5
SD25	SPT_02	2	0	0	1 + 275,000	0	0	7,55	5	3	4	6	10
SD25	SP1_03	2	0	0	1 + 275,000	0	0	7,55	7,5	3	4	7	11
SD28	SP1_04	3	0	0	0	0	1 + 300,000	2,85	10,2	3	5	5	10
SD28	SPT_05	3	0	0	0	0	1 + 300,000	2,85	13,5	6	9	11	22
SD29	SPT_02	2,3	0	0	0	025,000 / 0 + 100,0	1 + 725,000	3,1	5	1	3	3	6
SD29	SPT_03	2,3	0	0	0	025,000 / 0 + 100,0	1 + 725,000	3,1	7,5	3	4	3	7
SD29	SP1_04	2,3	0	0	0	025,000 / 0 + 100,0	1 + 725,000	3,1	10,5	2	4	5	9
SD30	SP1_03	2,3	0	0	2 + 725,000	0	2 + 875,000	3,75	7,5	7	5	6	11
SD30	SPT_04	2,3	0	0	2 + 725,000	0	2 + 875,000	3,75	10,5	4	6	8	14
SD32	SPT_01	2	1 + 690,000	0	0	0	0	3,5	3	2	2	3	5
SD32	SPT_02	2	1 + 690,000	0	0	0	0	3,5	6	2	3	3	6
SD35	SPT_04	2	0	0	2 + 925,000	0	0	3,75	10,5	5	6	6	12
SD35	SP1_05	2	0	0	2 + 925,000	0	0	3,75	13,5	4	6	6	10
SD38	SP1_03	2	0	0	3 + 075,000	0	0	3,15	7,5	5	7	9	16
SD38	SPT_04	2	0	0	3 + 075,000	0	0	3,15	10,5	7	9	10	19
SD38	SP1_01	2	0 + 690,000	0	0	0	0	2,35	3	2	3	3	6
SD38	SPT_02	2	0 + 690,000	0	0	0	0	2,35	6	3	4	4	8
SD38	SP1_02	2	0 + 390,000	0	0	0	0	6,2	1,8	3	4	7	11
SD38	SPT_03	2	0	0	0 + 625,000	0	0	5	9,7	3	5	6	11
51	SP1_01	2	0	0	0 + 200,00	0	0	18,5	2,7	3	4	7	11
51	SPT_02	2	0	0	0 + 200,00	0	0	18,5	6,7	2	6	9	15
52	SP1_01	2	0	0	0 + 200,00	0	0	18,7	3,3	3	5	6	11
52	SP1_02	2	0	0	0 + 200,00	0	0	18,7	6,2	2	3	5	8
53	SPT_01	2	0	0	0 + 200,00	0	0	6	4,1	2	6	9	15
53	SP1_02	2	0	0	0 + 200,00	0	0	6	6,3	2	7	9	16
54	SPT_01	2	0	0	0 + 150,000	0	0	19,5	4,4	2	3	5	8
54	SP1_02	2	0	0	0 + 150,000	0	0	19,5	9,9	3	5	8	13
55	SPT_01	2	0 + 690,000	0	0	0	0	5	2,6	6	11	19	30
55	SPT_02	2	0 + 690,000	0	0	0	0	5	4,6	6	9	13	22
56	SPT_01	2	0 + 325,000	0	0	0	0	5	2,6	4	6	6	12
56	SPT_02	2	0 + 325,000	0	0	0	0	5	5,8	5	7	10	17
SB43	SPT_01	2	0 + 450,000	0	0	0	0	10,4	3,4	3	5	7	12
SB43	SPT_02	2	0	0	0 + 500,000	0	0	7	6,3	3	3	5	8
SB44	SPT_02	2	1 + 490,000	0	0	0	0	5,4	9,2	4	6	8	14
SB45	SPT_02	2	2 + 487,300	0	0	0	0	2,3	5,9	3	4	5	9
SB47	SP1_03	2	0	0	3 + 570,000	0	0	3,6	12	5	7	9	16
51a	SP1_02	2,3	0	0	1 + 984,000	0	1 + 982,690	4,4	8	3	5	5	10
51a	SPT_03	2,3	0	0	1 + 984,000	0	1 + 982,690	4,4	9	5	9	10	19
51c	SPT_04	2,3	0	0	1 + 964,000	0	1 + 962,690	4,4	12	6	9	9	18
52c	SPT_01	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	1,5	5	8	8	16
52c	SP1_02	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	6	4	7	7	14
52c	SPT_03	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	9	6	12	15	28



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	75 di 240

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati sia campioni rimaneggiati sia campioni indisturbati (dove era maggiore il contenuto di fine), su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

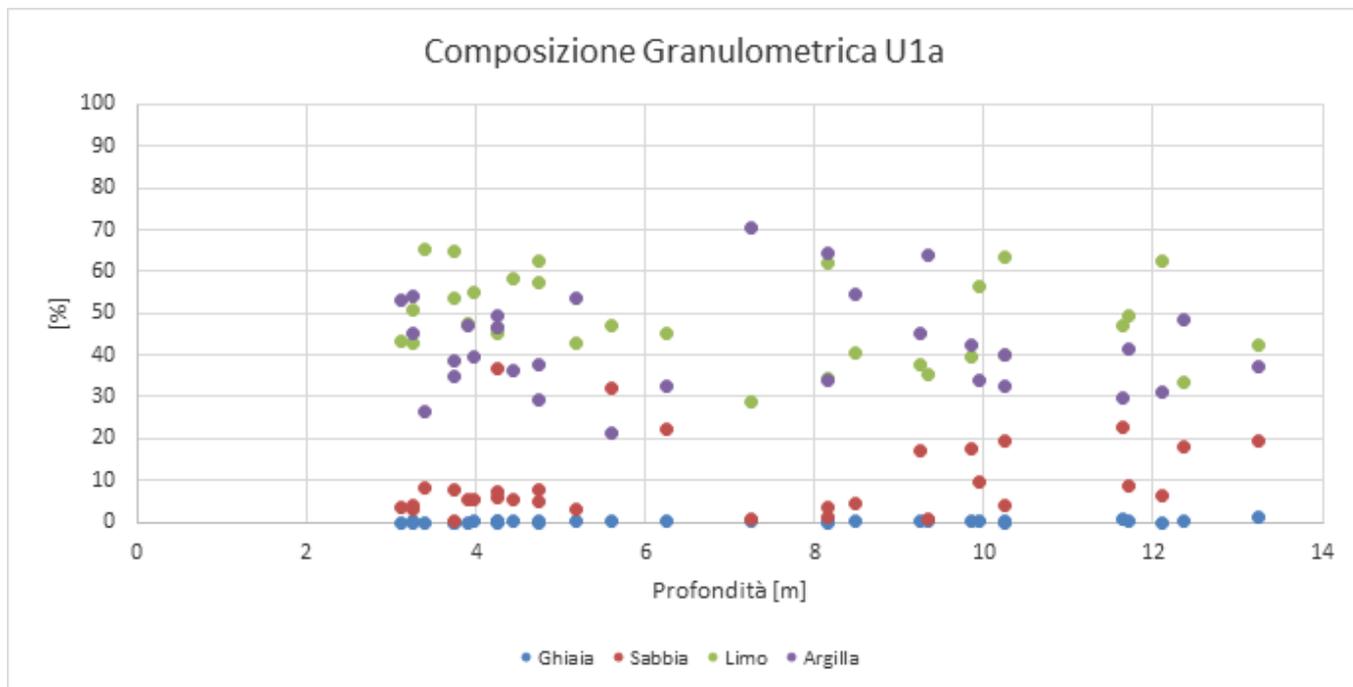
- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 1;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 0 e 42;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 58 e 99.

Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 30-67%, limite plastico 14-29% e indice plastico 9-41% (media 20%). Il contenuto naturale d'acqua è tra 12 e 36%.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 31. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U1a.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti			
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	W (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)
SD02	RC1	5	5.35	5.175	U1a	0.3	2.95	42.93	96.75	53.82	0	1.4	27.81	98.6	70.79				
SD02	RC2	9.7	10	9.85	U1a	0.12	17.62	39.68	82.26	42.58	0	13.55	31.92	86.45	54.53				
SD05	CR1	3.8	4	3.9	U1a	0	5.25	47.64	94.75	47.11	0	2.44	37.94	97.55	59.61				
SD05	CR2	5.5	5.7	5.6	U1a	0.1	31.87	46.85	68.03	21.18	0.01	27.02	40.13	72.97	32.84				
SD05	CR3	9.1	9.6	9.35	U1a	0.02	0.66	35.39	99.31	63.92	0	0.76	20.23	99.24	79.01				
SD05BIS	RC1	3	3.25	3.125	U1a	0	3.44	43.3	96.56	53.26	0	2.65	32.39	97.34	64.95				
SD05BIS	RC2	8	8.3	8.15	U1a	0	1.26	34.58	98.75	64.17	0	0.61	19.46	99.39	79.93				
SD09	CR2	8	8.3	8.15	U1a	0.06	3.68	62.12	93.62	34.14	0	1.32	50.63	98.68	48.05				
SD10	CR2	12	12.2	12.1	U1a	0	6.14	62.57	93.86	31.29	0	4.39	53.66	95.62	41.96				
SD11	C2	11.5	11.9	11.7	U1a	0.35	8.68	49.45	90.97	41.52	0	7.16	39.52	92.84	53.32	23.35	46	23	23
SD15	C1	3	3.5	3.25	U1a	0.05	2.91	43.05	97.04	53.99	0	1.34	31.58	98.66	67.08	25.07	61	31	30
SD15	C2	6	6.5	6.25	U1a	0.08	22.41	45.11	77.51	32.4	0	17.39	40.14	82.61	42.47	23.38	30	21	9
SD17	C2	13	13.5	13.25	U1a	1.08	19.26	42.42	79.66	37.24	0.37	15.65	36.84	84.01	47.17	21.3	43	23	20
SD18	CR1	8.4	8.8	8.6	U1a														
SD19	C1	4	4.5	4.25	U1a	0.08	36.64		63.58		0.03	31.16		68.81		20.28	30	21	9
SD21	C1	3	3.5	3.25	U1a	0	4.03	50.84	95.97	45.13	0	2.03	38.37	97.96	59.59	29.98	50	28	22
SD21	RC1	7	7.5	7.25	U1a	0.08	0.82	28.65	99.11	70.46	0	1.07	14.99	98.93	83.94				
SD21	C2	10	10.5	10.25	U1a														
SD22	C1	4	4.5	4.25	U1a	0.05	5.64	45.02	94.3	49.28	0	2.97	37.88	97.03	59.15	27.77	52	29	23
SD22	RC1	9.7	10	9.85	U1a														
SD23	C1	3.5	4	3.75	U1a	0	7.57	53.67	92.43	38.76	0	0.31	46.01	99.69	53.68	36.03	49	27	22
SD23	RC1	8.3	8.65	8.475	U1a	0.37	4.27	40.74	95.36	54.62	0	2.33	27.91	97.68	69.77				
SD23	C2	10	10.5	10.25	U1a	0.01	4.16	63.48	95.84	32.36	0	1.07	53.24	98.92	45.68	23.91	44	25	19
SD25	C1	4.5	5	4.75	U1a	0.02	4.94	57.26	95.05	37.79	0	2.87	42.31	97.13	54.82	26.3			
SD27	C1	3.75	4.2	3.975	U1a	0.34	5.22	54.99	94.44	39.45	0.07	2.78	41.11	97.15	56.04	27.43	63	27	36
SD28	C2	9.7	10.2	9.95	U1a	0.31	9.52	56.28	90.17	33.89	0.04	6.2	44.38	93.76	49.38	26.45	34	20	14
SD28	CR1	13	13.4	13.2	U1a														
SD29	C1	4.5	5	4.75	U1a	0	7.92	62.59	92.08	29.49	0	4.03	54.63	95.97	41.34	33.28	35	23	12
SD29	CR1	6.1	6.4	6.25	U1a	0	2.32	43.36	97.68	54.32	0	0.2	28.85	99.8	70.95				
SD29	C2	10	10.5	10.25	U1a	0.02	19.57	40.27	80.41	40.14	0	15.1	34.54	84.91	50.37	25.42	39	19	20
SD30	CR1	6.1	6.7	6.4	U1a														
SD31	C1	3	3.8	3.4	U1a	0.01	8.22	65.42	91.78	26.36	0	5.99	56.17	94.02	37.85	27.43			
SD35	CR1	11	11.4	11.2	U1a	0.02	2.49	38.35	97.49	59.14	0	0.82	27.71	99.18	71.47				
SD36	C1	3	3.5	3.25	U1a	0	41.52	33.38	58.48	25.1	0	38.27	31.24	61.73	30.49				
SD36	CR1	9.4	9.7	9.55	U1a														
SD37	C1	4.2	4.7	4.45	U1a	0.05	5.59	58.11	94.36	36.25	0	2.73	42.83	97.28	54.45	27.24	54	30	26
SD37	CR1	8.3	8.7	8.5	U1a	0.03	5.68	40.84	94.29	53.45	0	4.05	28.83	95.96	67.13				
SD39	C2	12	12.7	12.35	U1a	0.09	18.19	33.3	81.71	48.41	0	16.77	24.77	83.24	58.47	27.67	44	21	23
BH2	Cl2	11.4	11.9	11.65	U1a	0.56	22.57	46.91	76.77	29.86	0.47	20.85	41.48	78.68	37.2	26.57	39	14	25
BH7	Cl1	3.5	4	3.75	U1a	0	0.41	64.9	99.6	34.7	0	0.15	59.29	99.85	40.56	32.91	35	22	13
BH7	Cl2	9	9.5	9.25	U1a	0.25	17.15	37.52	82.59	45.07	0.18	16.9	25.66	82.92	57.26	34.43	67	26	41
PZ3	CR1	0.5	0.7	0.6	U1a	1.26	12.72		86.02		0.53	11.71		87.76		12.15	42	26	16
PZ5	CR2	2	2.2	2.1	U1a	0.03	18.15		81.82		0.02	14.15		85.82		25.86	32	22	10



**Figura 7. Composizione Granulometrica Unità U1a.**

Il peso di volume naturale ricavato dai risultati delle prove di laboratorio è compreso fra 18.7e 20.3kN/m<sup>3</sup>.

**Tabella 32. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U1a.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	peso specifico		
		da	a	media		$\gamma$	$\gamma_s$	$\gamma_d$
		(m)	(m)	(m)		(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
SD02	RC1	5	5.35	5.175	U1a			26
SD02	RC2	9.7	10	9.85	U1a			26.3
SD05	CR1	3.8	4	3.9	U1a			25.8
SD05	CR2	5.5	5.7	5.6	U1a			26.9
SD05	CR3	9.1	9.6	9.35	U1a			26.2
SD05BIS	RC1	3	3.25	3.125	U1a			26.1
SD05BIS	RC2	8	8.3	8.15	U1a			26
SD09	CR2	8	8.3	8.15	U1a			26.4
SD10	CR2	12	12.2	12.1	U1a			26
SD11	C2	11.5	11.9	11.7	U1a	20.1	16.3	26.1
SD15	C1	3	3.5	3.25	U1a	19.8	15.8	25.8
SD15	C2	6	6.5	6.25	U1a	20.3	16.4	2.6
SD17	C2	13	13.5	13.25	U1a	20.3	16.8	26.3
SD18	CR1	8.4	8.8	8.6	U1a			26.6
SD19	C1	4	4.5	4.25	U1a	19.5	16.2	26
SD21	C1	3	3.5	3.25	U1a	19.5	15	26.1
SD21	RC1	7	7.5	7.25	U1a			26
SD21	C2	10	10.5	10.25	U1a			
SD22	C1	4	4.5	4.25	U1a	19.4	15.2	26.2
SD22	RC1	9.7	10	9.85	U1a			
SD23	C1	3.5	4	3.75	U1a	18.7	13.8	26.9
SD23	RC1	8.3	8.65	8.475	U1a			26.2
SD23	C2	10	10.5	10.25	U1a	19.8	16	26
SD25	C1	4.5	5	4.75	U1a	19.3	15.3	26.1
SD27	C1	3.75	4.2	3.975	U1a	19.2	15.1	26.2
SD28	C2	9.7	10.2	9.95	U1a	19	15	26.2
SD28	CR1	13	13.4	13.2	U1a			
SD29	C1	4.5	5	4.75	U1a	18.9	14.2	26.6
SD29	CR1	6.1	6.4	6.25	U1a			
SD29	C2	10	10.5	10.25	U1a	19.6	15.6	26.5
SD30	CR1	6.1	6.7	6.4	U1a			
SD31	C1	3	3.8	3.4	U1a	19	14.9	26.3
SD35	CR1	11	11.4	11.2	U1a			25.9
SD36	C1	3	3.5	3.25	U1a			
SD36	CR1	9.4	9.7	9.55	U1a			
SD37	C1	4.2	4.7	4.45	U1a	18.7	14.7	26.5
SD39	C1	4	4.5	4.25	U1a	18.7	14.7	26
SD39	C2	12	12.7	12.35	U1a	18.5	14.5	25.9
BH2	CI2	11.4	11.9	11.65	U1a	19.4	15.3	26.5
BH7	CI1	3.5	4	3.75	U1a			
BH7	CI2	9	9.5	9.25	U1a			
PZ3	CR1	0.5	0.7	0.6	U1a			26.2
PZ5	CR2	2	2.2	2.1	U1a			26.1

Dall'andamento delle resistenze alla punta penetrometrica ( $q_c$ ) delle prove CPT si osserva, per l'unità U1a, un andamento che oscilla, da 2.0m fino a 15.0m circa da p.c., tra valori di  $q_c$  tra 0.2 e 2.0MPa, con puntemassime pari a circa 3.5.

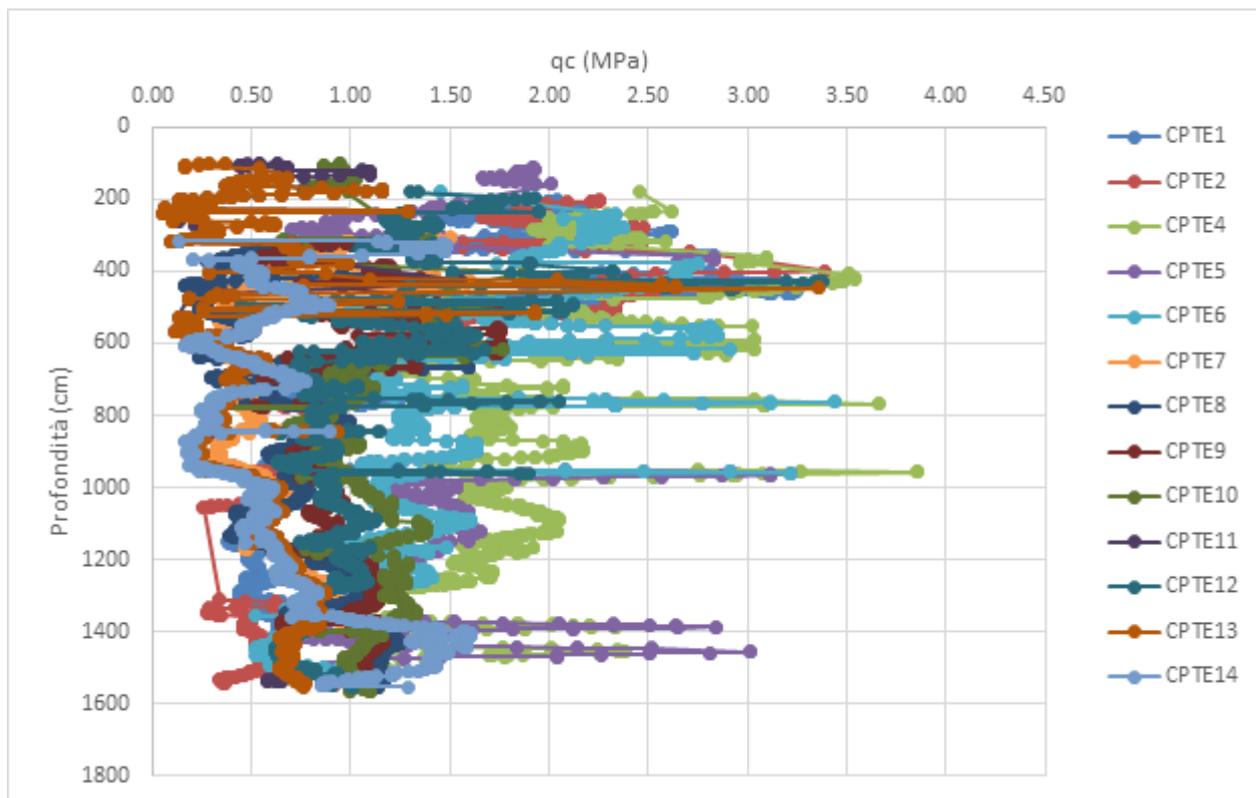


Figura 8. Andamento della resistenza alla punta ( $q_c$ ) per Unità U1a.

Il peso di volume ricavato dai valori di  $q_c$  da prove CPT varia tra  $16.0 \text{ kN/m}^3$  a  $20.0 \text{ kN/m}^3$ , il valore medio è pari a circa  $18.0 \text{ kN/m}^3$ .

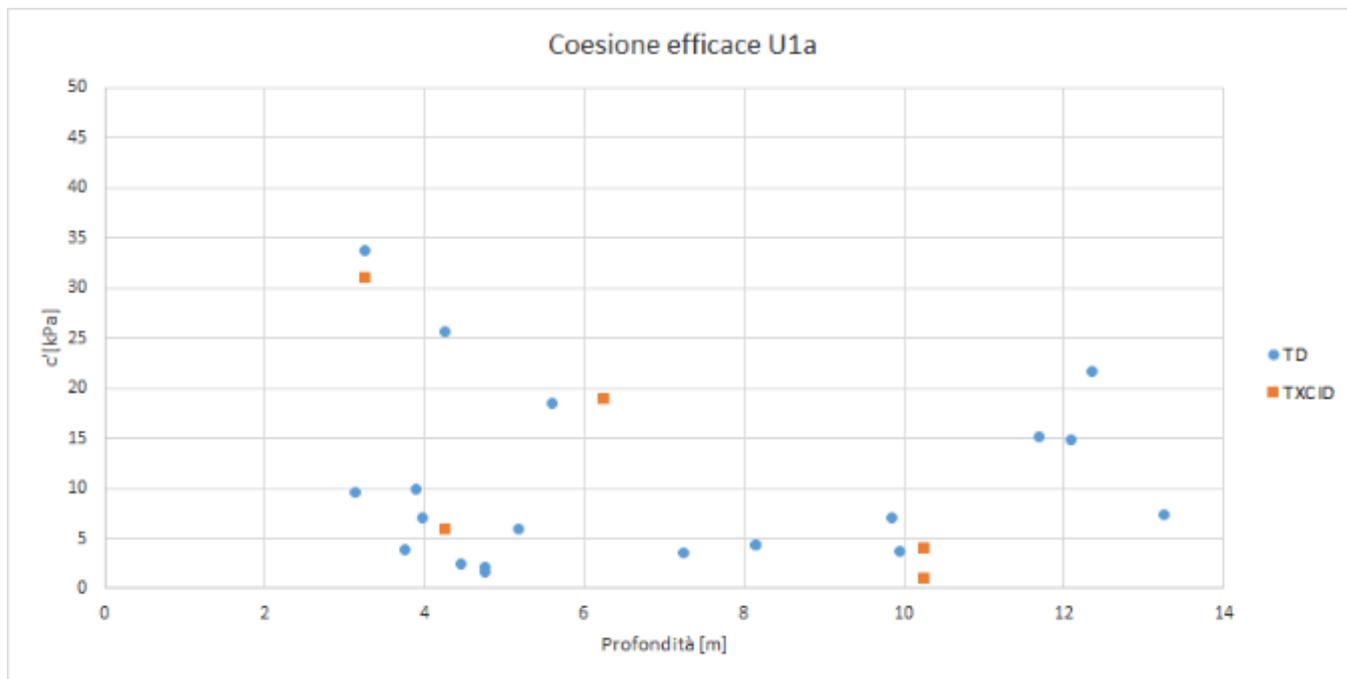
Tabella 33. Valori di  $q_c$  e stima del peso di volume per l'unità U1a.

	CPT E1			CPT E2			CPT E4			CPT E5			CPT E6			CPT E7			CPT E8		
	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
max	1500.00	3.24	19.86	1543.00	3.39	20.13	1530.00	3.86	19.89	1545.00	3.22	19.39	1498.00	3.44	19.70	1550.00	1.60	18.52	1556.00	1.59	18.26
min	206.00	0.38	16.66	206.00	0.26	16.03	234.00	0.91	16.29	114.00	0.69	16.47	242.00	0.51	12.40	310.00	0.24	16.52	323.00	0.16	14.40
media	870.79	1.05	18.11	829.44	1.10	18.41	924.07	1.83	18.57	887.44	1.43	18.08	870.66	1.46	18.25	935.69	0.68	17.53	937.75	0.72	17.18

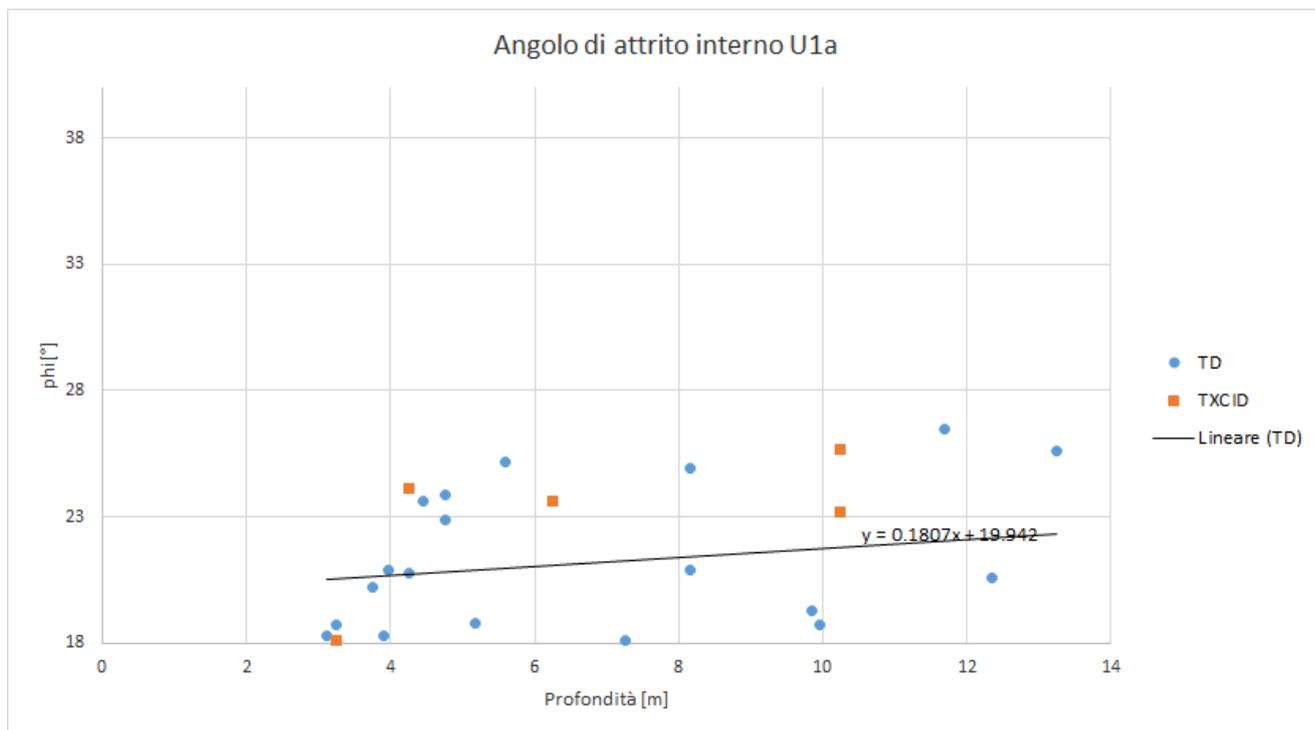
  

	CPT E9			CPT E10			CPT E11			CPT E12			CPT E13			CPT E14		
	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Profondità [cm]	$q_c$ [MPa]	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
max	1557.00	1.78	18.33	1568.00	1.93	18.56	1540.00	1.55	18.51	1499.00	3.38	19.59	1545.00	3.36	19.80	1552.00	1.61	18.99
min	317.00	0.52	16.12	104.00	0.28	15.00	102.00	0.05	14.46	196.00	0.45	16.51	102.00	0.05	15.68	317.00	0.16	16.62
media	957.60	0.99	17.76	974.87	1.06	18.08	869.01	0.54	17.68	868.35	1.05	17.94	876.07	0.57	17.12	935.02	0.69	17.87





**Figura 9. Valori della coesione efficace per Unità U1a.**



**Figura 10. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U1a.**

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, si stimano valori della coesione non drenata di 20÷115kPa (valore medio 60kPa) .

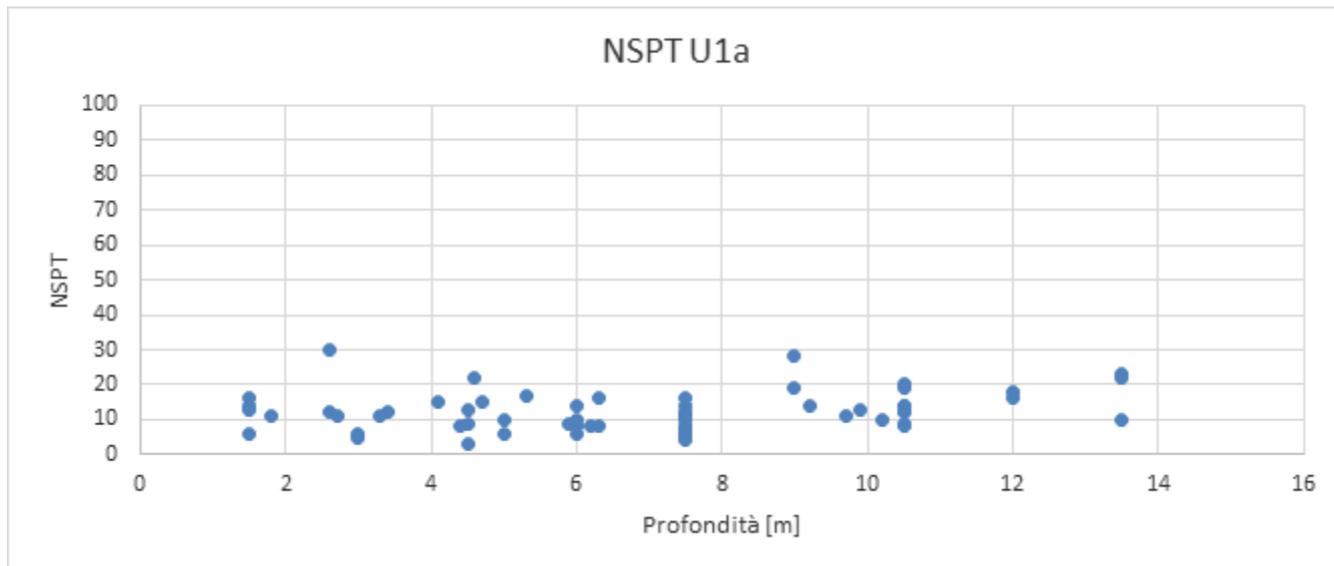


Figura 11. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U1a.

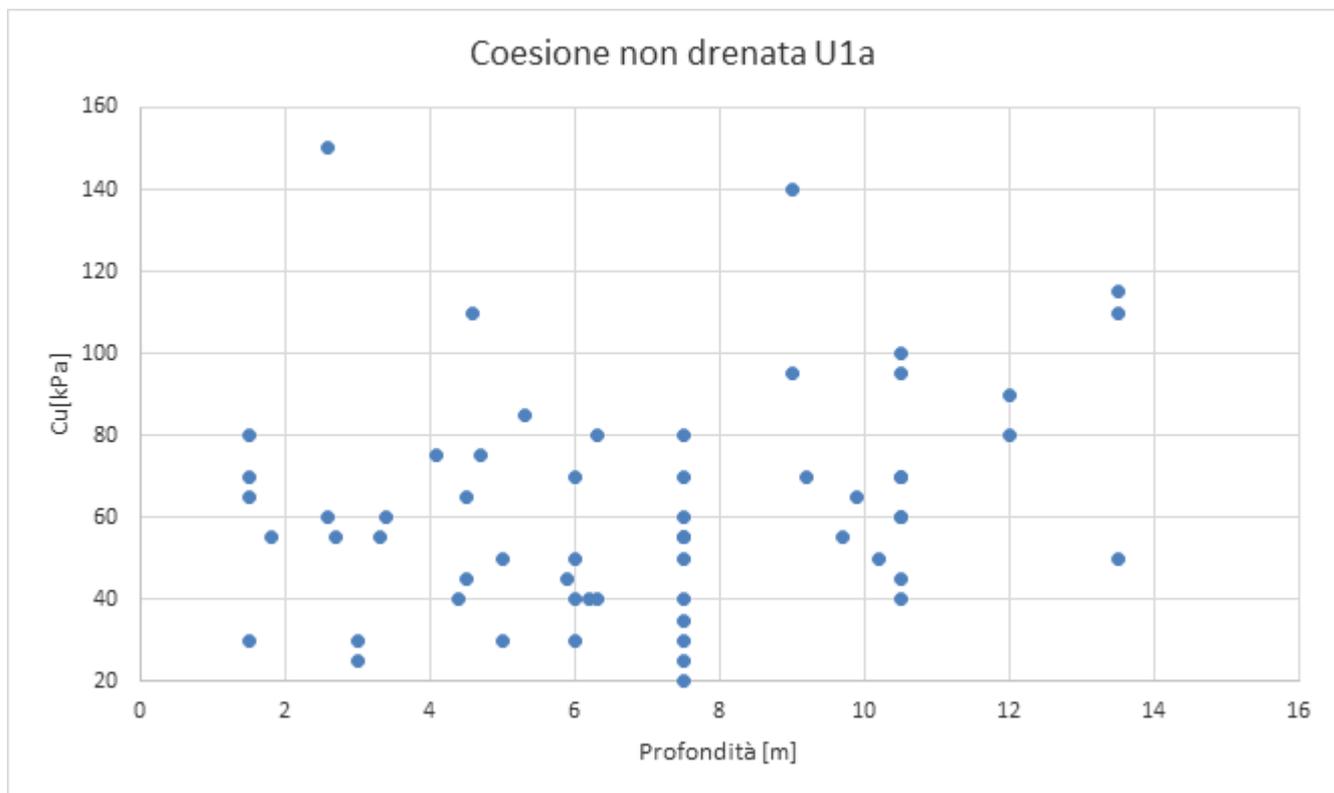


Figura 12. Valori della coesione non drenata da SPT per Unità U1a.

**Tabella 35. Stima della coesione non drenata da prove SPT sull'unità U1a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	cu		
			min	max	medio
SD04	SPT_03	2	27	33	30
SD11	SPT_01	2	59	72	65
SD13	SPT_03	2	18	22	20
SD15	SPT_01	2	63	77	70
SD15	SPT_02	2	59	72	65
SD17	SPT_03	2	63	77	70
SD17	SPT_04	2	54	66	60
SD18	SPT_03	3	45	55	50
SD18	SPT_04	3	36	44	40
SD21	SPT_03	2_3	54	66	60
SD21	SPT_04	2_3	90	110	100
SD21	SPT_05	2_3	104	127	115
SD22	SPT_02	2	41	50	45
SD22	SPT_03	2	36	44	40
SD22	SPT_04	2	63	77	70
SD23	SPT_01	2	27	33	30
SD23	SPT_02	2	14	17	15
SD23	SPT_03	2	23	28	25
SD25	SPT_02	2	45	55	50
SD25	SPT_03	2	50	61	55
SD28	SPT_04	3	45	55	50
SD28	SPT_05	3	99	121	110
SD29	SPT_02	2_3	27	33	30
SD29	SPT_03	2_3	32	39	35
SD29	SPT_04	2_3	41	50	45
SD30	SPT_03	2_3	50	61	55
SD30	SPT_04	2_3	63	77	70
SD32	SPT_01	2	23	28	25
SD32	SPT_02	2	27	33	30
SD35	SPT_04	2	54	66	60
SD35	SPT_05	2	45	55	50
SD36	SPT_03	2	72	88	80
SD36	SPT_04	2	86	105	95
SD38	SPT_01	2	27	33	30
SD38	SPT_02	2	36	44	40
SB36	SPT_01	2	50	61	55
SB38	SPT_03	2	50	61	55
S1	SPT_01	2	50	61	55
S1	SPT_02	2	68	83	75
S2	SPT_01	2	50	61	55
S2	SPT_02	2	36	44	40
S3	SPT_01	2	68	83	75
S3	SPT_02	2	72	88	80
S4	SPT_01	2	36	44	40
S4	SPT_02	2	59	72	65
S5	SPT_01	2	135	165	150
S5	SPT_02	2	99	121	110
S6	SPT_01	2	54	66	60
S6	SPT_02	2	77	94	85
SBH3	SPT_01	2	54	66	60
SBH2	SPT_02	2	36	44	40
SBH4	SPT_02	2	63	77	70
SBH5	SPT_02	2	41	50	45
SBH7	SPT_03	2	72	88	80
S1e	SPT_02	2_3	45	55	50
S1e	SPT_03	2_3	86	105	95
S1e	SPT_04	2_3	81	99	90
S2e	SPT_01	2	72	88	80
S2e	SPT_02	2	63	77	70
S2e	SPT_03	2	126	154	140



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	83 di 240

Dall'interpretazione dei risultati delle prove CPT, si stimano valori della coesione non drenata di 27÷114kPa (valore medio 58.7kPa), per l'unità U1a, in linea con i valori ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT.

**Tabella 36. Stima della coesione non drenata da prove CPT sull'unità U1a.**

	CPTE1	CPTE2	CPTE4	CPTE5	CPTE6	CPTE7	CPTE8	CPTE9	CPTE10	CPTE11	CPTE12	CPTE13	CPTE14	Totale
	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu								
	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa								
max	225.5	218.8	228.7	183.9	216.7	108.6	104.8	117.8	130.8	104.9	227.9	233.6	101.2	233.6
min	11.6	1.4	46.0	35.2	16.8	5.8	5.4	26.6	9.5	0.0	24.2	0.0	0.0	0.0
media	61.7	67.0	114.2	85.1	87.9	35.9	38.3	57.1	61.9	27.6	61.5	28.2	36.4	58.7

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al( 1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 106 m/s e 259 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 114 e 225 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 110 \div 260$  m/s;
- $G_0 = 30 \div 90$ MPa;
- $E_0 = 80 \div 260$ MPa.

**Tabella 37. Stima di  $G_0$  ed  $E_0$  da prove DH sull'unità U1a.**

DH-SD13											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_s,30$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	6	8	2	259	782	U1a		17.56	0.44	120.08	332.4
DH-SD21											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_s,30$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	5	9	4	128	1591	U1a		19.18	0.50	30.82	92.26
DH-SD23											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_s,30$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	106	245	U1a	215	16.49	0.38	18.17	50.33
2	2	6	4	144	719	U1a		17.44	0.48	35.46	104.90
DH-SD28											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_s,30$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
5	8	15	7	217	1423	U1a		18.85	0.49	87.03	259.02
DH-SD29											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_s,30$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
1	1	2	1	104	220	U1a	173	16.44	0.36	17.44	47.30
2	2	7	5	129	808	U1a		17.62	0.49	28.75	85.50
3	7	10	3	143	1265	U1a		18.53	0.49	37.16	111.00



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	85 di 240

DH-SD30											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	5	10	5	133	924	U1a		17.85	0.49	30.96	92.22
DH-SD34											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
2	3	8	5	169	745	U1a		17.49	0.47	48.99	144.31
DH-SD35											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
4	8	12	4	150	1316	U1a		18.63	0.49	41.11	122.79



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 86 di 240

**Tabella 38. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U1a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	Yoshida et al.		
				Vs	Go	Eo
				m/s	(kPa)	(kPa)
SD04	SPT_03	2	U1a	141.509	38784	100839
SD11	SPT_01	2	U1a	148.717	42836	111373
SD13	SPT_03	2	U1a	131.574	33530	87177
SD15	SPT_01	2	U1a	151.498	44453	115577
SD15	SPT_02	2	U1a	173.443	58264	151486
SD17	SPT_03	2	U1a	185.446	66607	173178
SD17	SPT_04	2	U1a	183.546	65249	169648
SD18	SPT_03	3	U1a	159.922	49534	128788
SD18	SPT_04	3	U1a	157.783	48218	125366
SD21	SPT_03	2_3	U1a	171.890	57225	148785
SD21	SPT_04	2_3	U1a	202.435	79370	206361
SD21	SPT_05	2_3	U1a	215.698	90110	234287
SD22	SPT_02	2	U1a	153.994	45929	119416
SD22	SPT_03	2	U1a	156.469	47418	123287
SD22	SPT_04	2	U1a	186.231	67172	174647
SD23	SPT_01	2	U1a	122.578	29101	75663
SD23	SPT_02	2	U1a	114.924	25580	66509
SD23	SPT_03	2	U1a	137.358	36542	95009
SD25	SPT_02	2	U1a	164.846	52631	136840
SD25	SPT_03	2	U1a	178.681	61836	160774
SD28	SPT_04	3	U1a	169.986	55964	145508
SD28	SPT_05	3	U1a	213.618	88382	229792
SD29	SPT_02	2_3	U1a	140.620	38298	99576
SD29	SPT_03	2_3	U1a	151.549	44482	115654
SD29	SPT_04	2_3	U1a	166.942	53978	140343
SD30	SPT_03	2_3	U1a	171.203	56768	147598
SD30	SPT_04	2_3	U1a	187.762	68281	177531
SD32	SPT_01	2	U1a	129.051	32256	83865
SD32	SPT_02	2	U1a	143.763	40030	104077
SD35	SPT_04	2	U1a	180.664	63216	164362
SD35	SPT_05	2	U1a	177.171	60795	158067
SD36	SPT_03	2	U1a	186.473	67346	175101
SD36	SPT_04	2	U1a	201.343	78516	204141
SD38	SPT_01	2	U1a	134.903	35247	91643
SD38	SPT_02	2	U1a	153.110	45404	118050
SB36	SPT_01	2	U1a	146.321	41467	107814
SB38	SPT_03	2	U1a	177.753	61196	159109
S1	SPT_01	2	U1a	154.868	46452	120776
S1	SPT_02	2	U1a	180.858	63352	164715
S2	SPT_01	2	U1a	159.280	49137	127756
S2	SPT_02	2	U1a	160.668	49997	129992
S3	SPT_01	2	U1a	177.433	60975	158535
S3	SPT_02	2	U1a	190.817	70521	183354
S4	SPT_01	2	U1a	153.136	45419	118090
S4	SPT_02	2	U1a	193.685	72657	188908
S5	SPT_01	2	U1a	197.969	75907	197358
S5	SPT_02	2	U1a	198.433	76263	198283
S6	SPT_01	2	U1a	157.439	48008	124820
S6	SPT_02	2	U1a	188.970	69163	179823
SBH3	SPT_01	2	U1a	163.465	51753	134557
SBH2	SPT_02	2	U1a	161.028	50221	130575
SBH4	SPT_02	2	U1a	188.704	68968	179316
SBH5	SPT_02	2	U1a	155.651	46923	122000
SBH7	SPT_03	2	U1a	192.444	71729	186495
S1e	SPT_02	2_3	U1a	165.565	53091	138036
S1e	SPT_03	2_3	U1a	201.118	78341	203686
S1e	SPT_04	2_3	U1a	203.926	80543	209412
S2e	SPT_01	2	U1a	156.641	47522	123557
S2e	SPT_02	2	U1a	183.948	65535	170391
S2e	SPT_03	2	U1a	225.583	98559	256254
			<b>min</b>	<b>114.924</b>	<b>25580</b>	<b>66509</b>
			<b>max</b>	<b>225.583</b>	<b>98559</b>	<b>256254</b>
			<b>media</b>	<b>171.591</b>	<b>58097</b>	<b>151053</b>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	87 di 240

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $3.6E^{-08}$  m/s e  $2.8 E^{-06}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $7 E^{-07}$  m/s.

**Tabella 39. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U1a.**

Sondaggio	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda (m da p.c.)	Unità	Permeabi (m/s)	Data prova
							Tetto	Letto	Media				
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	7	7.5	7.25	-	U1a	7.00E-07	26/03/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	10	10.5	10.25	-	U1a	1.40E-07	16/04/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	-	U1a	9.10E-08	14/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	6.5	7	6.75	-	U1a	5.00E-07	29/03/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	-	U1a	1.90E-07	03/04/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	4	4.5	4.25	-	U1a	3.20E-07	27/02/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	5	5.5	5.25	-	U1a	4.90E-07	04/03/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	10.5	11	10.75	-	U1a	7.80E-07	06/03/2019
SD19	0	0	0	0	0 + 475,000	3	9	9.5	9.25	-	U1a	9.00E-08	11/03/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	5.5	6	5.75	-	U1a	5.30E-07	02/04/2019
SD24	0	0	0	975,000 / 0 + 900,000	0	2	7.5	8	7.75	-	U1a	5.00E-06	17/04/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	7.5	8	7.75	-8	U1a	4,3-07	20/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	7	7.5	7.25	-7.5	U1a	2.80E-06	31/05/2019
SD34	0	0	0	0	0 + 900,00	3	7	7.5	7.25	-7.5	U1a	4.90E-08	22/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	9	9.5	9.25	-9.5	U1a	8.50E-08	22/05/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	9	9.5	9.25	-4	U1a	4.60E-07	24/06/2019
SD39	0	0	3 + 350,000	0	0	2	10	10.5	10.25	-10.5	U1a	3.60E-08	27/06/2019
												k=	7.66E-07

Nei campioni con una percentuale maggiore di fine sono state eseguite prove edometriche dalle quali sono state definite le seguenti caratteristiche di consolidazione, modulo edometrico Eed, coefficiente di consolidazione verticale Cv e permeabilità k.

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	prova edometrica			
		da (m)	a (m)	media (m)		Eed (kPa)	Cv (cm <sup>2</sup> /s)	K (cm/s)	Press (kPa)
SD17	C2	13	13.5	13.25	U1a	6356	3.50E-04	5.41E-09	400
SD19	C1	4	4.5	4.25	U1a	2694	8.90E-04	3.24E-08	100
SD22	C1	4	4.5	4.25	U1a	4219	0.000171	3.98E-09	50
SD31	C1	3	3.8	3.4	U1a	2276	1.65E-04	7.13E-09	100
BH7	CI2	9	9.5	9.25	U1a	4342	1.12E-04	2.54E-09	200



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	88 di 240

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi dei risultati per l'unità U1a

L'intervallo dei valori per il peso di volume è stato definito considerando come prioritari i risultati da prove di laboratorio che restituiscono valori compresi tra 18.7 e 20.0 kN/m<sup>3</sup> rispetto ai valori da correlazioni da prove in sito che danno valori inferiori. Vista la tipologia del terreno alluvionale e volendo definire un peso di volume crescente con la profondità, si assume per questa unità, U1a, il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio:

$$\varphi' = 18 \div 26.5^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TD}$$

$$\varphi' = 18 \div 35^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TxCID}$$

Si assume quindi per l'unità U1a, trascurando i valori minimi non significativi e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a 23°, il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 20 \div 26^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Per la coesione drenata si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio dalle quali si riscontra una variabilità tra 4÷33 kPa. Si assume, trascurando i valori massimi e minimi poco significativi, il seguente intervallo di valori della coesione drenata:

$$c' = 10 \div 20 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

Per la coesione non drenata si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio e in sito:

$$c_u = 50 \div 104 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove di laboratorio}$$

$$c_u = 20 \div 115 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove SPT}$$

$$c_u = 27 \div 114 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove CPT}$$

Si assume quindi per l'unità U1a, dando priorità ai valori da prove in sito per definire il limite inferiore di intervallo, il seguente range di valori di coesione non drenata:

$$c_u = 40 \div 100 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 100 m/s e 190 m/s, in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra 110 e 210 m/s. Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 110 \div 260 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 30 \div 90 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 80 \div 260 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 89 di 240

## 7.7 UNITÀ U2 – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN2

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con locali ciottoli e ghiaie poligeniche dasub-arrotondate ad arrotondate; si rinvencono livelli di limi argillosi grigi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa di colore grigio:

In corrispondenza di questa unità sono disponibili prove SPT che hanno dato valori compresi fra 4 e 56 colpi/30 cm, ad indicare un variabile addensamento (Figura 16).

Tabella 40. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U2.

Stazione	Prova	Lotto	Progressiva					Fonda (m)	Profondità (m)	Numero colpi		N <sub>60</sub>		
			AVVIA BENTONITATO PALERMO-CATANIA	AVVIA BENTONITATO FONTANAROSSA	BENTONITATO CATANIA-SIRACUSA	BENTONITATO CATANIA-SIRACUSA	BENTONITATO CATANIA-SIRACUSA			Media	Min		Max	
			(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(m)	(m)					
SD04	SPT_05	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1,2	13,5	0	11	13	24	
SD04	SPT_06	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1,2	19,5	19	-	-	100	
SD04	SPT_07	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1,2	13,5	23	-	-	100	
SD04	SPT_08	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1,2	22,5	18	22	26	48	
SD07	SPT_09	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3,1	10,5	6	12	12	25	
SD11	SPT_05	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5,9	14,5	2	5	9	14	
SD11	SPT_07	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5,9	10,5	2	4	8	22	
SD11	SPT_08	2	1 + 775,000	0	0	0	0	3	10,5	15	16	8	24	
SD11	SPT_09	2	1 + 775,000	0	0	0	0	3	10,5	5	9	14	22	
SD11	SPT_08	2	1 + 775,000	0	0	0	0	3	20,5	6	10	15	25	
SD17	SPT_05	2	0	0	0 + 525,000	0	0	2,35	14,5	4	7	10	22	
SD17	SPT_10	2	0	0	0 + 525,000	0	0	5,13	27,5	7	9	9	18	
SD18	SPT_06	2	0	0	0	0	1 + 250,000	0,0	18,5	2	4	10	14	
SD18	SPT_07	2	0	0	0	0	1 + 250,000	0,9	19,5	2	3	6	9	
SD18	SPT_08	2	0	0	0	0	1 + 250,000	0,0	22,5	4	8	12	20	
SD18	SPT_09	2	0	0	0	0	1 + 250,000	0,9	25,5	6	11	16	27	
SD19	SPT_09	2	0	0	0	0	0 + 475,000	2,89	25,5	10	13	17	25	
SD29	SPT_10	2	0	0	0	0	0 + 475,000	2,89	48,5	8	12	12	22	
SD22	SPT_05	2	0	0	3 + 000,000	0	0	5	14,5	1	2	3	5	
SD22	SPT_08	2	0	0	3 + 000,000	0	0	3	22,5	2	3	2	5	
SD24	SPT_09	2	0	0	0	0	0 + 975,000 / 0 + 900,0	0	2,15	16	25	81	56	
SD24	SPT_06	2	0	0	0	0	0 + 975,000 / 0 + 900,0	0	0,45	10,5	2	4	6	10
SD24	SPT_07	2	0	0	0	0	0 + 975,000 / 0 + 900,0	0	0,45	10,5	4	8	8	22
SD24	SPT_08	2	0	0	0	0	0 + 975,000 / 0 + 900,0	0	0,45	20,5	8	11	16	27
SD25	SPT_04	2	0	0	1 + 275,000	0	0	7,29	20,5	3	3	3	10	
SD25	SPT_05	2	0	0	1 + 275,000	0	0	7,29	13,5	3	4	4	8	
SD25	SPT_08	2	0	0	1 + 275,000	0	0	7,29	29,5	2	4	3	9	
SD26	SPT_05	2	0	0	0	0	0 + 375,000	5,4	13,5	4	8	8	12	
SD26	SPT_06	2	0	0	0	0	0 + 375,000	9,4	19,5	8	4	5	9	
SD26	SPT_09	2	0	0	0	0	0 + 375,000	5,4	25,5	4	8	5	17	
SD27	SPT_07	2	0	0	0	0	0 + 550,000	6,1	20,5	2	2	4	6	
SD28	SPT_06	2	0	0	0	0	1 + 100,000	2,45	10,5	4	6	9	15	
SD28	SPT_07	2	0	0	0	0	1 + 200,000	2,45	19,4	3	5	8	14	
SD28	SPT_08	2	0	0	0	0	1 + 100,000	2,45	20,5	6	9	12	22	
SD29	SPT_05	2,5	0	0	0	0	0 + 250,000 / 0 + 100,0	3,1	14,5	3	3	4	9	
SD29	SPT_06	2,1	0	0	0	0	0 + 250,000 / 0 + 100,0	1 + 725,000	3,1	10,5	4	8	14	
SD30	SPT_05	2,5	0	0	2 + 725,000	0	2 + 925,000	8,75	14,5	4	6	6	12	
SD30	SPT_08	2,1	0	0	2 + 725,000	0	2 + 825,000	1,75	18,5	5	7	9	16	
SD32	SPT_05	2	1 + 650,000	0	0	0	0	8,5	15	2	4	4	8	
SD32	SPT_08	2	0	0	0	0	1 + 200,00	2,35	10,4	5	8	11	17	
SD34	SPT_05	2	0	0	0	0	1 + 200,00	2,45	14,5	4	7	9	16	
SD34	SPT_08	2	0	0	0	0	1 + 200,00	2,35	16,4	3	5	8	14	
SD34	SPT_09	2	0	0	0	0	0 + 900,00	1,55	14,2	4	4	6	10	
SD34	SPT_06	2	0	0	0	0	0 + 300,00	2,35	20,5	2	4	3	9	
SD35	SPT_08	2	0	0	3 + 025,000	0	0	1,75	20,5	10	12	14	26	
SD35	SPT_09	2	0	0	2 + 525,000	0	0	2,75	29,5	12	14	18	32	
SD36	SPT_02	2	0	0	8 + 075,000	0	0	8,15	19,8	8	6	7	13	
SD36	SPT_08	2	0	0	3 + 075,000	0	0	2,15	22,5	4	4	5	12	
SD37	SPT_08	2	0	0	0	0	0 + 075,000 / 1 + 150,0	0	6	4	6	8	14	
SD37	SPT_09	2	0	0	0	0	0 + 075,000 / 1 + 150,0	0	8	2	4	5	10	
SD37	SPT_05	2	0	0	0	0	0 + 075,000 / 1 + 150,0	0	6	15	4	4	10	
SD37	SPT_06	2	0	0	0	0	0 + 075,000 / 1 + 150,0	0	8	2	3	5	9	
SD37	SPT_08	2	0	0	0	0	0 + 075,000 / 1 + 150,0	0	6	24,0	7	7	11	18
SD38	SPT_08	2	0 + 850,000	0	0	0	0	2,35	22	1	2	2	4	
SD39	SPT_05	2	0	0	1 + 350,000	0	0	4	13,5	1	2	3	6	
SD39	SPT_07	2	0 + 550,000	0	0	0	0	6,2	25,7	21	22	48	70	
SD38	SPT_04	2	0	0	0 + 625,000	0	0	5	18,7	4	5	8	13	
SD38	SPT_05	2	0	0	0 + 625,000	0	0	8	18,2	5	12	16	20	
SD42	SPT_08	2	0	0	0 + 550,000	0	0	7	11,4	7	11	16	27	
SD42	SPT_09	2	0	0	0 + 550,000	0	0	7	18,2	6	8	8	14	
SD42	SPT_05	2	0	0	0 + 550,000	0	0	7	27	7	9	14	23	
SD44	SPT_04	2	1 + 400,000	0	0	0	0	5,4	28	4	7	12	23	
SD45	SPT_03	2	2 + 400,000	0	0	0	0	2,3	11,6	3	5	7	17	
SD0	SPT_05	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	19,5	4	6	10	23	
SD0	SPT_06	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	18	2	4	5	9	
SD0	SPT_07	2	0	0	3 + 000,000	0	0	6,1	21	4	7	9	16	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 90 di 240

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati sia campioni rimaneggiati sia campioni indisturbati (dove era maggiore il contenuto di fine), su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 45;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 3 e 72;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 21 e 98.

Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 25-39%, limite plastico 19-29% e indice plastico 4-16%. Il contenuto naturale d'acqua è tra 16 e 28%.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 41. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U2.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti					
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	W (%)	WI (%)	Wp (%)	Ip (%)		
SD02	RC3	19.6	19.8	19.7	U2	41.89	34.8		23.31		29.96	45.68		24.37							
SD04	CR2	12.7	13	12.85	U2	14.64	44.61	27.34	40.75	13.41	9.34	47.25	21.51	43.41	21.9						
SD04	CR3	18	18.25	18.125	U2	0.98	51.34	31.21	47.68	16.47	0.4	46	26.69	53.59	26.9						
SD04	CR4	20	20.25	20.125	U2	32.35	42.23	18.09	25.42	7.33	22.35	50.56	14.91	27.09	12.18						
SD05	CR6	23.4	23.6	23.5	U2	0.02	95.04		4.95			94.55		5.45							
SD05	CR9	41.2	41.4	41.3	U2	2.56	42.26	38.29	55.18	16.89	1.2	39.92	30.23	58.88	28.65						
SD05BIS	RC4	16.6	16.8	16.7	U2	1.6	44.59	29.3	53.82	24.52	0.24	44.24	21.66	55.52	33.86						
SD07	CR2	12	12.3	12.15	U2	5.91	45.5	26.05	48.59	22.54	3.45	42.49	25.08	54.07	28.99						
SD07	CR3	14.1	14.55	14.325	U2	2.52	53.36	29.09	44.11	15.02	0.96	49.87	23.89	49.18	25.29						
SD09	CR4	19	19.2	19.1	U2	12.05	39.96	26.26	47.99	21.73	6.83	41.76	22.66	51.41	28.75						
SD09	CR5	21.7	22	21.85	U2	1.97	64.5	21.75	33.54	11.79	0.2	62.37	19.99	37.43	17.44						
SD11	C3	20.5	20.9	20.7	U2	3.04	52.32	27.24	44.64	17.4	0.26	53.64	19.22	46.1	26.88	18.2	33	23	10		
SD13	RC1	9.65	10	9.825	U2	23.28	41.54	20.93	35.18	14.25	18.48	44.08	18.78	37.44	18.66						
SD13	RC3	26.5	26.7	26.6	U2	10.08	49.69	33.28	40.24	6.96	2.49	50.7	34.1	46.8	12.7						
SD14	CR3	17.3	17.6	17.45	U2	2.13	31.88	39.77	65.99	26.22	0.7	31.51	27.41	67.79	40.38						
SD15	RC4	27.6	28.1	27.85	U2	2.85	35.65	35.96	61.5	25.54	1.24	35.72	27.54	63.04	35.5						
SD17	C3	30	30.5	30.25	U2	5.73	46.94	37.68	47.33	9.65	4.81	42.47	34.72	52.72	18	17.96	25	19	6		
SD18	C2	14.1	14.6	14.35	U2	1.26	77.78	16.22	20.96	4.74	0.49	77.74	14.05	21.77	7.72	16.85					
SD18	CR3	25	25.3	25.15	U2																
SD18	CR4	37	37.35	37.175	U2	0.05	61.6	22.22	38.34	16.12	0	60.06	18.55	39.94	21.39						
SD19	RC2	29.5	30	29.75	U2	1.48	55.51		43.01		0.61	53.38		46.01							
SD19	RC3	39.15	39.65	39.4	U2	12.06	46.18		41.77		4.14	52.24		43.62							
SD23	RC3	31	31.3	31.15	U2	1.5	62.13	21.08	36.38	15.3	0.77	61.45	15.55	37.77	22.22						
SD23	RC4	49	49.5	49.25	U2																
SD24	C2	15	15.5	15.25	U2	0.3	39.44	35.74	60.27	24.53	0	37.82	31.29	62.18	30.89	27.09	32	21	11		
SD24	C3	20.5	21	20.75	U2	3	30.2	39.54	66.8	27.26	0.51	25.72	34.85	73.78	38.93	25.8	49	25	24		
SD24	CR2	23.25	23.55	23.4	U2	3.7	58.47	30.94	37.83	6.89	2.34	54.79	29.87	42.87	13						
SD25	CR1	11.5	11.8	11.65	U2																
SD25	CR2	16.2	16.5	16.35	U2	1.13	27.88	42.55	70.99	28.44	0.58	26.23	38.36	73.19	34.83						
SD25	C3	23.5	24	23.75	U2	1.47	32.97	40.75	65.55	24.8	0.4	29.36	33.27	70.24	36.97	20.76	39	23	16		
SD25	CR3	49.7	50	49.85	U2	0.06	10.3	41.06	89.63	48.57	0	9.39	35.13	90.62	55.49						
SD26	CR2	27.6	28	27.8	U2	2.59	53.03	27.7	44.38	16.68	1.46	47.66	29.68	50.89	21.21						
SD27	C2	15	15.4	15.2	U2	3.42	44.14	30.86	52.45	21.59	1.94	41.59	29.14	56.47	27.33	15.5	30	19	11		
SD27	CR3	25	25.35	25.175	U2	5.59	40.81	39.55	53.61	14.06	4.75	37.24	33.67	58.01	24.34						
SD28	CR3	29.6	30	29.8	U2	0.6	74.99	17.31	24.41	7.1	0.36	74.48	12.78	25.16	12.38						



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	91 di 240

SD30	CR2	11.3	11.6	11.45	U2														
SD30	C3	32.5	33	32.75	U2	11.33	39.12	28.83	49.55	20.72	8.62	34.72	27.77	56.66	28.89	19.78	35	16	19
SD31	C2	22.2	22.7	22.45	U2	1.03	33.44	43.37	65.52	22.15	0	26.96	43.38	73.04	29.66	16.08	34	21	13
SD31	C3	34.5	35	34.75	U2	0.02	92.26		7.73		0	91.61		8.39		19.56			
SD31	CR2	42.6	43	42.8	U2														
SD31	CR3	49.5	50	49.75	U2	0.03	77.6	17.29	65.52	5.08	0	73.46	18.02	73.04	8.52				
SD33	C2	16	16.4	16.2	U2	1.93	16.44	61.52	81.64	20.12	0.98	11.98	59.32	87.04	27.72	28.86	33	22	11
SD33	CR3	37	37.4	37.2	U2	13.46	31.81	28.23	54.73	26.5	11.19	32.61	20.33	56.19	35.86				
SD34	C2	12	12.7	12.35	U2	1.95	48.42	31	49.63	18.63	1.59	46.63	28.81	51.77	22.96	20.13			
SD34	CR2	17.1	17.4	17.25	U2	0.3	24.49	52.12	75.21	23.09	0.16	19.85	44.92	80	35.08				
SD36	C2	14	14.5	14.25	U2	1.57	42.74	34.78	55.69	20.91	0.24	38.06	34.39	61.71	27.32	21.61	29	19	10
SD37	CR2	17	17.4	17.2	U2	0.18	2.09	34.83	97.74	62.91	0	1.88	21.71	97.71	76				
SD37	C3	23	23.5	23.25	U2	5.62	34.34	30.65	60.04	29.39	3.02	34.19	23.45	62.78	39.33	25	38	24	14
SD37	CR3	28	28.4	28.2	U2	3.36	28.94	41.35	67.7	26.35	1.65	28.11	34.18	70.24	36.06				
SD40	C2	10	10.5	10.25	U2	3.63	35.59	30.81	60.78	29.97	1.61	32.4	28.4	66	37.6	23.18			
SD40	CR2	17.7	18	17.85	U2														
BH2	CR6	17	17.3	17.15	U2	18.03	37.7	34.51	46.28	11.77	11.78	38.33	30.1	49.89	19.79				
BH2	CR7	17.9	18.2	18.05	U2	14.51	44.49	32.21	40.99	8.78	11.86	41.29	33.38	46.85	13.47				
BH2	CR9	24	24.3	24.15	U2	2.4	36.34	50.4	61.26	10.86	0.78	36.38	36.93	62.84	25.91				
BH2	CR11	29.5	29.8	29.65	U2	19.8	58.28	15.9	21.94	6.04	16.11	61.14	12.97	22.74	9.77				
BH3	CR2	22.7	23	22.85	U2	2.34	71.69	23.5	25.97	2.47	0.08	72.71	21.17	27.22	6.05				
BH4	CI2	11.5	12	11.75	U2	0	36.19	47.03	63.8	16.77	0	31.47	48.37	68.54	20.17	22.27	27	22	5
BH4	CR3	20	20.3	20.15	U2	8.1	48.97	37.07	42.92	5.85	4.77	49.62	32.51	45.62	13.11				
BH5	CI2	9	9.5	9.25	U2	32.79	34.95	29.65	32.26	2.61	15.8	51.13	27.16	33.06	5.9	24.71	33	29	4
BH5	CR3	11.3	11.6	11.45	U2	3.33	59.31	36.34	37.35	1.01	2.29	58.59	35.95	39.13	3.18				
BH5	CR4	14	14.3	14.15	U2	0.26	67.41	23.76	32.33	8.57	0.08	64.35	23.11	35.57	12.46				
BH5	CR6	29.4	24.7	27.05	U2	17.23	54.88	15.29	27.88	12.59	14.76	55.99	13.73	29.25	15.52				

(\*) segue da pagina precedente.

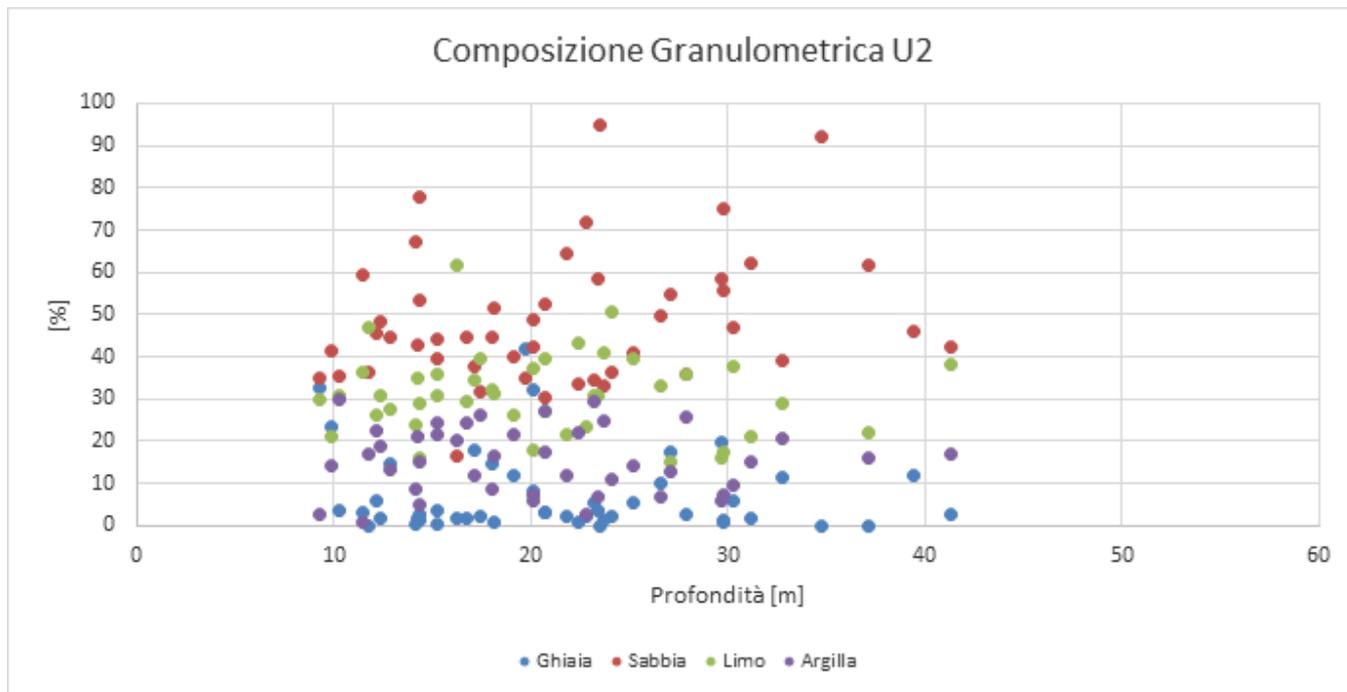


Figura 13. Composizione Granulometrica Unità U2.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

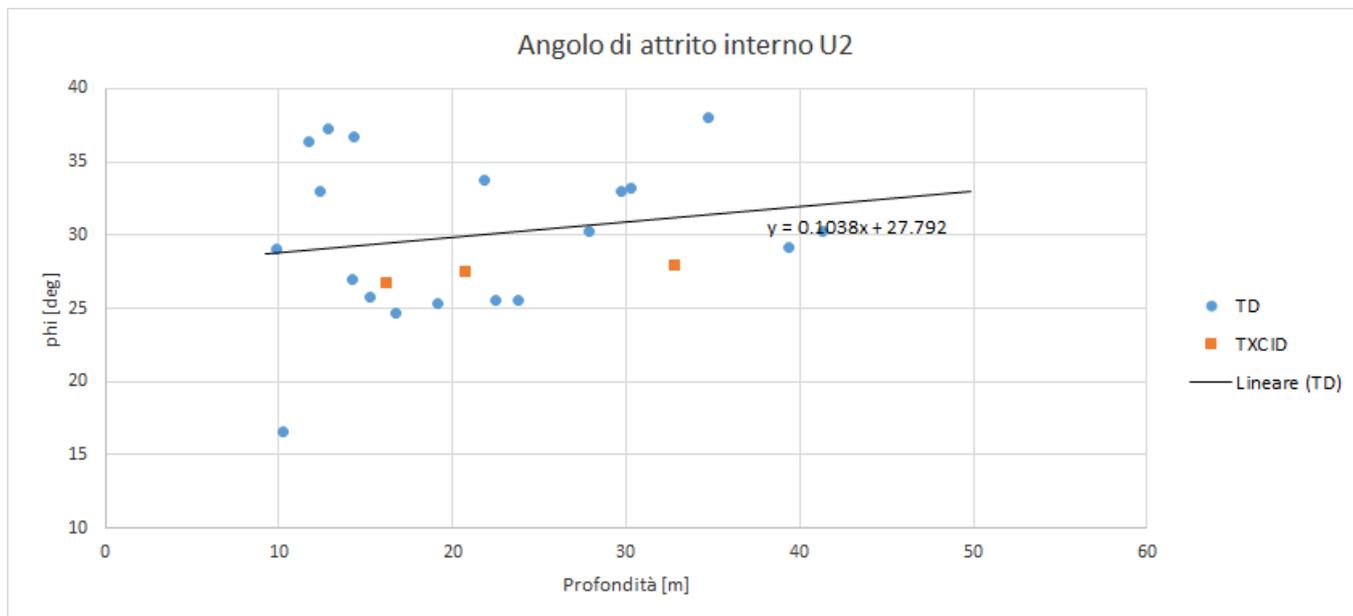
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	92 di 240

Il peso di volume naturale ricavato dai risultati delle prove di laboratorio è compreso fra 18.8 e 21.0kN/m<sup>3</sup>.

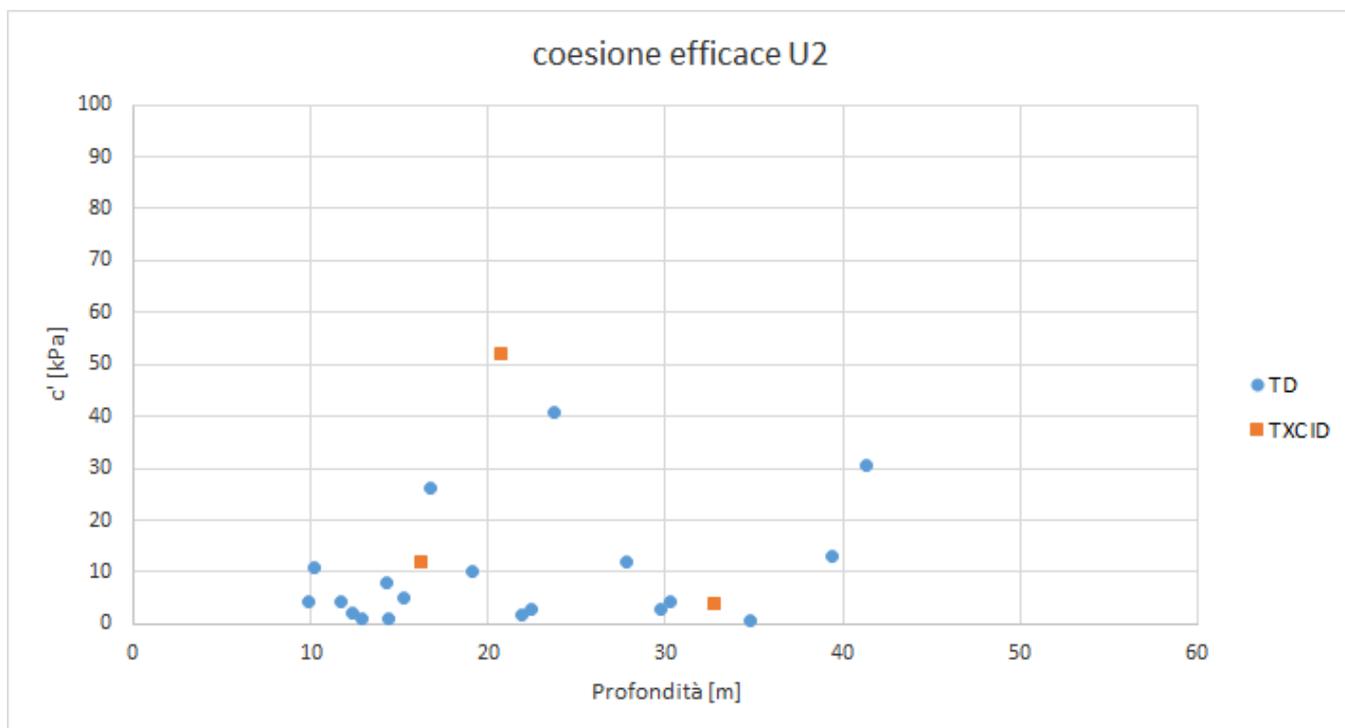
**Tabella 42. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U2.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	peso specifico		
		da (m)	a (m)	media (m)		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
SD02	RC3	19.6	19.8	19.7	U2			27.5
SD04	CR2	12.7	13	12.85	U2			26.1
SD04	CR3	18	18.25	18.125	U2			26
SD04	CR4	20	20.25	20.125	U2			26.3
SD05	CR6	23.4	23.6	23.5	U2			
SD05	CR9	41.2	41.4	41.3	U2			26.2
SD05BIS	RC4	16.6	16.8	16.7	U2			26
SD07	CR2	12	12.3	12.15	U2			25.7
SD07	CR3	14.1	14.55	14.325	U2			25.9
SD09	CR4	19	19.2	19.1	U2			26.8
SD09	CR5	21.7	22	21.85	U2			26
SD11	C3	20.5	20.9	20.7	U2	20.9	17.6	26
SD13	RC1	9.65	10	9.825	U2			25.7
SD13	RC3	26.5	26.7	26.6	U2			26.4
SD14	CR3	17.3	17.6	17.45	U2			26.3
SD15	RC4	27.6	28.1	27.85	U2			26.4
SD17	C3	30	30.5	30.25	U2	18.8	15.9	25.9
SD18	C2	14.1	14.6	14.35	U2	20.2	17.3	26.4
SD18	CR3	25	25.3	25.15	U2			
SD18	CR4	37	37.35	37.175	U2			26.6
SD19	RC2	29.5	30	29.75	U2			26.1
SD19	RC3	39.15	39.65	39.4	U2			26
SD23	RC3	31	31.3	31.15	U2			26.4
SD23	RC4	49	49.5	49.25	U2			
SD24	C2	15	15.5	15.25	U2	18.7	14.7	26
SD24	C3	20.5	21	20.75	U2	19.4	15.4	26.2
SD24	CR2	23.25	23.55	23.4	U2			26.3
SD25	CR1	11.5	11.8	11.65	U2			
SD25	CR2	16.2	16.5	16.35	U2			
SD25	C3	23.5	24	23.75	U2	20.8	17.2	26.8
SD25	CR3	49.7	50	49.85	U2			26.8
SD26	CR2	27.6	28	27.8	U2			
SD27	C2	15	15.4	15.2	U2	20.3	17.6	25.9
SD27	CR3	25	25.35	25.175	U2			
SD28	CR3	29.6	30	29.8	U2			26.8
SD30	CR2	11.3	11.6	11.45	U2			
SD30	C3	32.5	33	32.75	U2	20.1	16.8	26.5
SD31	C2	22.2	22.7	22.45	U2	19.6	16.9	26.5
SD31	C3	34.5	35	34.75	U2	21	17.6	26.7
SD31	CR2	42.6	43	42.8	U2			
SD31	CR3	49.5	50	49.75	U2			27.2
SD33	C2	16	16.4	16.2	U2			26.3
SD33	CR3	37	37.4	37.2	U2			26.4
SD34	C2	12	12.7	12.35	U2	20.4	17	26.4
SD34	CR2	17.1	17.4	17.25	U2			
SD36	C2	14	14.5	14.25	U2	20	16.4	26.3
SD37	CR2	17	17.4	17.2	U2			26
SD37	C3	23	23.5	23.25	U2			26.3
SD37	CR3	28	28.4	28.2	U2			26.2
SD40	C2	10	10.5	10.25	U2	19.7	16	26.2
SD40	CR2	17.7	18	17.85	U2			
BH2	CR6	17	17.3	17.15	U2			
BH2	CR7	17.9	18.2	18.05	U2			
BH2	CR9	24	24.3	24.15	U2			
BH2	CR11	29.5	29.8	29.65	U2			
BH3	CR2	22.7	23	22.85	U2			
BH4	CI2	11.5	12	11.75	U2	19.9	16.3	26
BH4	CR3	20	20.3	20.15	U2			
BH5	CI2	9	9.5	9.25	U2			
BH5	CR3	11.3	11.6	11.45	U2			
BH5	CR4	14	14.3	14.15	U2			
BH5	CR6	29.4	24.7	27.05	U2			





**Figura 14. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U2.**



**Figura 15. Valori della coesione efficace per Unità U2.**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	95 di 240

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio di  $29\div 35^\circ$  (Wolff).

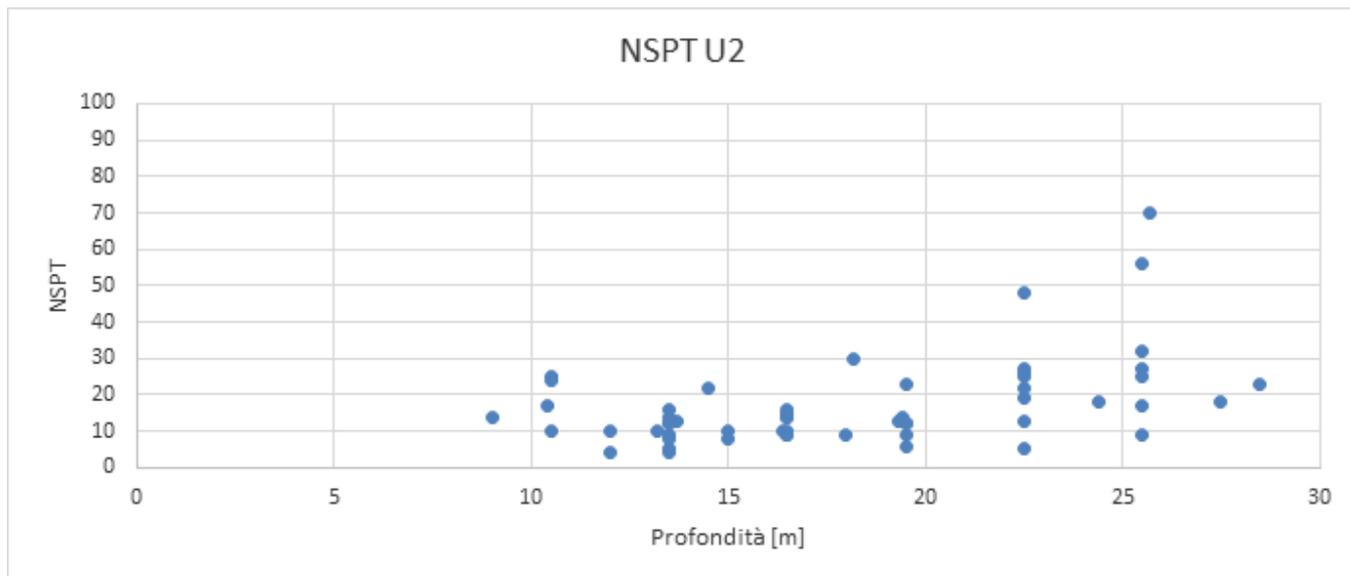


Figura 16. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U2.

**Tabella 44. Stima della Dr e dell'angolo di restenza al taglio da prove SPT sull'unità U2.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	$\gamma$	$\sigma_v$	u	$\sigma'_v$	Dr (Gibbs e H)	$\phi'$ (Mayne)	$\phi'$ (Wolff)
				(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(%)	(°)	
SD04	SPT_05	2	U2	19.5	263.3	123.0	140.3	0.6883	46.26	32.88
SD04	SPT_06	2	U2	19.5	321.8	153.0	168.8	1.3188	59.83	46.43
SD04	SPT_07	2	U2	19.5	380.3	183.0	197.3	1.2467	58.99	44.84
SD04	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	213.0	225.8	0.8212	50.53	35.47
SD07	SPT_04	2	U2	19.5	204.8	74.0	130.8	0.7188	47.41	33.35
SD11	SPT_05	2	U2	19.5	263.3	76.0	187.3	0.4754	36.80	29.97
SD11	SPT_07	2	U2	19.5	380.3	136.0	244.3	0.3984	32.68	29.17
SD13	SPT_04	2	U2	19.5	204.8	75.0	129.8	0.7061	46.96	33.13
SD13	SPT_07	2	U2	19.5	380.3	165.0	215.3	0.5788	41.61	31.36
SD13	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	195.0	243.8	0.5754	41.42	31.35
SD17	SPT_05	2	U2	19.5	282.8	91.7	191.1	0.5916	42.22	31.51
SD17	SPT_10	2	U2	19.5	536.3	221.7	314.6	0.4411	34.89	29.66
SD18	SPT_06	3	U2	19.5	321.8	156.0	165.8	0.4966	37.89	30.20
SD18	SPT_07	3	U2	19.5	380.3	186.0	194.3	0.3761	31.53	28.91
SD18	SPT_08	3	U2	19.5	438.8	216.0	222.8	0.5193	38.88	30.56
SD18	SPT_09	3	U2	19.5	497.3	246.0	251.3	0.5910	42.09	31.58
SD19	SPT_09	3	U2	19.5	497.3	226.1	271.2	0.5519	40.33	31.04
SD19	SPT_10	3	U2	19.5	555.8	256.1	299.7	0.5086	38.27	30.48
SD22	SPT_05	2	U2	19.5	263.3	105.0	158.3	0.3016	27.25	28.25
SD22	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	195.0	243.8	0.2573	24.37	27.97
SD23	SPT_09	2	U2	19.5	497.3	233.5	263.8	0.8351	50.89	35.83
SD24	SPT_06	2	U2	19.5	321.8	156.5	165.3	0.4201	33.99	29.33
SD24	SPT_07	2	U2	19.5	380.3	186.5	193.8	0.4347	34.70	29.52
SD24	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	216.5	222.3	0.6196	43.35	31.98
SD25	SPT_04	2	U2	19.5	204.8	29.1	175.7	0.4112	33.48	29.25
SD25	SPT_05	2	U2	19.5	263.3	59.1	204.2	0.3482	29.93	28.66
SD25	SPT_09	2	U2	19.5	497.3	179.1	318.2	0.3105	27.60	28.38
SD26	SPT_05	3	U2	19.5	263.3	41.0	222.3	0.4130	33.51	29.30
SD26	SPT_06	3	U2	19.5	321.8	71.0	250.8	0.3415	29.48	28.63
SD26	SPT_09	3	U2	19.5	497.3	161.0	336.3	0.4171	33.61	29.41
SD27	SPT_07	3	U2	19.5	380.3	134.0	246.3	0.2808	25.84	28.13
SD28	SPT_06	3	U2	19.5	321.8	138.5	183.3	0.4960	37.82	30.22
SD28	SPT_07	3	U2	19.5	378.3	167.5	210.8	0.4551	35.73	29.76
SD28	SPT_08	3	U2	19.5	438.8	198.5	240.3	0.5428	39.95	30.89
SD29	SPT_05	2_3	U2	19.5	263.3	104.0	159.3	0.4037	33.12	29.16
SD29	SPT_06	2_3	U2	19.5	321.8	134.0	187.8	0.4750	36.77	29.97
SD30	SPT_05	2_3	U2	19.5	263.3	97.5	165.8	0.4597	36.05	29.77
SD30	SPT_06	2_3	U2	19.5	321.8	127.5	194.3	0.5015	38.07	30.30
SD32	SPT_05	2	U2	19.5	292.5	115.0	177.5	0.3664	31.01	28.81
SD33	SPT_04	3	U2	19.5	202.8	80.5	122.3	0.6056	43.02	31.56
SD33	SPT_05	3	U2	19.5	263.3	111.5	151.8	0.5473	40.34	30.83
SD33	SPT_06	3	U2	19.5	319.8	140.5	179.3	0.4081	33.31	29.22
SD34	SPT_05	3	U2	19.5	257.4	96.5	160.9	0.4240	34.20	29.37
SD34	SPT_06	3	U2	19.5	321.8	129.5	192.3	0.3775	31.61	28.93
SD35	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	187.5	251.3	0.5800	41.61	31.42
SD35	SPT_09	2	U2	19.5	497.3	217.5	279.8	0.6167	43.15	32.00
SD36	SPT_07	2	U2	19.5	376.4	161.5	214.9	0.4354	34.70	29.54
SD36	SPT_08	2	U2	19.5	438.8	193.5	245.3	0.4140	33.52	29.33
SD37	SPT_03	2	U2	19.5	175.5	30.0	145.5	0.5193	39.04	30.45
SD37	SPT_04	2	U2	19.5	234.0	60.0	174.0	0.4125	33.56	29.26
SD37	SPT_05	2	U2	19.5	292.5	90.0	202.5	0.3904	32.31	29.06
SD37	SPT_06	2	U2	19.5	351.0	120.0	231.0	0.3525	30.14	28.72
SD37	SPT_08	2	U2	19.5	475.8	184.0	291.8	0.4548	35.61	29.81
SD38	SPT_04	2	U2	19.5	234.0	90.5	143.5	0.2789	25.87	28.08
SD39	SPT_05	2	U2	19.5	263.3	95.0	168.3	0.2640	24.89	27.99
SB36	SPT_07	2	U2	19.5	501.2	195.0	306.2	0.8796	52.08	36.80
SB38	SPT_04	2	U2	19.5	267.2	87.0	180.2	0.4646	36.27	29.84
SB38	SPT_05	2	U2	19.5	354.9	132.0	222.9	0.6523	44.68	32.49
SBH2	SPT_03	2	U2	19.5	232.1	49.0	183.1	0.6657	45.28	32.63
SBH2	SPT_04	2	U2	19.5	354.9	112.0	242.9	0.4312	34.44	29.51
SBH2	SPT_05	2	U2	19.5	526.5	200.0	326.5	0.4911	37.40	30.27
SBH4	SPT_04	2	U2	19.5	351.0	126.0	225.0	0.5035	38.11	30.36
SBH5	SPT_03	2	U2	19.5	226.2	93.0	133.2	0.4950	37.91	30.13
S2e	SPT_05	2	U2	19.5	302.3	94.0	208.3	0.4888	37.42	30.16
S2e	SPT_06	2	U2	19.5	351.0	119.0	232.0	0.3519	30.10	28.71
S2e	SPT_07	2	U2	19.5	409.5	149.0	260.5	0.4486	35.32	29.72

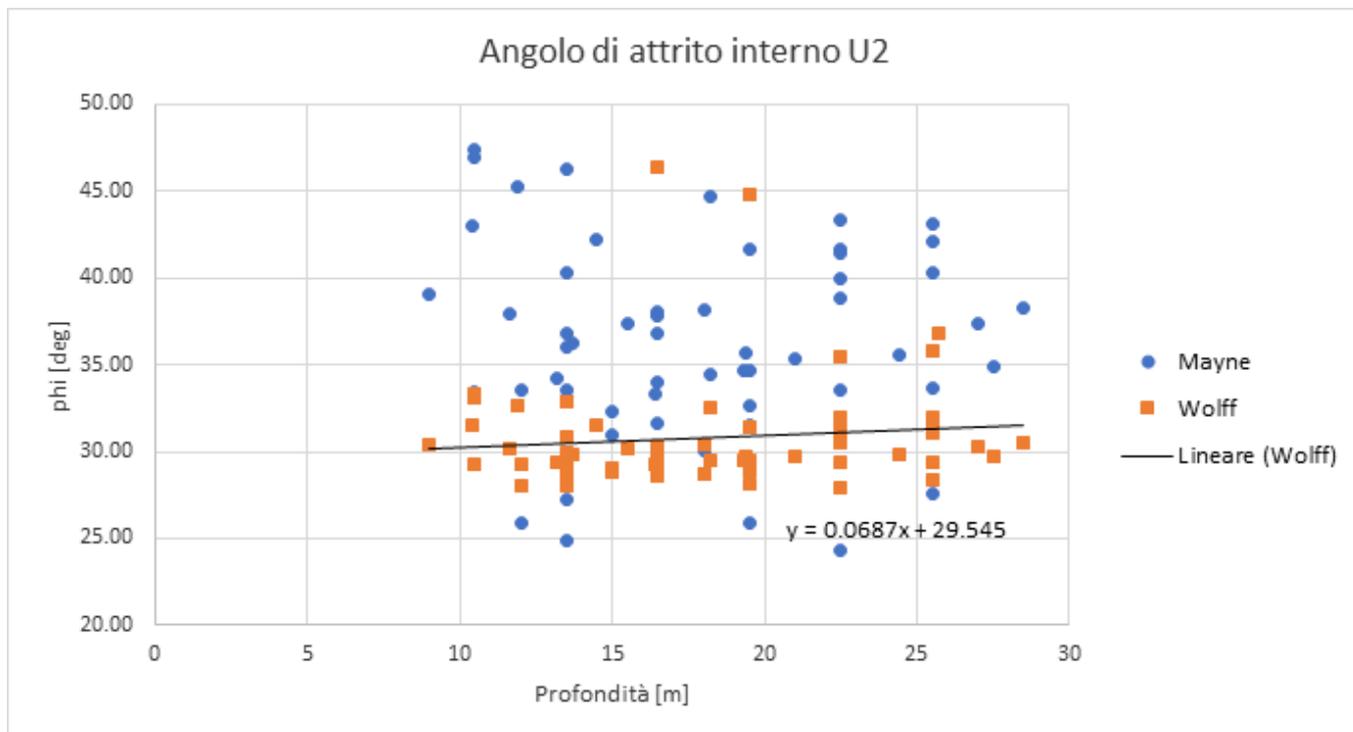


Figura 17. Valori dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT per Unità U2.

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole e Masw). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al (1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 200 m/s e 490 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 150 e 300 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 200 \div 450$  m/s;
- $G_0 = 85 \div 420$ MPa;
- $E_0 = 150 \div 1200$ MPa.

**Tabella 45. Stima di G0 ed E0 da prove DH e Masw sull'unità U2.**

DH-SD13											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	8	11	3	335	1185	U2		18.37	0.46	210.15	588.96
5	11	13	2	370	1306	U2		18.61	0.46	259.71	727.82
DH-SD18											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	19	31	12	305	1447	U2		18.89	0.48	172.37	509.10
5	31	38	7	317	1666	U2		19.33	0.48	190.51	564.37
DH-SD19											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	18	22	4	415	1054	U2		18.11	0.41	305.84	861.41
6	22	25	3	481	1451	U2		18.9	0.44	428.87	1233.66
7	25	32	7	385	1653	U2		19.31	0.47	280.63	825.79
8	32	34	2	493	1596	U2		19.19	0.45	457.45	1324.10
DH-SD23											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	23	30	7	399	1611	U2		19.22	0.47	300.10	880.69
6	30	41	11	384	1617	U2		19.23	0.47	278.14	817.80
DH-SD24											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	10	19	9	203	933	U2		17.87	0.48	72.20	213.01
5	19	21	2	233	1167	U2		18.33	0.48	97.61	288.78
DH-SD28											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
6	15	19	4	234	1430	U2		18.86	0.49	101.27	301.02
DH-SD29											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	10	15	5	181	1697	U2		19.39	0.49	62.31	186.21
DH-SD30											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	10	12	2	146	1169	U2		18.34	0.49	38.33	114.38
5	12	17	5	195	1632	U2		19.26	0.49	71.84	214.48
DH-SD34											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
3	8	16	8	195	1460	U2		18.92	0.49	70.55	210.37
DH-SD35											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
6	20	22	2	171	1267	U2		18.53	0.49	53.15	158.46
7	22	30	8	179	1382	U2		18.76	0.49	58.96	175.87
DH-SD39											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	10	13	3	150	1316	U2		18.49	0.49	42.46	126.82
DH-SD40											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	12	15	3	215	1487	U2		18.97	0.49	86.01	256.19
6	15	18	3	217	1521	U2		19.04	0.49	87.93	261.96



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	99 di 240

MASW1		MASW2		MASW3	
Vs,eq (m/s)	237	Vs,eq (m/s)	246	Vs,eq (m/s)	266
Categoria	C	Categoria	C	Categoria	C
Lotto	1	Lotto	2	Lotto	2
A km	0+575	A km	0+825	A km	0+375
U2		U2		U2	
Vs (m/s)	330	Vs (m/s)	250	Vs (m/s)	350
G0 (Mpa)	210.92	G0 (Mpa)	121.05	G0 (Mpa)	237.26
E0 (Mpa)	548.39	E0 (Mpa)	314.73	E0 (Mpa)	616.87

MASW4		MASW5	
Vs,eq (m/s)	239	Vs,eq (m/s)	224
Categoria	C	Categoria	C
Lotto	2	Lotto	2
A km	0+625	A km	0+675
U2		U2	
Vs (m/s)	320	Vs (m/s)	300
G0 (Mpa)	198.33	G0 (Mpa)	174.31
E0 (Mpa)	515.65	E0 (Mpa)	453.21

**Tabella 46. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U2.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	Yoshida et al.		
				Vs m/s	Go (kPa)	Eo (kPa)
SD04	SPT_05	2	U2	216.678	93325	242644
SD04	SPT_06	2	U2	317.695	200625	521626
SD04	SPT_07	2	U2	324.712	209586	544924
SD04	SPT_08	2	U2	275.432	150798	392074
SD07	SPT_04	2	U2	216.762	93397	242831
SD11	SPT_05	2	U2	197.182	77286	200943
SD11	SPT_07	2	U2	196.919	77080	200408
SD13	SPT_04	2	U2	214.330	91313	237414
SD13	SPT_07	2	U2	227.636	103002	267805
SD13	SPT_08	2	U2	236.512	111192	289098
SD17	SPT_05	2	U2	221.392	97429	253317
SD17	SPT_10	2	U2	225.783	101332	263464
SD18	SPT_06	3	U2	193.844	74691	194197
SD18	SPT_07	3	U2	177.471	62607	162777
SD18	SPT_08	3	U2	218.061	94520	245752
SD18	SPT_09	3	U2	242.132	116538	303000
SD19	SPT_09	3	U2	240.066	114558	297852
SD19	SPT_10	3	U2	238.426	112999	293797
SD22	SPT_05	2	U2	148.884	44061	114560
SD22	SPT_08	2	U2	158.165	49726	129289
SD23	SPT_09	2	U2	292.557	170132	442343
SD24	SPT_06	2	U2	178.130	63072	163987
SD24	SPT_07	2	U2	190.636	72240	187823
SD24	SPT_08	2	U2	238.010	112604	292771
SD25	SPT_04	2	U2	179.658	64159	166814
SD25	SPT_05	2	U2	173.525	59853	155619
SD25	SPT_09	2	U2	190.163	71881	186891
SD26	SPT_05	3	U2	194.334	75070	195181
SD26	SPT_06	3	U2	183.929	67246	174840
SD26	SPT_09	3	U2	224.668	100334	260868
SD27	SPT_07	3	U2	165.778	54628	142034
SD28	SPT_06	3	U2	200.007	79516	206742
SD28	SPT_07	3	U2	200.480	79892	207720
SD28	SPT_08	3	U2	228.610	103885	270102
SD29	SPT_05	2_3	U2	172.603	59219	153969
SD29	SPT_06	2_3	U2	197.256	77344	201093
SD30	SPT_05	2_3	U2	186.515	69151	179791

SD30	SPT_05	2_3	U2	186.515	69151	179791
SD30	SPT_06	2_3	U2	204.926	83475	217036
SD32	SPT_05	2	U2	170.160	57554	149641
SD33	SPT_04	3	U2	195.006	75590	196533
SD33	SPT_05	3	U2	197.963	77899	202538
SD33	SPT_06	3	U2	180.176	64530	167777
SD34	SPT_05	3	U2	177.465	62603	162767
SD34	SPT_06	3	U2	177.214	62425	162306
SD35	SPT_08	2	U2	239.858	114360	297336
SD35	SPT_09	2	U2	256.467	130746	339940
SD36	SPT_07	2	U2	197.324	77398	201234
SD36	SPT_08	2	U2	201.014	80319	208830
SD37	SPT_03	2	U2	190.339	72015	187239
SD37	SPT_04	2	U2	179.421	63990	166374
SD37	SPT_05	2	U2	183.272	66766	173592
SD37	SPT_06	2	U2	181.829	65719	170869
SD37	SPT_08	2	U2	223.422	99224	257983
SD38	SPT_04	2	U2	138.890	38345	99696
SD39	SPT_05	2	U2	142.018	40092	104239
SB36	SPT_07	2	U2	315.865	198321	515634
SB38	SPT_04	2	U2	192.518	73673	191549
SB38	SPT_05	2	U2	244.462	118793	308861
SBH2	SPT_03	2	U2	231.631	106650	277289
SBH2	SPT_04	2	U2	204.497	83127	216130
SBH2	SPT_05	2	U2	241.308	115747	300942
SBH4	SPT_04	2	U2	215.437	92258	239871
SBH5	SPT_03	2	U2	180.893	65044	169115
S2e	SPT_05	2	U2	206.932	85118	221307
S2e	SPT_06	2	U2	181.939	65798	171076
S2e	SPT_07	2	U2	213.520	90624	235623
			<b>min</b>	<b>138.890</b>	<b>38345</b>	<b>99696</b>
			<b>max</b>	<b>324.712</b>	<b>209586</b>	<b>544924</b>
			<b>media</b>	<b>208.344</b>	<b>89159</b>	<b>231813</b>

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 102 di 240

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $6.6E^{-08}$  m/s e  $1.1 E^{-05}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $3.8 E^{-06}$  m/s.

**Tabella 47. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U2.**

Sondaggio	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda (m da p.c.)	Unità	Permeabi (m/s)	Data prova
							Tetto	Letto	Media				
SD1	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	25.5	26	25.75	-	U2	2.20E-08	24/04/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	15	15.5	15.25	-	U2	1.20E-06	26/03/2019
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	11.5	12	11.75	-	U2	3.10E-06	01/04/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	25	25.5	25.25	-	U2	1.80E-06	18/03/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15	15.5	15.25	-	U2	1.50E-05	27/03/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	7.5	8	7.75	-	U2	7.70E-07	05/04/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15	15.5	15.25	-	U2	2.00E-07	21/03/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	24	24.5	24.25	-	U2	2.70E-07	22/03/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	27.5	28	27.75	-	U2	2.70E-07	03/04/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	13.5	14	13.75	-	U2	1.70E-07	11/04/2019
SD12	0 + 850,000	0	0	0	0	2	25.5	26	25.75	-	U2	1.60E-05	12/04/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	15	15.5	15.25	-	U2	1.20E-05	06/03/2019
SD17	0	0	0 + 925,000	0	0	2	32	32.5	32.25	-	U2	2.70E-06	07/03/2019
SD20	0	0	1 + 625,000	300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2_3	23	23.5	23.25	-	U2	3.90E-07	10/04/2019
SD23	0	0	0	575,000 / 0 + 500,000	0	2	18	18.5	18.25	-	U2	5.10E-08	15/04/2019
SD24	0	0	0	975,000 / 0 + 900,000	0	2	26.5	27	26.75	-	U2	1.10E-05	18/04/2019
SD31	0	0	0	400,00 / 0 + 475,000	0	2	20	20.5	20.25	-	U2	1.80E-06	15/05/2019
SD37	0	0	0	075,000 / 1 + 150,000	0	2	25.5	26	25.75	-	U2	5.40E-06	20/06/2019
SD40	0	0 + 725,000	0	0	0	1	16	16.5	16.25	-16.5	U2	6.60E-08	26/06/2019
											<b>k=</b>	<b>3.80E-06</b>	

Nei campioni con una percentuale maggiore di fine sono state eseguite prove edometriche dalle quali sono state definite le seguenti caratteristiche di consolidazione, modulo edometrico  $E_{ed}$ , coefficiente di consolidazione verticale  $C_v$  e permeabilità  $k$ .

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	prova edometrica			
		da (m)	a (m)	media (m)		$E_{ed}$ (kPa)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	K (cm/s)	Press (kPa)
SD24	C2	15	15.5	15.25	U2	7275	7.62E-04	1.03E-08	400
SD24	C3	20.5	21	20.75	U2	8793	1.41E-04	1.57E-09	400
SD27	C2	15	15.4	15.2	U2	7087	8.12E-04	1.12E-08	400



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	103 di 240

## Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sistemi dei risultati per l'unità U2

L'intervallo dei valori per il peso di volume è stato definito considerando come prioritari i risultati da prove di laboratorio che restituiscono valori compresi tra 18.8 e 21.0 kN/m<sup>3</sup> rispetto ai valori da correlazioni da prove in sito che danno valori inferiori. Vista la tipologia del terreno alluvionale e volendo definire un peso di volume crescente con la profondità, si assume per questa unità, U2, il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio e in sito:

$$\varphi' = 16.6 \div 38^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio}$$

$$\varphi' = 29 \div 35^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove SPT}$$

Si assume quindi per l'unità U2, trascurando i valori massimi e minimi poco significativi e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a 31°, il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 29 \div 33^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Per la coesione drenata si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio dalle quali si riscontra una variabilità tra 1.0 ÷ 52 kPa. Si assume, trascurando cautelativamente i valori massimi ottenuti dai campioni dove è prevalente la frazione fine, il seguente intervallo di valori della coesione drenata:

$$c' = 0 \div 10 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 200 m/s e 490 m/s, in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra 150 e 300 m/s. Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 200 \div 450 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 85 \div 420 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 150 \div 1200 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 3.8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	104 di 240

## 7.8 UNITÀ U2A – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN3

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da limi debolmente argillosi ad argillosi di colore grigio chiaro, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie e locali livelli grigio-scuro e nerastri; si rinvencono livelli di sabbie limose grigie e paleosuoli poco evoluti (Olocene).

In corrispondenza di questa unità sono disponibili numerose prove SPT che hanno dato valori compresi fra 6 e 46 colpi/30 cm, ad indicare una estrema variabilità nel grado di addensamento / consistenza del deposito (Figura 22).

**Tabella 48. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U2a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Falda	Profondità	Numero colpi				N <sub>PT</sub>
			SEZIONE MOVIMENTO PALERMO-CATANIA	SEZIONE FONTANAROSSA	SEZIONE CATANIA- SIRACUSA	SEZIONE MOVIMENTO CATANAROSSA	SEZIONE PALERMO SIRACUSA			Media				
			(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(m)	(m)					
SD04	SPT_04	2	2+025,000	0	0	0	0	1,2	10,5	4	7	12	19	
SD07	SPT_05	2	1+575,000	0	0	0	0	3,1	13,5	5	5	6	11	
SD07	SPT_06	2	1+575,000	0	0	0	0	3,1	16,5	6	11	13	20	
SD11	SPT_04	2	0+890,000	0	0	0	0	5,0	10,5	2	1	6	5	
SD11	SPT_05	2	0+890,000	0	0	0	0	5,0	16,5	2	1	3	6	
SD13	SPT_05	2	1+775,000	0	0	0	0	3	13,5	17	26	29	55	
SD13	SPT_06	2	1+775,000	0	0	0	0	3	16,5	3	3	9	17	
SD13	SPT_09	2	1+775,000	0	0	0	0	3	25,5	7	12	16	28	
SD14	SPT_04	2	1+350,000	0	0	0	0	1,89	7,5	3	2	13	22	
SD14	SPT_04	2	1+350,000	0	0	0	0	1,89	10,5	4	8	12	20	
SD14	SPT_05	2	1+350,000	0	0	0	0	1,89	13,5	6	11	15	26	
SD14	SPT_07	2	1+350,000	0	0	0	0	1,89	19,5	7	13	14	27	
SD14	SPT_08	2	1+350,000	0	0	0	0	1,89	22,5	6	8	11	19	
SD15	SPT_03	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	7,5	6	9	12	21	
SD15	SPT_04	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	10,5	5	7	13	20	
SD15	SPT_05	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	13,5	6	8	10	18	
SD15	SPT_06	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	16,5	8	12	15	27	
SD15	SPT_07	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	19,5	11	13	14	27	
SD15	SPT_09	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	25,5	11	14	15	29	
SD15	SPT_10	2	0+575,000	0	0	0	0	6,55	28,5	7	13	16	29	
SD17	SPT_03	2	0	0	0+925,000	0	0	5,33	22,5	16	31	38	69	
SD17	SPT_09	2	0	0	0+925,000	0	0	5,33	25	8	11	12	23	
SD18	SPT_05	2	0	0	0	0	0	1+250,000	6,9	2	2	3	5	
SD19	SPT_07	2	0	0	0	0	0	0+475,000	2,89	19,5	3	4	6	10
SD20	SPT_04	2,3	0	0	1+825,000	1+300,000/0+225,00	1+525,000	2,5	10,5	5	7	11	15	
SD20	SPT_05	2,3	0	0	1+825,000	1+300,000/0+225,00	1+525,000	2,5	13,5	4	8	5	11	
SD20	SPT_06	2,3	0	0	1+825,000	1+300,000/0+225,00	1+525,000	2,5	16,5	5	7	7	14	
SD20	SPT_07	2,3	0	0	1+825,000	1+300,000/0+225,00	1+525,000	2,5	19,5	8	12	11	23	
SD21	SPT_06	2,3	0	0	2+225,000	0	2+125,000	2,5	16,5	12	16	18	34	
SD21	SPT_07	2,3	0	0	2+225,000	0	2+125,000	2,5	19,5	14	19	21	40	
SD21	SPT_08	2,3	0	0	2+225,000	0	2+125,000	2,5	22,5	18	24	22	46	
SD21	SPT_09	2,3	0	0	2+225,000	0	2+125,000	2,5	25,5	17	21	25	46	
SD22	SPT_06	2	0	0	1+000,000	0	0	3	16,5	3	4	6	10	
SD22	SPT_07	2	0	0	1+000,000	0	0	3	19,5	3	4	4	8	
SD22	SPT_09	2	0	0	1+000,000	0	0	3	25,5	6	8	10	18	
SD23	SPT_04	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	10,5	3	4	6	10
SD23	SPT_05	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	13,5	3	5	7	12
SD23	SPT_06	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	16,5	3	5	8	13
SD23	SPT_07	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	19,5	3	5	9	14
SD23	SPT_08	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	22,5	5	13	16	23
SD23	SPT_09	2	0	0	0	0	0	+575,000/0+500,00	2,15	25,5	9	16	21	39
SD25	SPT_05	2	0	0	1+275,000	0	0	7,59	16,5	6	9	11	20	
SD25	SPT_07	2	0	0	1+275,000	0	0	7,59	19,5	7	11	13	24	
SD25	SPT_08	2	0	0	1+275,000	0	0	7,59	22,5	7	9	13	22	
SD25	SPT_10	2	0	0	1+275,000	0	0	7,59	28,5	8	11	12	23	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	105 di 240

SD27	SPT_04	3	0	0	0	0	0 + 850,000	6.1	10.5	7	1	5	8	
SD27	SPT_05	3	0	0	0	0	0 + 850,000	6.1	13.5	3	4	6	10	
SD27	SPT_06	3	0	0	0	0	0	6.1	16.5	5	7	9	16	
SD27	SPT_08	3	0	0	0	0	0 + 850,000	6.1	22.5	7	11	16	27	
SD29	SPT_07	2_3	0	0	0	0	+025,000 / 0 + 100,00	3.1	19.5	3	6	5	11	
SD29	SPT_08	2_3	0	0	0	0	+025,000 / 0 + 100,00	1 + 725,000	3.1	22.5	5	6	8	14
SD30	SPT_07	2_3	0	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	3.75	19.5	7	9	10	19
SD30	SPT_08	2_3	0	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	3.75	22.5	8	10	12	22
SD30	SPT_09	2_3	0	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	3.75	25.5	7	10	12	22
SD31	SPT_05	2	0	0	0	0	++ 400,00 / 0 + 475,00	0	3.25	13.5	4	5	7	14
SD31	SPT_06	2	0	0	0	0	++ 400,00 / 0 + 475,00	0	3.25	16.5	1	3	5	8
SD31	SPT_07	2	0	0	0	0	++ 400,00 / 0 + 475,00	0	3.25	19.5	3	4	7	11
SD32	SPT_01	2	1 + 1050,000	0	0	0	0	3.5	9	5	7	10	17	
SD32	SPT_04	2	1 + 1050,000	0	0	0	0	3.5	12	3	4	6	10	
SD32	SPT_06	2	1 + 1050,000	0	0	0	0	3.5	18	6	8	10	18	
SD33	SPT_07	1	0	0	0	0	1 + 700,00	2.15	19.1	5	8	11	17	
SD34	SPT_07	1	0	0	0	0	0 + 500,00	3.55	19.3	5	7	9	16	
SD35	SPT_06	2	0	0	0	3 + 975,000	0	3.75	16.5	1	1	3	6	
SD35	SPT_07	2	0	0	0	3 + 975,000	0	3.75	19.5	5	6	8	14	
SD36	SPT_05	2	0	0	0	3 + 975,000	0	3.15	13.4	2	3	5	8	
SD36	SPT_06	2	0	0	0	3 + 975,000	0	3.15	16.5	2	3	6	9	
SD36	SPT_08	2	0	0	0	3 + 975,000	0	3.15	25.5	2	3	8	11	
SD38	SPT_08	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	9	5	6	9	15	
SD38	SPT_05	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	15	3	4	6	10	
SD38	SPT_06	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	18	3	4	6	10	
SD38	SPT_07	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	21.2	3	4	7	11	
SD39	SPT_06	2	0	0	0	3 + 350,000	0	4	16.5	2	3	4	7	
SD39	SPT_07	2	0	0	0	3 + 350,000	0	4	19.4	4	5	7	11	
SD39	SPT_08	2	0	0	0	3 + 350,000	0	4	22.5	5	7	9	16	
SD39	SPT_09	2	0	0	0	3 + 350,000	0	4	25.5	3	5	8	14	
SD40	SPT_04	1	0	0 + 735,000	0	0	0	7.5	10.5	7	9	16	25	
SD39	SPT_08	2	0 + 350,000	0	0	0	0	6.2	10.2	4	5	12	20	
SD39	SPT_04	2	0 + 350,000	0	0	0	0	6.2	14.7	7	9	12	21	
SD39	SPT_05	2	0 + 350,000	0	0	0	0	6.2	18.7	8	12	16	28	
SD39	SPT_06	2	0 + 350,000	0	0	0	0	6.2	22.2	16	26	41	67	
S2	SPT_03	2	0	0	0	0 + 200,00	0	18.7	15.2	7	6	6	12	
S3	SPT_01	2	0	0	0	0 + 200,00	0	6	14.1	9	12	15	27	
S4	SPT_02	2	0	0	0	0 + 150,000	0	19.5	15	9	15	16	29	
SRH3	SPT_01	2	0 + 450,000	0	0	0	0	10.4	17.7	2	5	7	13	
SRH3	SPT_04	2	0 + 450,000	0	0	0	0	10.4	18.7	4	4	8	15	
SRH3	SPT_05	2	0 + 450,000	0	0	0	0	10.4	21.4	5	7	9	16	
SRH4	SPT_01	2	1 + 490,000	0	0	0	0	5.4	15	4	8	12	20	
SRH5	SPT_04	2	2 + 467,800	0	0	0	0	2.3	18	6	10	13	24	
SRH5	SPT_05	2	2 + 467,800	0	0	0	0	2.3	24	7	12	18	30	
SRH7	SPT_04	2	0	0	0	3 + 370,000	0	1.6	18.2	4	7	10	17	
SRH7	SPT_05	2	0	0	0	3 + 370,000	0	1.6	24	2	3	5	8	
SI*	SPT_05	2_3	0	0	0	1 + 984,800	0	1 + 852,800	4.4	15.5	7	10	13	21
SI*	SPT_06	2_3	0	0	0	1 + 984,800	0	1 + 852,800	4.4	18	8	12	15	27
SI*	SPT_07	2_3	0	0	0	1 + 984,800	0	1 + 852,800	4.4	21	8	13	16	29
SI*	SPT_08	2_3	0	0	0	1 + 984,800	0	1 + 852,800	4.4	23.9	7	11	16	27
S20	SPT_04	2	0	0	0	3 + 900,000	0	0	6.1	12	8	14	15	29
S20	SPT_08	2	0	0	0	3 + 900,000	0	0	6.1	23.9	9	10	12	22

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	106 di 240

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati sia campioni rimaneggiati sia campioni indisturbati (dove era maggiore il contenuto di fine), su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 7;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 1 e 36;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 61 e 99.

Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 36-71%, limite plastico 18-38% e indice plastico 17-40% (media 26%). Il contenuto naturale d'acqua è tra 22 e 44%.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

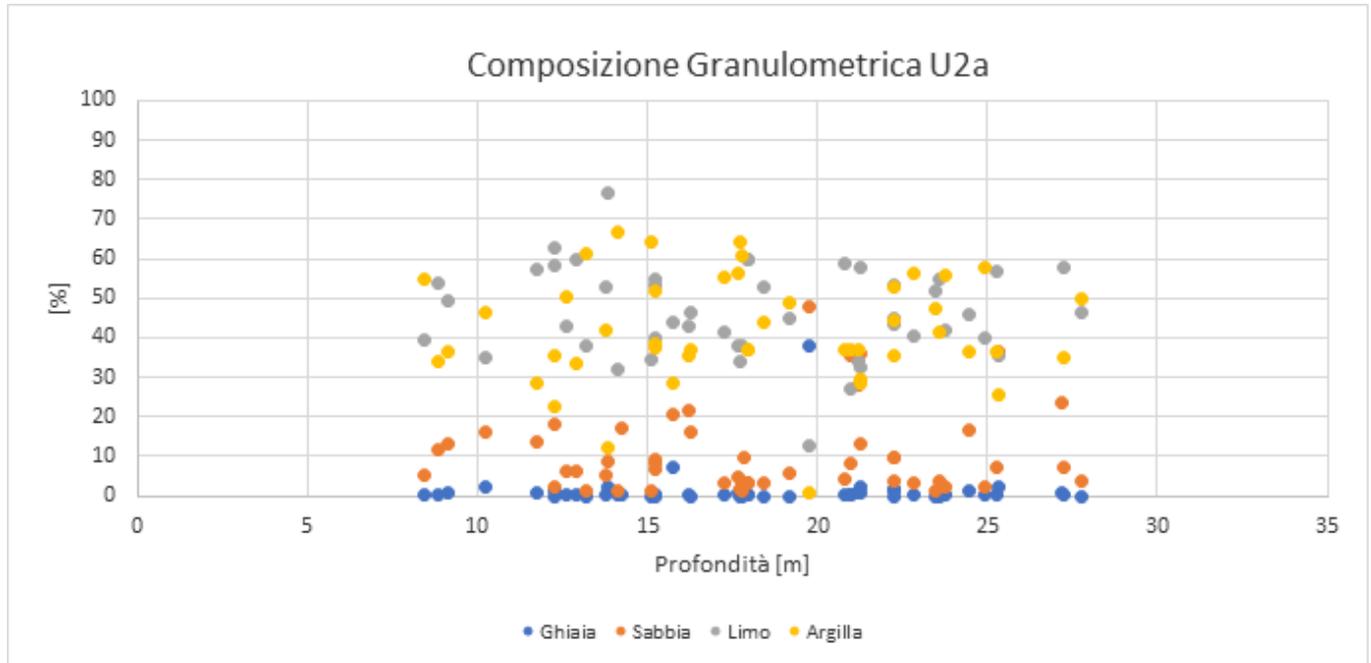
Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 107 di 240

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 49. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U2a.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti			
		da	a	media		G	S	L	L+A	A	G	S	L	L+A	A	W	Wl	Wp	Ip
		(m)	(m)	(m)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
SD02	RC4	22.7	23	22.85	U2a	0.11	3	40.51	96.89	56.38	0	2.13	27.21	97.87	70.66				
SD04	C1	10	10.5	10.25	U2a	2.47	16.34	34.83	81.09	46.26	1.25	13.55	28.58	85.2	56.62	30.77	65	33	32
SD05	CR4	14	14.2	14.1	U2a	0.05	1.44	31.9	98.51	66.61	0.02	0.32	18.82	99.66	80.84				
SD05	CR5	17.4	17.9	17.65	U2a	0.61	4.88	37.97	94.51	56.54	0.11	4.11	19.75	95.78	76.03				
SD05BIS	RC3	15	15.2	15.1	U2a	0	1.32	34.42	98.68	64.26	0	0.51	16.26	99.49	83.23				
SD07	CR1	9	9.3	9.15	U2a	0.66	13.41	49.35	85.94	36.59	0.25	9.9	40.56	89.85	49.29				
SD07	C2	15.5	16	15.75	U2a	7.29	20.51	43.78	72.19	28.41	3.58	21.7	31.89	74.73	42.84	26.49	57	26	31
SD09	CR3	12.8	13	12.9	U2a	0.04	6.35	59.98	93.62	33.64	0	0.99	53.5	99.01	45.51				
SD11	RC3	16	16.4	16.2	U2a	0.1	21.63	42.91	78.27	35.36	0	18.27	33.97	81.73	47.76				
SD13	C2	15	15.5	15.25	U2a	0	9.34	53.31	90.65	37.34	0	4.8	44.65	95.2	50.55	25.18	48	28	20
SD13	C3	25	25.5	25.25	U2a	0.02	7.14	56.6	92.84	36.24	0	2.1	47.1	97.9	50.8	31.35	45	25	20
SD13	RC2	18.3	18.5	18.4	U2a	0	3.05	52.8	96.95	44.15	0	0.44	33.17	99.56	66.39				
SD14	C2	6	6.5	6.25	U2a	0.04	14.39	59.3	85.56	26.26	0.04	3.83	62.48	96.13	33.65	26.95			
SD14	CR1	8.3	8.6	8.45	U2a	0.05	5.45	39.43	94.51	55.08	0	4.13	28.66	95.87	67.21				
SD14	C3	11.5	12	11.75	U2a	0.68	13.72	57.07	85.6	28.53	0.32	7.79	50.61	91.89	41.28	25.25	44	23	21
SD14	CR2	14	14.3	14.15	U2a	0.66	6.47	48.43	92.87	44.44	0.31	3.17	41.49	96.51	55.02				
SD14	C4	23.5	24	23.75	U2a	0.02	2.19	41.92	97.78	55.86	0	0.23	29.4	99.77	70.37	24.68			
SD15	RC1	8.6	9.1	8.85	U2a	0.19	11.88	53.89	87.93	34.04	0	6.37	49.99	93.63	43.64				
SD15	C3	12	12.5	12.25	U2a	1.21	17.98	58.37	80.81	22.44	0	15.38	49.96	84.62	34.66	25.28	36	21	15
SD15	RC2	15	15.5	15.25	U2a	0.11	7.97	40.11	91.92	51.81	0	5.34	28.65	94.66	66.01				
SD15	RC3	21	21.5	21.25	U2a	2.16	36.15	32.34	61.69	29.35	1.37	33	27.39	65.63	38.24				
SD17	RC1	20.7	21.2	20.95	U2a	0.21	8.06		91.74		0.08	6.73		93.19					
SD18	CR2	19	19.4	19.2	U2a	0	5.79	45.11	94.21	49.1	0	3.13	37.72	96.87	59.15				
SD18	C3	22	22.5	22.25	U2a	1.77	9.52	53.44	88.71	35.27	0.37	5.82	46.07	93.81	47.74	25.5	45	26	19
SD19	RC1	14	14.5	14.25	U2a	0.18	17.01		82.82		0.08	13.49		86.43					
SD19	C2	17.6	18.1	17.85	U2a	0.36	9.54		90.1		0.06	8.49		91.45		25.89	45	24	21
SD20	CR2	17.35	17.75	17.55	U2a														
SD21	RC2	13	13.4	13.2	U2a	0.01	1.05	37.82	98.94	61.12	0	0.38	23.95	99.63	75.68				
SD21	C3	17.6	18	17.8	U2a	0	1.27	37.86	98.73	60.87	0	0.58	18.2	99.42	81.22	38.4	55	38	17
SD21	C4	24.7	25.2	24.95	U2a	0.16	2.33	39.9	97.51	57.61	0	0.65	27.37	99.34	71.97		67	33	34
SD21	RC3	27	27.4	27.2	U2a	0.83	23.52		75.65		0.17	21.66		78.17					
SD22	C2	16	16.5	16.25	U2a	0	16.37	46.52	83.62	37.1	0	11.62	37.489	88.369	50.88	37.14	60	32	28
SD22	RC2	20	20.3	20.15	U2a	0	5.8	52.91	94.19	41.28	0	2.88	37.68	97.12	59.44				
SD22	C3	27	27.5	27.25	U2a	0.25	7.12	57.69	92.62	34.93	0	2.48	49.35	97.52	48.17	30.99	46	24	22
SD23	C3	22	22.5	22.25	U2a	1.36	9.46	44.77	89.18	44.41	0.18	8.92	28.51	90.9	62.39	25.01	48	21	27
SD25	C2	21	21.5	21.25	U2a	0.62	13.22	57.82	86.15	28.33	0.08	7.64	53.21	92.29	39.08	23.54	45	23	22
SD27	CR1	10	10.4	10.2	U2a														
SD28	CR2	19	19.4	19.2	U2a														
SD28	C3	20.6	21	20.8	U2a	0.02	4.23	58.88	95.75	36.87	0	0.47	47.82	99.52	51.7	22.89	53	25	28
SD29	C3	22	22.5	22.25	U2a	0	3.58	43.42	96.42	53	0	1.67	31.42	98.33	66.91	27.11	60	27	33
SD30	C2	17	17.5	17.25	U2a	0.02	3.31	41.48	96.67	55.19	0	0.81	31.84	99.19	67.35	35.2	74	37	37
SD30	CR3	18.3	18.6	18.45	U2a														
SD31	CR1	12.4	12.85	12.625	U2a	0.02	6.34	43.05	93.64	50.59	0	4.03	36.3	95.97	59.67				
SD33	CR2	25.2	25.5	25.35	U2a	2.12	36.61	35.56	61.26	25.7	0.98	29.46	32.72	69.56	36.84				
SD34	C3	24.2	24.7	24.45	U2a	1.21	16.46	46.05	82.34	36.29	0.39	14.07	37.45	85.54	48.09	22.48			
SD34	CR3	29.1	29.4	29.25	U2a	0.16	1.63	28.67	98.21	69.54	0.13	0.86	17.53	99.01	81.48				
SD35	C2	15	15.5	15.25	U2a	0.03	6.59	54.76	93.37	38.61	0	4.96	46.57	95.04	48.47	31.94	40	25	15
SD35	CR2	24	24.3	24.15	U2a														
SD35	C3	27.5	28	27.75	U2a	0	3.84	46.41	96.15	49.74	0	1.32	28.36	98.68	70.32	34	64	32	32
SD36	CR2	19	19.3	19.15	U2a	0.02	2.55	25.09	97.43	72.34	0	1.68	15.68	98.32	82.64				
SD36	C3	23.2	23.7	23.45	U2a	0.01	1.02	51.63	98.97	47.34	0	0.22	32.93	99.78	66.85	35.59	49	30	19
SD36	CR3	29.6	30	29.8	U2a	0.01	4.87	52.11	95.13	43.02	0	2.13	37.25	97.87	60.62				
SD37	C2	13.5	14	13.75	U2a	0.02	5.27	52.92	94.71	41.79	0	3.02	43.92	96.98	53.06	28.97	43	21	22
SD39	CR2	18.5	18.8	18.65	U2a	0.01	3.39	49.31	96.6	47.29	0	0.68	31.8	99.32	67.52				
SD39	C3	23.4	23.8	23.6	U2a	0.01	3.9	54.77	96.09	41.32	0	0.72	43.78	99.28	55.5	44.52			
SD39	CR3	29	29.3	29.15	U2a	0.04	2.36	32.48	97.6	65.12	0	0.67	23.9	99.32	75.42				
BH2	CI3	21	21.4	21.2	U2a	0.84	28.13	33.82	71.03	37.21	0.05	27.13	29.33	72.82	43.49	23.08	45	18	27
BH3	CI2	12	12.5	12.25	U2a	0.01	2.11	62.54	97.88	35.34	0	0.71	34.74	99.3	64.56	32.47	63	24	39
BH3	CI3	20.7	21.2	20.95	U2a	0.3	35.71	26.94	63.99	37.05	0.13	35.58	19.71	64.29	44.58	22.04	48	18	30
BH3	CR1	19.6	19.9	19.75	U2a	38.18	48.1	12.77		0.95	7.77	78.33	8.39	13.9	5.51				
BH4	CR2	13.7	14	13.85	U2a	2.02	8.79	76.79	89.2	12.41	1.4	7.27	66.06	91.33	25.27				
BH5	CI3	17.5	18	17.75	U2a	0	1.92	33.89	98.08	64.19	0	0.64	18.21	99.36	81.15	31.58	71	31	40
BH7	CI3	17.7	18.2	17.95	U2a	0.03	3	59.77	96.96	37.19	0	0.57	44.71	99.43	54.72	33.83	52	24	28
BH7	CI3	17.7	18.2	17.95	U2a	0.03	3	59.77	96.96	37.19	0	0.57	44.71	99.43	54.72	33.83	52	24	28



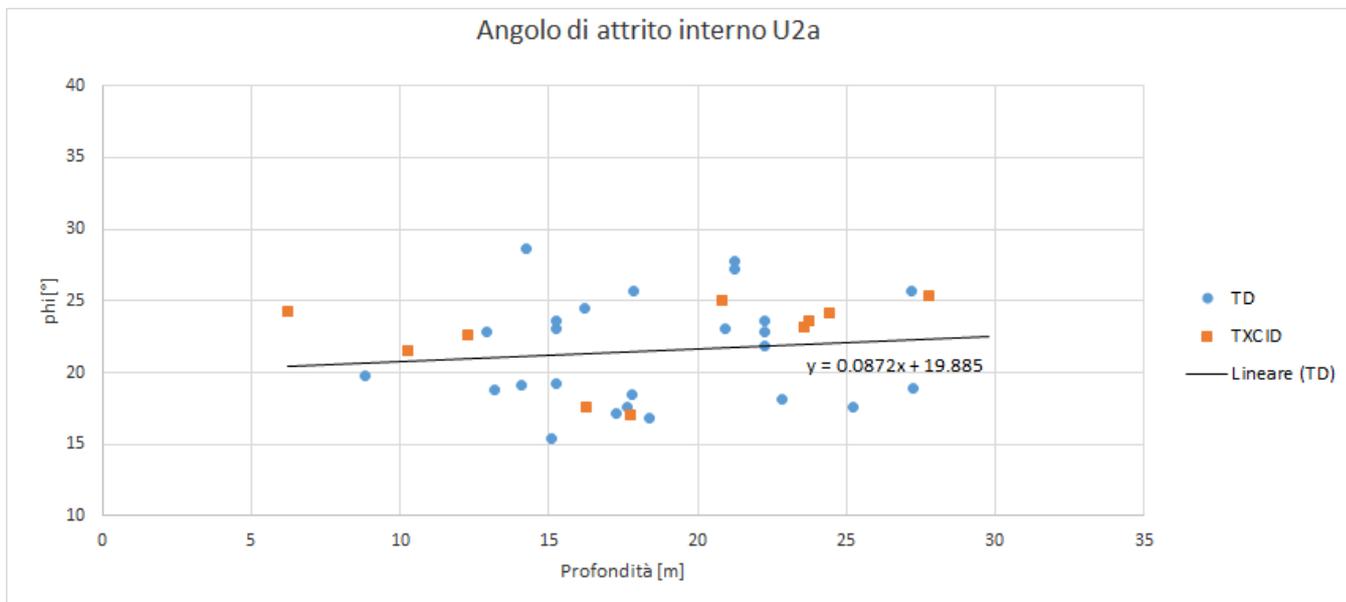
**Figura 18. Composizione Granulometrica Unità U2a.**

Il peso di volume naturale ricavato dai risultati delle prove di laboratorio è compreso fra 18.0 e 20.2kN/m<sup>3</sup>.

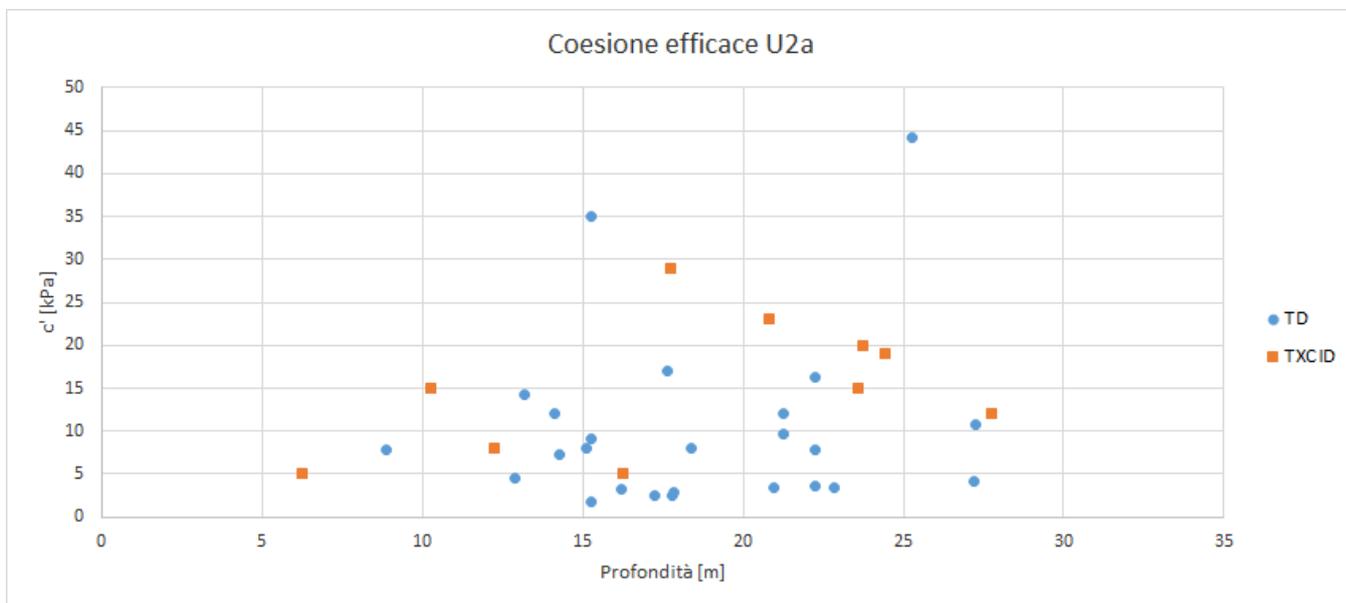
**Tabella 50. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U2a.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	peso specifico		
		da	a	media		$\gamma$	$\gamma_d$	$\gamma_s$
		(m)	(m)	(m)		(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
SD02	RC4	22.7	23	22.85	U2a			26.2
SD04	C1	10	10.5	10.25	U2a	18.2	13.9	26.1
SD05	CR4	14	14.2	14.1	U2a			25.6
SD05	CR5	17.4	17.9	17.65	U2a			26.4
SD05BIS	RC3	15	15.2	15.1	U2a			26.1
SD07	CR1	9	9.3	9.15	U2a			25.8
SD07	C2	15.5	16	15.75	U2a	19.6	15.5	26.1
SD09	CR3	12.8	13	12.9	U2a			26.8
SD11	RC3	16	16.4	16.2	U2a			25.7
SD13	C2	15	15.5	15.25	U2a	18.2	14.5	25.9
SD13	C3	25	25.5	25.25	U2a	18.8	14.3	26.4
SD13	RC2	18.3	18.5	18.4	U2a			25.7
SD14	C2	6	6.5	6.25	U2a	19.5	15.4	26.1
SD14	CR1	8.3	8.6	8.45	U2a			26.4
SD14	C3	11.5	12	11.75	U2a	19.8	15.8	26.3
SD14	CR2	14	14.3	14.15	U2a			26.1
SD14	C4	23.5	24	23.75	U2a	18.9	15.2	26
SD15	RC1	8.6	9.1	8.85	U2a			25.9
SD15	C3	12	12.5	12.25	U2a	20	15.9	26.5
SD15	RC2	15	15.5	15.25	U2a			25.8
SD15	RC3	21	21.5	21.25	U2a			25.7
SD17	RC1	20.7	21.2	20.95	U2a			26.2
SD18	CR2	19	19.4	19.2	U2a			26.6
SD18	C3	22	22.5	22.25	U2a	19.5	15.5	26.8
SD19	RC1	14	14.5	14.25	U2a			26.1
SD19	C2	17.6	18.1	17.85	U2a	19.7	15.6	26.2
SD20	CR2	17.35	17.75	17.55	U2a			
SD21	RC2	13	13.4	13.2	U2a			26
SD21	C3	17.6	18	17.8	U2a	18.2	13.2	26
SD21	C4	24.7	25.2	24.95	U2a			
SD21	RC3	27	27.4	27.2	U2a			26
SD22	C2	16	16.5	16.25	U2a	18.7	13.7	26.7
SD22	RC2	20	20.3	20.15	U2a			
SD22	C3	27	27.5	27.25	U2a	19.3	14.7	26.5
SD23	C3	22	22.5	22.25	U2a	19.7	15.7	26.8
SD25	C2	21	21.5	21.25	U2a	20.2	16.3	26.5
SD27	CR1	10	10.4	10.2	U2a			
SD28	CR2	19	19.4	19.2	U2a			
SD28	C3	20.6	21	20.8	U2a	19.4	15.8	26.3
SD29	C3	22	22.5	22.25	U2a	19.7	15.5	26.8
SD30	C2	17	17.5	17.25	U2a	18.2	13.4	26.3
SD30	CR3	18.3	18.6	18.45	U2a			
SD31	CR1	12.4	12.85	12.625	U2a			26
SD33	CR2	25.2	25.5	25.35	U2a			25.9
SD34	C3	24.2	24.7	24.45	U2a	20	16.2	26.1
SD34	CR3	29.1	29.4	29.25	U2a			26.1
SD35	C2	15	15.5	15.25	U2a	18.9	14.3	26.4
SD35	CR2	24	24.3	24.15	U2a			
SD35	C3	27.5	28	27.75	U2a	18.9	14.1	26.5
SD36	CR2	19	19.3	19.15	U2a			
SD36	C3	23.2	23.7	23.45	U2a	18	13.3	26
SD36	CR3	29.6	30	29.8	U2a			
SD37	C2	13.5	14	13.75	U2a	19.6	15.2	26.8
SD39	CR2	18.5	18.8	18.65	U2a			
SD39	C3	23.4	23.8	23.6	U2a	18.6	12.8	26.9
SD39	CR3	29	29.3	29.15	U2a			
BH2	CI3	21	21.4	21.2	U2a	19.9	16.2	26.5
BH3	CI2	12	12.5	12.25	U2a	18.5	13.9	26.4
BH3	CI3	20.7	21.2	20.95	U2a	19.9	16.5	26.4

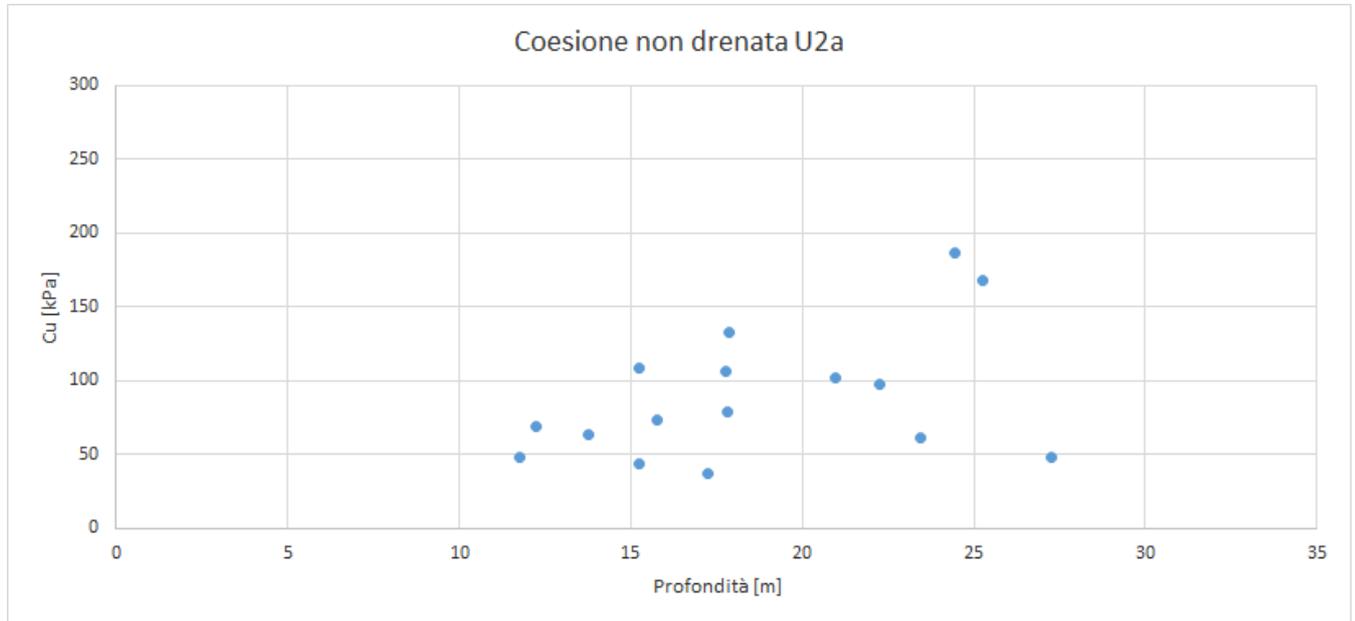




**Figura 19. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U2a.**



**Figura 20. Valori della coesione efficace per Unità U2a.**



**Figura 21. Valori della coesione non drenata per Unità U2a.**

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, si stimano valori della coesione non drenata di 25÷270kPa (valore medio 85kPa) .

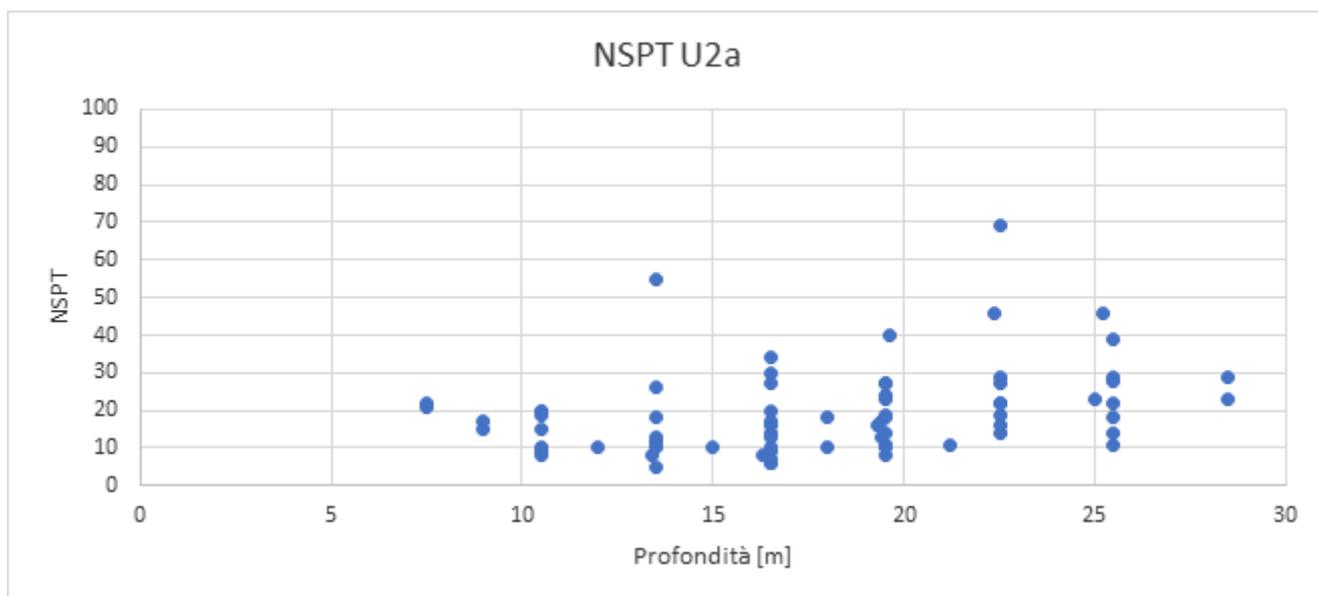


Figura 22. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U2a.

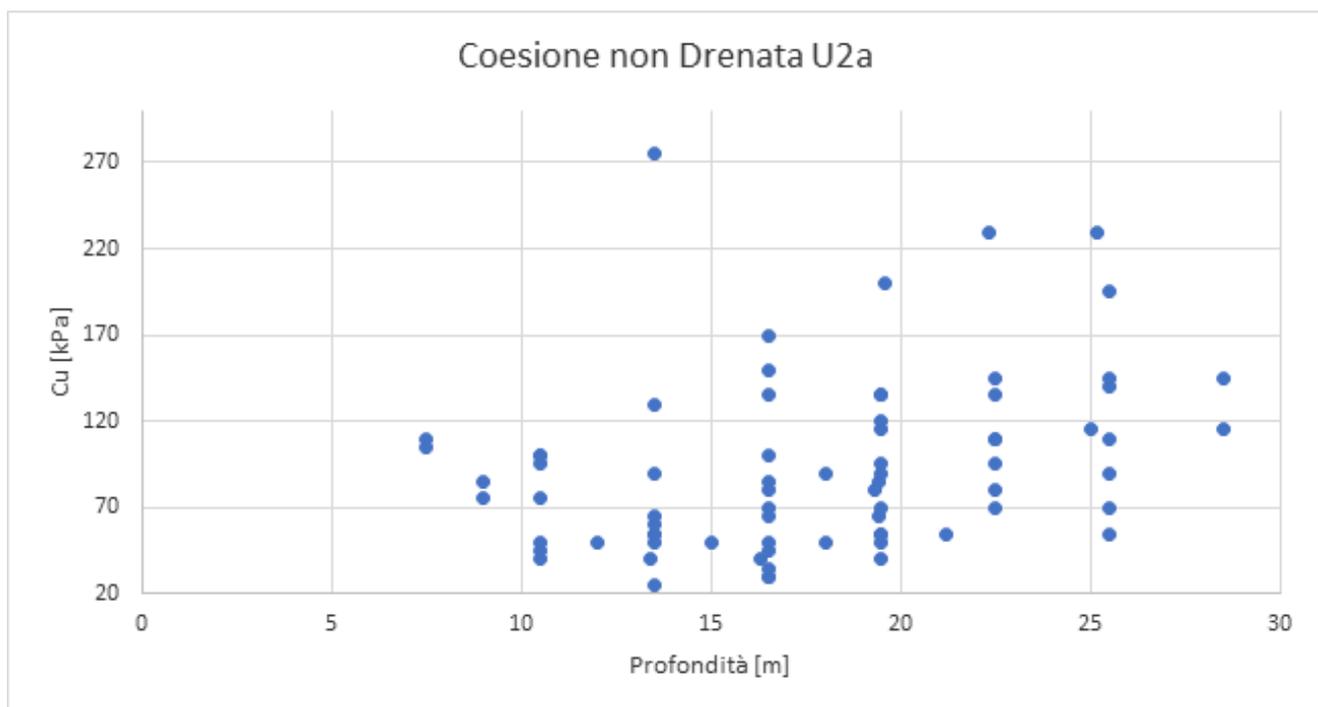


Figura 23. Valori della coesione non drenata da prove SPT per Unità U2a.

**Tabella 52. Stima della coesione non drenata da prove SPT sull'unità U1a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	cu		
				min	max	medio
SD04	SPT_04	2	U2a	86	105	95
SD07	SPT_05	2	U2a	50	61	55
SD07	SPT_06	2	U2a	135	165	150
SD11	SPT_04	2	U2a	41	50	45
SD11	SPT_06	2	U2a	27	33	30
SD13	SPT_05	2	U2a	248	303	275
SD13	SPT_06	2	U2a	77	94	85
SD13	SPT_09	2	U2a	126	154	140
SD14	SPT_03	2	U2a	99	121	110
SD14	SPT_04	2	U2a	90	110	100
SD14	SPT_05	2	U2a	117	143	130
SD14	SPT_07	2	U2a	122	149	135
SD14	SPT_08	2	U2a	86	105	95
SD15	SPT_03	2	U2a	95	116	105
SD15	SPT_04	2	U2a	90	110	100
SD15	SPT_05	2	U2a	81	99	90
SD15	SPT_06	2	U2a	122	149	135
SD15	SPT_07	2	U2a	122	149	135
SD15	SPT_09	2	U2a	131	160	145
SD15	SPT_10	2	U2a	131	160	145
SD17	SPT_08	2	U2a	311	380	345
SD17	SPT_09	2	U2a	104	127	115
SD18	SPT_05	3	U2a	23	28	25
SD19	SPT_07	3	U2a	45	55	50
SD20	SPT_04	2_3	U2a	68	83	75
SD20	SPT_05	2_3	U2a	50	61	55
SD20	SPT_06	2_3	U2a	63	77	70
SD20	SPT_07	2_3	U2a	104	127	115
SD21	SPT_06	2_3	U2a	153	187	170
SD21	SPT_07	2_3	U2a	180	220	200
SD21	SPT_08	2_3	U2a	207	253	230
SD21	SPT_09	2_3	U2a	207	253	230
SD22	SPT_06	2	U2a	45	55	50
SD22	SPT_07	2	U2a	36	44	40
SD22	SPT_09	2	U2a	81	99	90
SD23	SPT_04	2	U2a	45	55	50
SD23	SPT_05	2	U2a	54	66	60
SD23	SPT_06	2	U2a	59	72	65
SD23	SPT_07	2	U2a	81	99	90
SD23	SPT_08	2	U2a	131	160	145
SD24	SPT_09	2	U2a	176	215	195
SD25	SPT_06	2	U2a	90	110	100
SD25	SPT_07	2	U2a	108	132	120
SD25	SPT_08	2	U2a	99	121	110
SD25	SPT_10	2	U2a	104	127	115



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	115 di 240

SD27	SPT_04	3	U2a	36	44	40
SD27	SPT_05	3	U2a	45	55	50
SD27	SPT_06	3	U2a	72	88	80
SD27	SPT_08	3	U2a	122	149	135
SD29	SPT_07	2_3	U2a	50	61	55
SD29	SPT_08	2_3	U2a	63	77	70
SD30	SPT_07	2_3	U2a	86	105	95
SD30	SPT_08	2_3	U2a	99	121	110
SD30	SPT_09	2_3	U2a	99	121	110
SD31	SPT_05	2	U2a	59	72	65
SD31	SPT_06	2	U2a	36	44	40
SD31	SPT_07	2	U2a	50	61	55
SD32	SPT_03	2	U2a	77	94	85
SD32	SPT_04	2	U2a	45	55	50
SD32	SPT_06	2	U2a	81	99	90
SD33	SPT_07	3	U2a	77	94	85
SD34	SPT_07	3	U2a	72	88	80
SD35	SPT_06	2	U2a	27	33	30
SD35	SPT_07	2	U2a	63	77	70
SD36	SPT_05	2	U2a	36	44	40
SD36	SPT_06	2	U2a	41	50	45
SD36	SPT_09	2	U2a	50	61	55
SD38	SPT_03	2	U2a	68	83	75
SD38	SPT_05	2	U2a	45	55	50
SD38	SPT_06	2	U2a	45	55	50
SD38	SPT_07	2	U2a	50	61	55
SD39	SPT_06	2	U2a	32	39	35
SD39	SPT_07	2	U2a	59	72	65
SD39	SPT_08	2	U2a	72	88	80
SD39	SPT_09	2	U2a	63	77	70
SD40	SPT_04	1	U2a	113	138	125
SB36	SPT_03	2	U2a	90	110	100
SB36	SPT_04	2	U2a	95	116	105
SB36	SPT_05	2	U2a	126	154	140
SB36	SPT_06	2	U2a	302	369	335
S2	SPT_03	2	U2a	54	66	60
S3	SPT_03	2	U2a	122	149	135
S4	SPT_03	2	U2a	131	160	145
SBH3	SPT_03	2	U2a	54	66	60
SBH3	SPT_04	2	U2a	54	66	60
SBH3	SPT_05	2	U2a	72	88	80
SBH4	SPT_03	2	U2a	90	110	100
SBH5	SPT_04	2	U2a	104	127	115
SBH5	SPT_05	2	U2a	135	165	150
SBH7	SPT_04	2	U2a	77	94	85
SBH7	SPT_05	2	U2a	36	44	40
S1e	SPT_05	2_3	U2a	104	127	115
S1e	SPT_06	2_3	U2a	122	149	135
S1e	SPT_07	2_3	U2a	131	160	145
S1e	SPT_08	2_3	U2a	122	149	135
S2e	SPT_04	2	U2a	131	160	145
S2e	SPT_08	2	U2a	99	121	110

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al (1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 150 m/s e 590 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 150 e 300 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 150 \div 350$  m/s;
- $G_0 = 45 \div 200$  MPa;
- $E_0 = 120 \div 520$  MPa.

**Tabella 53. Stima di  $G_0$  ed  $E_0$  da prove DH sull'unità U2a.**

DH-SD13											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
6	13	16	3	180	1300	U2a		18.6	0.49	61.43	176.14
7	16	18	2	156	1163	U2a		18.33	0.49	45.47	130.41
8	18	31	13	350	1488	U2a		18.98	0.47	227.97	670.54
DH-SD14											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	7	16	9	214	1837	U2a		19.67	0.49	88.36	263.86
4	16	19	3	249	1742	U2a		19.48	0.49	118.47	352.94
5	19	26	7	197	1861	U2a		19.72	0.49	75.06	224.33
6	26	29	3	198	1963	U2a		19.93	0.49	76.61	229.04
DH-SD18											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	7	19	12	188	1647	U2a		19.29	0.49	66.88	199.76
DH-SD19											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
4	16	18	2	149	1059	U2a		18.12	0.49	39.45	117.55
DH-SD21											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
4	9	16	7	182	1971	U2a		19.94	0.50	64.78	193.78
5	16	27	11	179	1822	U2a		19.64	0.50	61.73	184.59
6	27	30	3	410	1404	U2a		18.81	0.45	310.05	901.24

DH-SD23											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
3	6	14	8	200	1245	U2a		18.49	0.49	72.53	215.67
4	14	23	9	214	1690	U2a		19.38	0.49	87.04	259.70
DH-SD24											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
6	21	28	7	590	1415	U2a		18.83	0.39	642.81	1793.15
DH-SD28											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
7	19	24	5	263	1580	U2a		19.16	0.49	129.97	386.21
8	24	30	6	329	1585	U2a		19.17	0.48	203.49	601.31
DH-SD29											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	15	20	5	174	1496	U2a		18.99	0.49	56.39	168.40
6	20	24	4	184	1560	U2a		19.18	0.49	63.68	190.14
DH-SD30											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
6	17	20	3	166	1559	U2a		19.12	0.49	51.66	154.39
7	20	25	5	185	1764	U2a		19.53	0.49	65.54	195.89
8	25	30	5	195	1713	U2a		19.43	0.49	72.44	216.37
DH-SD34											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	16	23	7	280	1527	U2a		19.05	0.48	146.50	434.40
DH-SD35											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	12	20	8	166	1137	U2a		18.27	0.49	49.38	147.06
DH-SD39											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
5	13	16	3	166	1137	U2a		18.6	0.49	50.27	149.72
6	16	30	14	171	1267	U2a		19.07	0.49	57.29	170.81
DH-SD40											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	$\gamma$	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.	m	m/s	m/s		m/s	kN/m <sup>3</sup>		MPa	MPa
4	10	12	2	284	1694	U2a		19.39	0.49	153.35	455.62

**Tabella 54. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U2a.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	Yoshida et al.		
				Vs	Go	Eo
				m/s	(kPa)	(kPa)
SD04	SPT_04	2	U2a	196.659	74905	194753
SD07	SPT_05	2	U2a	180.386	63021	163856
SD07	SPT_06	2	U2a	237.162	108937	283236
SD11	SPT_04	2	U2a	171.716	57109	148485
SD11	SPT_06	2	U2a	161.851	50736	131914
SD13	SPT_05	2	U2a	269.491	140661	365719
SD13	SPT_06	2	U2a	205.607	81877	212879
SD13	SPT_09	2	U2a	245.451	116685	303380
SD14	SPT_03	2	U2a	197.465	75520	196353
SD14	SPT_04	2	U2a	200.455	77825	202345
SD14	SPT_05	2	U2a	220.647	94293	245163
SD14	SPT_07	2	U2a	233.252	105375	273974
SD14	SPT_08	2	U2a	217.599	91706	238437
SD15	SPT_03	2	U2a	208.013	83804	217890
SD15	SPT_04	2	U2a	210.878	86128	223933
SD15	SPT_05	2	U2a	209.929	85355	221923
SD15	SPT_06	2	U2a	236.753	108561	282259
SD15	SPT_07	2	U2a	240.724	112234	291808
SD15	SPT_09	2	U2a	252.099	123091	320036
SD15	SPT_10	2	U2a	255.209	126147	327981
SD17	SPT_08	2	U2a	306.912	182437	474337
SD17	SPT_09	2	U2a	235.972	107846	280400
SD18	SPT_05	3	U2a	144.919	40675	105756
SD19	SPT_07	3	U2a	183.512	65225	169584
SD20	SPT_04	2_3	U2a	188.387	68736	178714
SD20	SPT_05	2_3	U2a	179.375	62317	162025
SD20	SPT_06	2_3	U2a	195.088	73713	191654
SD20	SPT_07	2_3	U2a	225.385	98386	255803
SD21	SPT_06	2_3	U2a	243.539	114874	298671
SD21	SPT_07	2_3	U2a	258.988	129910	337767
SD21	SPT_08	2_3	U2a	272.584	143909	374162
SD21	SPT_09	2_3	U2a	276.715	148303	385589
SD22	SPT_06	2	U2a	180.063	62797	163271
SD22	SPT_07	2	U2a	173.685	58426	151909
SD22	SPT_09	2	U2a	219.783	93556	243246
SD23	SPT_04	2	U2a	169.520	55658	144710
SD23	SPT_05	2	U2a	182.700	64649	168087
SD23	SPT_06	2	U2a	190.961	70628	183632
SD23	SPT_07	2	U2a	211.465	86609	225184
SD23	SPT_08	2	U2a	242.566	113958	296291
SD24	SPT_09	2	U2a	263.441	134416	349481
SD25	SPT_06	2	U2a	221.104	94684	246179
SD25	SPT_07	2	U2a	235.126	107074	278393
SD25	SPT_08	2	U2a	233.376	105486	274264
SD25	SPT_10	2	U2a	241.914	113346	294699

SD27	SPT_04	3	U2a	167.036	54039	140501
SD27	SPT_05	3	U2a	180.623	63187	164287
SD27	SPT_06	3	U2a	207.106	83075	215994
SD27	SPT_08	3	U2a	243.751	115074	299192
SD29	SPT_07	2_3	U2a	188.206	68604	178371
SD29	SPT_08	2_3	U2a	203.371	80105	208274
SD30	SPT_07	2_3	U2a	216.699	90949	236468
SD30	SPT_08	2_3	U2a	228.576	101192	263100
SD30	SPT_09	2_3	U2a	232.014	104258	271072
SD31	SPT_05	2	U2a	188.337	68700	178619
SD31	SPT_06	2	U2a	170.387	56228	146194
SD31	SPT_07	2	U2a	188.397	68743	178733
SD32	SPT_03	2	U2a	193.567	72569	188679
SD32	SPT_04	2	U2a	174.559	59016	153442
SD32	SPT_06	2	U2a	211.465	86609	225184
SD33	SPT_07	3	U2a	208.628	84300	219181
SD34	SPT_07	3	U2a	207.064	83041	215907
SD35	SPT_06	2	U2a	159.392	49206	127935
SD35	SPT_07	2	U2a	200.771	78071	202983
SD36	SPT_05	2	U2a	166.520	53705	139634
SD36	SPT_06	2	U2a	175.588	59714	155256
SD36	SPT_09	2	U2a	194.480	73254	190461
SD38	SPT_03	2	U2a	186.333	67246	174839
SD38	SPT_05	2	U2a	178.016	61377	159579
SD38	SPT_06	2	U2a	181.844	64045	166517
SD38	SPT_07	2	U2a	189.918	69858	181631
SD39	SPT_06	2	U2a	165.964	53347	138703
SD39	SPT_07	2	U2a	197.292	75388	196010
SD39	SPT_08	2	U2a	211.391	86548	225024
SD39	SPT_09	2	U2a	207.494	83387	216806
SD40	SPT_04	1	U2a	224.784	97862	254441
SB36	SPT_03	2	U2a	209.714	85180	221469
SB36	SPT_04	2	U2a	219.350	93188	242288
SB36	SPT_05	2	U2a	241.383	112849	293408
SB36	SPT_06	2	U2a	305.654	180945	470456
S2	SPT_03	2	U2a	201.593	78711	204648
S3	SPT_03	2	U2a	232.774	104943	272852
S4	SPT_03	2	U2a	250.885	121908	316961
SBH3	SPT_03	2	U2a	193.847	72778	189224
SBH3	SPT_04	2	U2a	199.939	77425	201305
SBH3	SPT_05	2	U2a	217.435	91568	238077
SBH4	SPT_03	2	U2a	215.853	90240	234625
SBH5	SPT_04	2	U2a	222.860	96194	250105
SBH5	SPT_05	2	U2a	246.861	118029	306875
SBH7	SPT_04	2	U2a	205.816	82043	213312
SBH7	SPT_05	2	U2a	176.659	60445	157156
S1e	SPT_05	2_3	U2a	222.606	95975	249535
S1e	SPT_06	2_3	U2a	235.493	107409	279264
S1e	SPT_07	2_3	U2a	243.908	115222	299577
S1e	SPT_08	2_3	U2a	243.177	114533	297785
S2e	SPT_04	2	U2a	233.185	105313	273815
S2e	SPT_08	2	U2a	233.105	105241	273628
			<b>min</b>	<b>144.919</b>	<b>50736</b>	<b>131914</b>
			<b>max</b>	<b>306.912</b>	<b>140661</b>	<b>365719</b>
			<b>media</b>	<b>213.378</b>	<b>90112</b>	<b>234292</b>

(\*) segue da pagina precedente



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	120 di 240

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $3.4E^{-09}$  m/s e  $1.6 E^{-06}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $5.5 E^{-07}$  m/s.

**Tabella 55. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U2a.**

Sondaggio	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda (m da p.c.)	Unità	Permeabilità (m/s)	Data prova
							Tetto	Letto	Media				
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	20	20.5	20.25	-	U2a	4.20E-07	26/03/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	15.5	16	15.75	-	U2a	4.00E-07	16/04/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	8	8.5	8.25	-	U2a	8.30E-07	15/03/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	12	12.5	12.25	-	U2a	5.50E-08	15/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	14.5	15	14.75	-	U2a	1.10E-07	29/03/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	15.5	16	15.75	-	U2a	9.40E-08	08/04/2019
SD8	1 + 575,000	0	0	0	0	2	25	25.5	25.25	-	U2a	6.90E-08	08/04/2019
SD10	0 + 850,000	0	0	0	0	2	14.5	15	14.75	-	U2a	3.20E-08	03/04/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	8	8.5	8.25	-	U2a	6.70E-08	27/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	12	12.5	12.25	-	U2a	4.50E-08	27/02/2019
SD11	0 + 850,000	0	0	0	0	2	18	18.5	18.25	-	U2a	1.50E-07	28/02/2019
SD13	1 + 775,000	0	0	0	0	2	18	18.5	18.25	-	U2a	4.00E-07	29/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	9	9.5	9.25	-	U2a	7.70E-08	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	13	13.5	13.25	-	U2a	2.60E-06	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	16	16.5	16.25	-	U2a	3.80E-06	04/03/2019
SD15	0 + 575,000	0	0	0	0	2	22	22.5	22.25	-	U2a	2.10E-06	05/03/2019
SD20	0	0	1 + 625,000	300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2_3	14.5	15	14.75	-	U2a	1.60E-06	10/04/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	15	15.5	15.25	-	U2a	2.00E-07	02/04/2019
SD21	0	0	2 + 225,000	0	2 + 125,000	2_3	26.2	26.7	26.45	-	U2a	3.90E-08	03/04/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	9	9.5	9.25	-	U2a	3.70E-06	23/05/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	18	18.5	18.25	-	U2a	1.10E-07	24/05/2019
SD23	0	0	0	575,000 / 0 + 500,000	0	2	7.8	8.3	8.05	-	U2a	5.20E-08	15/04/2019
SD24	0	0	0	975,000 / 0 + 900,000	0	2	19.5	20	19.75	-	U2a	9.90E-08	17/04/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	25.5	26	25.75	-26	U2a	1.90E-07	25/05/2019
SD30	0	0	2 + 725,000	0	2 + 625,000	2_3	29.5	30	29.75	-30	U2a	1.30E-08	21/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	13	13.5	13.25	-	U2a	5.50E-07	31/05/2019
SD33	0	0	0	0	1 + 200,00	3	23.6	24.1	23.85	-	U2a	3.10E-08	31/05/2019
SD34	0	0	0	0	0 + 900,00	3	16	16.5	11.25	-	U2a	1.50E-07	22/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	21	21.5	21.25	-	U2a	6.20E-08	22/05/2019
SD35	0	0	2 + 925,000	0	0	2	27	27.5	27.25	-	U2a	4.90E-08	23/05/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	17	17.5	17.25	-	U2a	2.30E-07	24/06/2019
SD36	0	0	3 + 075,000	0	0	2	25.5	26	25.75	-25.5	U2a	5.20E-08	25/06/2019
SD37	0	0	0	075,000 / 1 + 150,000	0	2	15	15.5	15.25	-	U2a	5.50E-07	20/06/2019
SD39	0	0	3 + 350,000	0	0	2	20.5	21	20.75	-21	U2a	3.40E-09	28/06/2019
											k=	5.57E-07	

Nei campioni con una percentuale maggiore di fine sono state eseguite prove edometriche dalle quali sono state definite le seguenti caratteristiche di consolidazione, modulo edometrico  $E_{ed}$ , coefficiente di consolidazione verticale  $C_v$  e permeabilità  $k$ .

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	prova edometrica			
		da (m)	a (m)	media (m)		$E_{ed}$ (kPa)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	K (cm/s)	Press (kPa)
SD18	C3	22	22.5	22.25	U2a	7593	1.82E-04	2.36E-09	400
SD28	C3	20.6	21	20.8	U2a	5722	2.61E-04	4.47E-09	400
BH3	CI2	12	12.5	12.25	U2a	4570	6.60E-05	1.42E-09	200



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	121 di 240

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi dei risultati per l'unità U2a

L'intervallo dei valori per il peso di volume è stato definito considerando come prioritari i risultati da prove di laboratorio che restituiscono valori compresi tra 18.0 e 20.2 kN/m<sup>3</sup> in linea con i valori da correlazioni da prove in sito tipo DH che danno valori massimi pari a 19.5 kN/m<sup>3</sup>. Si assume per questa unità, U2a, il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 18.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio:

$$\varphi' = 15.4 \div 28.6^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TD}$$

$$\varphi' = 17 \div 25.4^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TxCID}$$

Si assume quindi per l'unità U2a, trascurando i valori minimi non significativi e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a 23°, il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 20 \div 26^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Per la coesione drenata si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio dalle quali si riscontra una variabilità tra 2÷44 kPa. Si assume, trascurando i valori massimi e minimi poco significativi, il seguente intervallo di valori della coesione drenata:

$$c' = 5 \div 20 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

Per la coesione non drenata si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio e in sito:

$$c_u = 37 \div 186 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove di laboratorio}$$

$$c_u = 25 \div 270 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove SPT}$$

Si assume quindi per l'unità U2a, dando priorità ai valori da prove di laboratorio per definire i limiti di intervallo, il seguente range di valori di coesione non drenata:

$$c_u = 40 \div 150 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 150 m/s e 590 m/s, in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra 150 e 300 m/s. Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 150 \div 350 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 45 \div 200 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 120 \div 520 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 5.5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 122 di 240

## 7.9 UNITÀ U2B – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN1

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore bruno, marrone e giallastro; sono presenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro.

In corrispondenza di questa unità sono disponibili numerose prove SPT che hanno dato valori compresi fra 16 e rifiuto colpi/30 cm, ad indicare una certa variabilità nel grado di addensamento / consistenza del deposito (Figura 25).

**Tabella 56. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U2b.**

Prova	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Falda	Profondità	Numero colpi			N <sub>sp</sub>
		RS/RF (E) INTERRAMENTO FALDIRVO-CATANIA (km)	STAZIONE FONTANAROSSA (km)	BRETTA CATANIA-SIRACUSA (km)	RS/RF (E) INTERRAMENTO INTERPORTO (km)	RS/RF (E) INTERRAMENTO SIRACUSA (km)		Media (m)				
SPT_08	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5.9	22.5	7	22	38	60
SPT_09	2	0 + 850,000	0	0	0	0	5.9	25.5	16	33	45	78
SPT_06	2	1 + 350,000	0	0	0	0	1.09	16.5	3	4	6	10
SPT_08	2	0 + 575,000	0	0	0	0	6.55	22.5	8	17	38	55
SPT_09	2	0	0	0 + 925,000	0	0	5.13	17.5	-	-	-	100
SPT_07	2	0	0	0 + 925,000	0	0	5.13	19	3	4	6	10
SPT_04	3	0	0	0	0	0 + 1475,000	2.89	10.5	2	4	20	24
SPT_05	3	0	0	0	0	0 + 1475,000	2.89	13.5	19	14	10	24
SPT_06	3	0	0	0	0	0 + 475,000	2.89	16.5	5	7	9	16
SPT_08	3	0	0	0	0	0 + 475,000	2.89	22.5	-	-	-	100
SPT_08	2_3	0	0	1 + 625,000	+ 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2.5	22.5	11	16	17	35
SPT_09	2_3	0	0	1 + 625,000	+ 300,000 / 0 + 225,000	1 + 525,000	2.5	25.5	17	24	22	46
SPT_07	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	19.5	12	14	23	37
SPT_08	3	0	0	0	0	0 + 375,000	9.4	22.5	9	11	16	27
SPT_09	3	0	0	0	0	0 + 650,000	6.1	25.5	9	16	22	36
SPT_08	3	0	0	0	0	1 + 100,000	2.05	25.0	7	9	16	25
SPT_09	2_3	0	0	0	1 + 025,000 / 0 + 100,000	1 + 725,000	3.1	25.5	9	11	14	25
SPT_08	2	0	0	0	+ 400,00 / 0 + 475,00	0	3.25	22.5	7	11	16	27
SPT_09	2	0	0	0	+ 400,00 / 0 + 475,00	0	3.25	25.5	9	16	22	38
SPT_07	2	1 + 050,000	0	0	0	0	3.5	21.1	16	22	37	59
SPT_08	3	0	0	0	0	1 + 200,00	2.35	22.5	7	9	16	25
SPT_09	3	0	0	0	0	1 + 200,00	2.35	25.5	11	13	17	30
SPT_08	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	22.4	3	6	6	12
SPT_09	3	0	0	0	0	0 + 900,00	3.55	25.5	19	12	16	26
SPT_07	2	0	0	0	+ 075,000 / 1 + 150,00	0	6	21	11	13	16	29
SPT_09	2	0	0	0	+ 075,000 / 1 + 150,00	0	6	27.3	13	16	19	35
SPT_08	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	24	16	26	33	59
SPT_09	2	0 + 650,000	0	0	0	0	2.95	27	-	-	-	100

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati pochissimi campioni, su cui è stata eseguita l'analisi granulometrica.

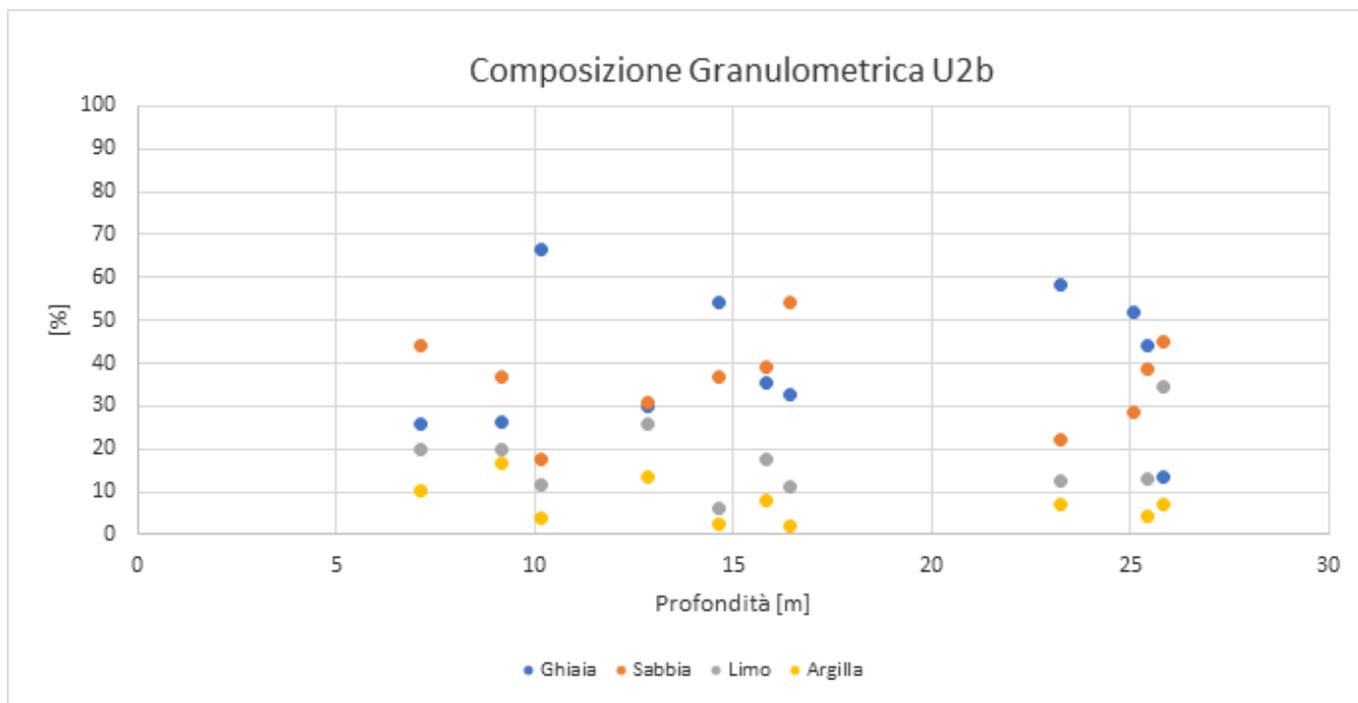
Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 13 e 67;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 18 e 54;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 9 e 42.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 57. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U2b.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti			
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	W (%)	WI (%)	Wp (%)	Ip (%)
SD09	CR6	25	25.2	25.1	U2b	51.89	28.54		19.57		40.05	39.16		20.79					
SD13	C1	9	9.3	9.15	U2b	26.23	37.01	20.03	36.75	16.72	24	37.35	15.58	38.64	23.06		38	24	14
SD20	CR3	23	23.4	23.2	U2b														
SD23	RC2	18	18.35	18.175	U2b														
SD26	C2	17.5	17.9	17.7	U2b														
SD27	CR2	20	20.4	20.2	U2b														
SD29	CR2	28.4	28.7	28.55	U2b														
BH2	CR3	12.7	13	12.85	U2b	30.1	30.7	25.8	39.2	13.4	23.62	35.75	20.05	40.63	20.58				
BH2	CR4	14.5	14.8	14.65	U2b	54.37	37.03	5.95	8.6	2.65	48.09	42.88	5.15	9.03	3.88				
BH2	CR5	15.7	16	15.85	U2b	35.35	39	17.52	25.66	8.14	12.7	60.99	14.11	26.32	12.21				
BH2	CR8	23.1	23.4	23.25	U2b	58.1	22.21	12.67	19.69	7.02	49.22	30.08	9.7	20.7	11				
BH2	CR10	25.3	25.6	25.45	U2b	44.16	38.49	12.99	17.35	4.36	33.91	47.88	11.46	18.22	6.76				
BH3	CR3	25.7	26	25.85	U2b	13.3	45.09	34.38	41.61	7.23	11.14	44.11	31.62	44.75	13.13				
BH5	CR1	7	7.3	7.15	U2b	25.71	44.05	19.81	30.24	10.43	16.71	52.55	15.5	30.74	15.24				
BH5	CR2	10	10.3	10.15	U2b	66.66	17.68	11.83	15.66	3.83	57.41	26.7	7.7	15.89	8.19				
BH5	CR5	16.3	16.6	16.45	U2b	32.55	54.34	10.98	13.21	2.23	28.19	58.31	9.93	13.5	3.57				



**Figura 24. Composizione Granulometrica Unità U2b.**

Il peso di volumnaturale, non essendo state eseguite prove di laboratorio per questa unità geotecnica, è stato assunto nell'intervallo compreso fra 19.0 e 20.0kN/m<sup>3</sup>.

### Caratteristiche di resistenza

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio di 29÷45° (valore medio 35°).

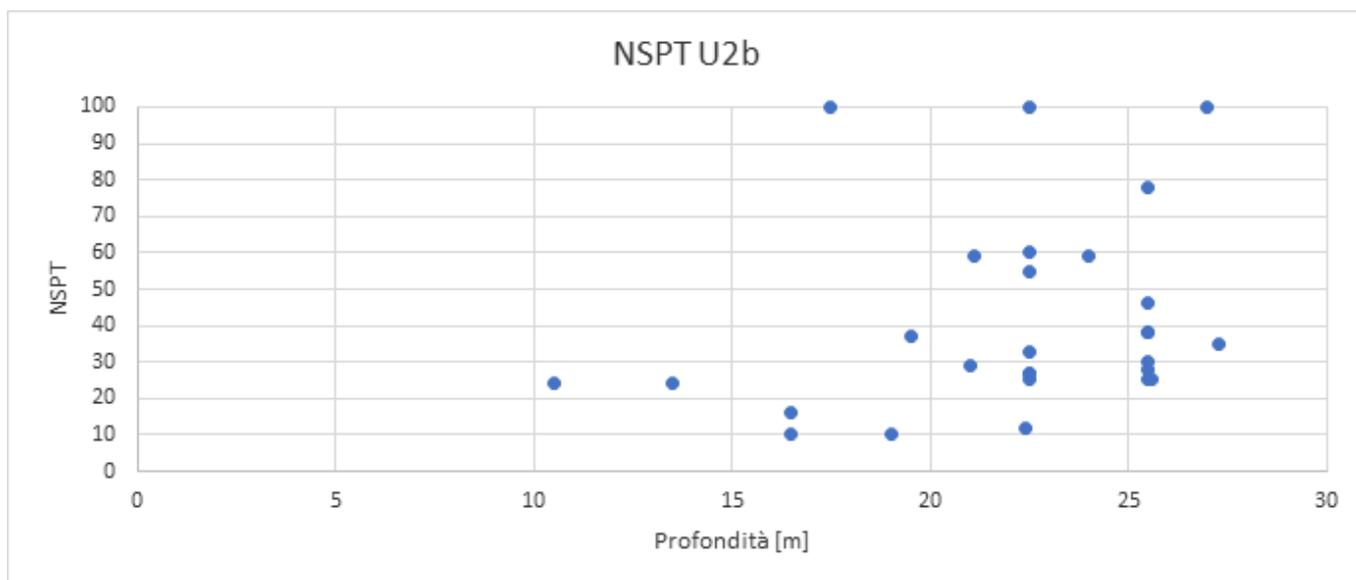
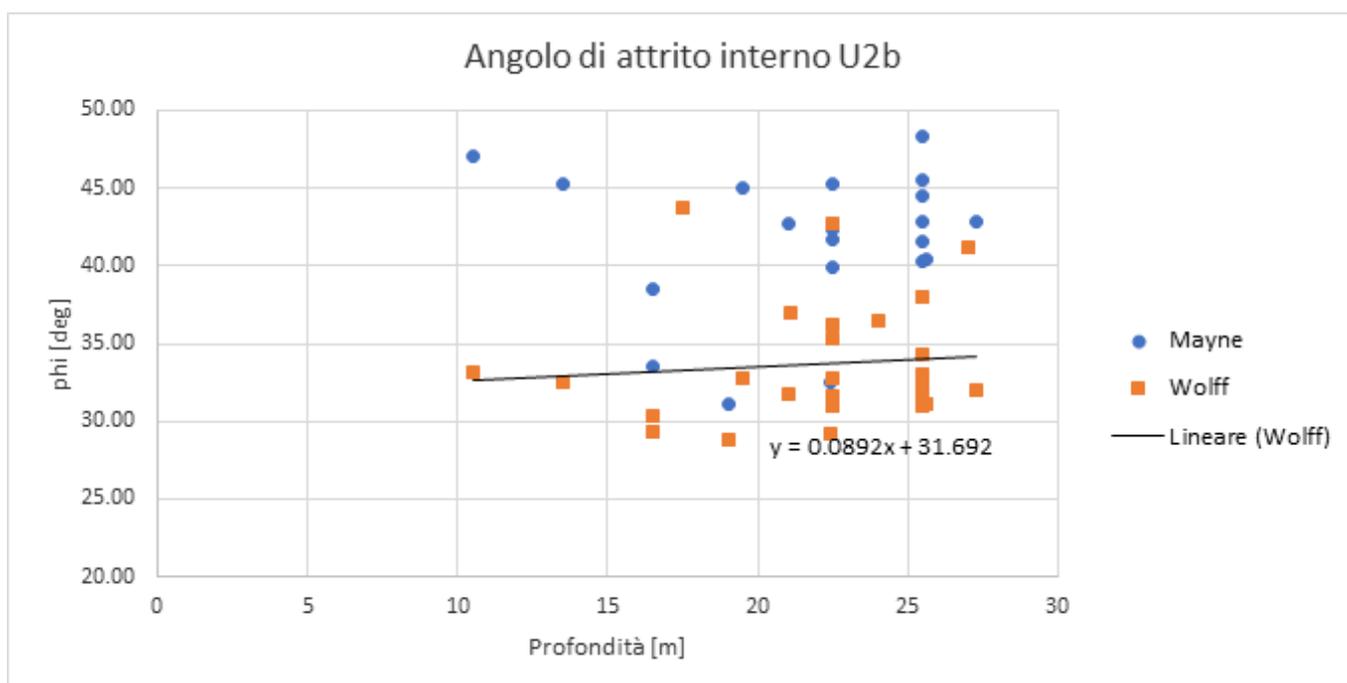


Figura 25. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U2b.





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	125 di 240

Figura 26. Valori dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT per Unità U2b.

Tabella 58. Stima dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT sull'unità U1b.

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	$\gamma$	$\sigma_v$	u	$\sigma'_v$	Dr (Gibbs e H)	$\phi'$ (Mayne)	$\phi'$ (Wolff)
				(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(%)	(°)	
SD11	SPT_08	2	U2b	19.5	438.8	166.0	272.8	0.8530	51.39	36.20
SD11	SPT_09	2	U2b	19.5	497.3	196.0	301.3	0.9346	53.47	37.95
SD14	SPT_06	2	U2b	19.5	321.8	148.1	173.7	0.4128	33.58	29.26
SD15	SPT_08	2	U2b	19.5	438.8	159.5	279.3	0.8091	50.10	35.35
SD17	SPT_06	2	U2b	19.5	341.3	121.7	219.6	1.1979	58.34	43.76
SD17	SPT_07	2	U2b	19.5	370.5	136.7	233.8	0.3698	31.12	28.88
SD19	SPT_04	3	U2b	19.5	204.8	76.1	128.7	0.7080	47.03	33.16
SD19	SPT_05	3	U2b	19.5	263.3	106.1	157.2	0.6623	45.22	32.51
SD19	SPT_06	3	U2b	19.5	321.8	136.1	185.7	0.5098	38.49	30.39
SD19	SPT_08	3	U2b	19.5	438.8	196.1	242.7	1.1529	57.68	42.77
SD20	SPT_08	2_3	U2b	19.5	438.8	200.0	238.8	0.6664	45.21	32.74
SD20	SPT_09	2_3	U2b	19.5	497.3	230.0	267.3	0.7529	48.31	34.28
SD26	SPT_07	3	U2b	19.5	380.3	101.0	279.3	0.6636	45.05	32.75
SD26	SPT_08	3	U2b	19.5	438.8	131.0	307.8	0.5451	39.98	30.98
SD27	SPT_09	3	U2b	19.5	497.3	194.0	303.3	0.6506	44.51	32.56
SD28	SPT_09	3	U2b	19.5	499.2	229.5	269.7	0.5531	40.38	31.06
SD29	SPT_09	2_3	U2b	19.5	497.3	224.0	273.3	0.5502	40.25	31.02
SD31	SPT_08	2	U2b	19.5	438.8	192.5	246.3	0.5956	42.30	31.65
SD31	SPT_09	2	U2b	19.5	497.3	222.5	274.8	0.6769	45.56	32.96
SD32	SPT_07	2	U2b	19.5	411.5	176.0	235.5	0.8959	52.59	36.98
SD33	SPT_08	3	U2b	19.5	438.8	201.5	237.3	0.5815	41.70	31.43
SD33	SPT_09	3	U2b	19.5	497.3	231.5	265.8	0.6094	42.86	31.88
SD34	SPT_08	3	U2b	19.5	436.8	188.5	248.3	0.3958	32.54	29.14
SD34	SPT_09	3	U2b	19.5	497.3	219.5	277.8	0.5785	41.51	31.43
SD37	SPT_07	2	U2b	19.5	409.5	150.0	259.5	0.6048	42.67	31.80
SD37	SPT_09	2	U2b	19.5	532.4	213.0	319.4	0.6114	42.88	31.96
SD38	SPT_08	2	U2b	19.5	468.0	210.5	257.5	0.8653	51.75	36.41
SD38	SPT_09	2	U2b	19.5	526.5	240.5	286.0	1.0806	56.47	41.19

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al (1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 210 m/s e 389 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 200 e 340 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 200 \div 350$  m/s;
- $G_0 = 80 \div 250$ MPa;
- $E_0 = 200 \div 700$ MPa.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	126 di 240

**Tabella 59. Stima di G0 ed E0 da prove DH sull'unità U2b.**

DH-SD19											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
3	11	16	5	210	1129	U2b		18.26	0.48	78.96	234.05
DH-SD29											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
7	24	30	6	366	1538	U2b		19.08	0.47	250.60	736.76
DH-SD34											
Strato	Profondità		Spessore	Vs media	Vp media	Unità	Vs,30	γ	Poisson	G0	E0
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
5	23	30	7	389	1652	U2b		19.3	0.47	286.47	842.59

**Tabella 60. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U2b.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	Yoshida et al.		
				Vs m/s	Go (kPa)	Eo (kPa)
SD11	SPT_08	2	U2b	299.048	177766	462190
SD11	SPT_09	2	U2b	323.795	208403	541849
SD14	SPT_06	2	U2b			
SD15	SPT_08	2	U2b	293.580	171324	445441
SD17	SPT_06	2	U2b	329.618	215967	561514
SD17	SPT_07	2	U2b			
SD19	SPT_04	3	U2b	214.075	91096	236849
SD19	SPT_05	3	U2b	220.157	96345	250498
SD19	SPT_06	3	U2b	203.631	82424	214302
SD19	SPT_08	3	U2b	334.267	222102	577465
SD20	SPT_08	2_3	U2b	252.776	127010	330227
SD20	SPT_09	2_3	U2b	279.032	154765	402390
SD26	SPT_07	3	U2b	265.880	140520	365351
SD26	SPT_08	3	U2b	249.106	123349	320707
SD27	SPT_09	3	U2b	270.766	145732	378902
SD28	SPT_09	3	U2b	239.886	114386	297405
SD29	SPT_09	2_3	U2b	240.325	114806	298496
SD31	SPT_08	2	U2b	241.451	115884	301299
SD31	SPT_09	2	U2b	267.050	141759	368575
SD32	SPT_07	2	U2b	291.726	169167	439834
SD33	SPT_08	3	U2b	235.619	110353	286919
SD33	SPT_09	3	U2b	250.555	124787	324447
SD34	SPT_08	3	U2b			
SD34	SPT_09	3	U2b	247.798	122056	317346
SD37	SPT_07	2	U2b	247.614	121875	316875
SD37	SPT_09	2	U2b	267.184	141901	368944
SD38	SPT_08	2	U2b	295.405	173461	450998
SD38	SPT_09	2	U2b	342.048	232563	604663
			min	203.631	82424	214302
			max	342.048	232563	604663
			media	268.096	145592	378539



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	127 di 240

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $1.6E^{-07}$  m/s e  $1.5 E^{-05}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $1.2 E^{-05}$  m/s.

**Tabella 61. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U2b.**

Sondaggio	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda	Unità	Permeabilità (m/s)	Data prova	
	(km)	(km)	(km)	(km)		Tetto	Letto	Media	(m da p.c.)				
SD9	1+575,000	0	0	0	2	6	7	6.5	-	U2b	4.50E-05	20/03/2019	
SD11	0+850,000	0	0	0	2	23	23.5	23.25	-	U2b	1.50E-07	01/03/2019	
SD19	0	0	0	0	0+475,000	3	22	22.5	22.25	-	U2b	1.60E-05	13/03/2019
SD19	0	0	0	0	0+475,000	3	34.5	35	34.75	-	U2b	1.20E-05	13/03/2019
SD23	0	0	0	0+575,000 / 0+500,000	0	2	26.5	27	26.75	-	U2b	1.90E-06	16/04/2019
SD34	0	0	0	0	0+900,00	3	28	28.5	28.25	28	U2b	1.90E-06	23/05/2019
										<b>k=</b>	<b>1.28E-05</b>		

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi dei risultati per l'unità U2b

Per il peso di volumenaturale, non essendo state eseguite prove di laboratorio per questa unità geotecnica, è stato assunto il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio è stato ottenuto il seguente intervallo di valori da prove in sito:

$$\varphi' = 29 \div 45^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove SPT}$$

Si assume quindi per l'unità U2b, trascurando i valori massimi e minimi poco significativi e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a  $35^\circ$ , il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 33 \div 38^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 210 m/s e 389 m/s, in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra 200 e 340 m/s. Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 200 \div 450 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 80 \div 250 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 200 \div 700 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 1.0 E^{-05} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	128 di 240

## 7.10 UNITÀ U3 – FORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO-AZZURRE – FAG

Si tratta di depositi marini di piattaforma neritica e pro-delta regressivo, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-limosa. Sono argille limose, limi argillosi e argille limoso-marnose di colore grigio-azzurro e grigio-verdastro, a struttura indistinta, a tratti con laminazione incrociata e stratificazione sub-parallela; si rivengono lenti e/o livelli di sabbie fini e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e giallastro, in strati da molto sottili a sottili, con rare ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-arrotondate ad arrotondate, più frequenti verso l'alto stratigrafico (Pleistocene medio-inferiore).

In corrispondenza di questa unità sono disponibili numerose prove SPT che hanno dato valori compresi fra 16 e 50 colpi/30 cm, ad indicare una certa variabilità nel grado di addensamento / consistenza del deposito (Figura 31).

**Tabella 62. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U3.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Progressiva	Falda	Profondità	Numero colpi			N <sub>spt</sub>
			BD/BP INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA	STAZIONE FONTANAROSSA	BRETTA CATANIA-SIRACUSA	BD/BP COLLEGAMENTO INTERPORTO	BRETTA PALERMO-SIRACUSA						
			(km)	(km)	(km)	(km)	(km)			(m)	Media	(m)	
SD04	SPT_09	2	2 + 025,000	0	0	0	0	1.2	25.5	4	7	10	17
SD07	SPT_07	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	19.5	13	16	18	34
SD07	SPT_08	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	22.5	6	7	9	16
SD07	SPT_09	2	1 + 575,000	0	0	0	0	3.1	25.5	18	22	28	50
SD32	SPT_08	2	1 + 050,000	0	0	0	0	3.5	24	4	7	12	19
SD32	SPT_09	2	1 + 050,000	0	0	0	0	3.5	27	7	11	15	26
SD40	SPT_07	1	0	0 + 725,000	0	0	0	7.5	19.5	5	7	7	14
SD40	SPT_08	1	0	0 + 725,000	0	0	0	7.5	22.3	7	9	13	22
SD40	SPT_09	1	0	0 + 725,000	0	0	0	7.5	26.5	5	9	13	22

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati sia campioni rimaneggiati sia campioni indisturbati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

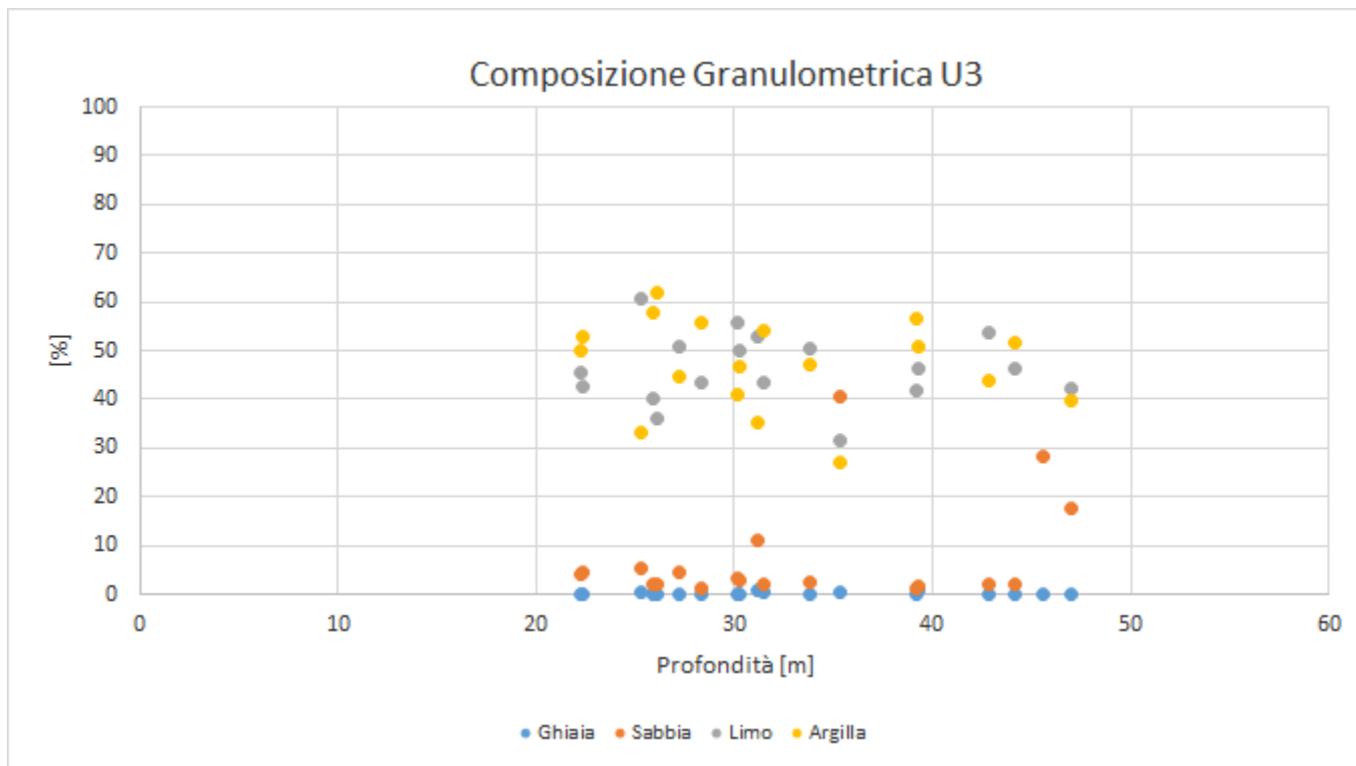
- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 1;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 1 e 41;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 59 e 99.

Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 37-77%, limite plastico 22-34% e indice plastico 15-50% (media 26%). Il contenuto naturale d'acqua è tra 25 e 38%.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 63. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U3.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	AGI/S					ASTM					acqua+limiti			
		da (m)	a (m)	media (m)		G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	G (%)	S (%)	L (%)	L+A (%)	A (%)	W (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)
SD02	RC5	25.7	26	25.85	U3	0.01	1.95	40.29	98.04	57.75	0	0.25	22.08	99.75	77.67				
SD02	RC6	35.2	35.5	35.35	U3	0.51	40.61	31.69	58.88	27.19	0	38.08	24.77	61.92	37.15				
SD04	C2	25	25.5	25.25	U3	0.49	5.48	60.75	94.04	33.29	0	3.31	49.87	96.69	46.82	29.56	50	28	22
SD04	C3	39	39.5	39.25	U3	0.91	1.78	46.31	97.31	51	0.7	1.75	27.43	97.58	70.15	27.91	67	31	36
SD05	CR7	28.2	28.4	28.3	U3	0	1.14	43.28	98.87	55.59	0	0.06	27.92	99.94	72.02				
SD05	CR8	31.4	31.6	31.5	U3	0.26	2.29	43.45	97.45	54	0.03	1.18	26.23	98.78	72.55				
SD07	C3	22	22.5	22.25	U3	0.18	4.34	45.42	95.49	50.07	0.12	2.54	33.02	97.34	64.32	28.86	63	32	31
SD07	C4	30	30.5	30.25	U3	0.04	3.09	50.01	96.87	46.86	0	1.09	36.21	98.91	62.7	28.86	52	26	26
SD09	CR7	33.7	34	33.85	U3	0	2.49	50.3	97.51	47.21	0	0.48	33.15	99.52	66.37				
SD09	CR8	42.7	43	42.85	U3	0	2.22	53.85	97.78	43.93	0	0.32	38.99	99.69	60.7				
SD10	CR3	22.2	22.5	22.35	U3	0.02	4.35	42.7	95.62	52.92	0	2.55	30.71	97.45	66.74				
SD10	CR4	31	31.35	31.175	U3	0.86	10.9	53.01	88.25	35.24	0.68	7.04	48.64	92.29	43.65				
SD11	C4	30	30.4	30.2	U3	0.11	3.27	55.81	96.63	40.82	0.08	1.22	45.46	98.7	53.24	27.41	49	26	23
SD11	RC6	39	39.3	39.15	U3	0	1.45	41.82	98.55	56.73	0	0.13	24.98	99.87	74.89				
SD14	CR4	26.7	27	26.85	U3	0	1.09	31.1	98.92	67.82	0	0.19	16.73	99.81	83.08				
SD17	RC2	46.75	47.25	47	U3	0	17.8	42.37	82.2	39.83	0	15.88	33.07	84.11	51.04				
SD19	C3	45.3	45.8	45.55	U3	0.01	28.4		71.95		0	21.35		78.65		24.44	37	22	15
SD26	C3	44	44.4	44.2	U3	0	2.07	46.25	97.93	51.68	0	0.26	29.52	99.74	70.22	29.14	66	34	32
SD26	CR3	49.5	49.8	49.65	U3														
SD40	CR3	23	23.3	23.15	U3	0.01	6.77	65.27	93.21	27.94	0	3.48	51.65	96.52	44.87				
SD40	C3	27	27.5	27.25	U3	0.05	4.58	50.82	95.37	44.55	0	1.47	37.74	98.53	60.79	31.01	57	29	28
BH4	CI3	25.8	26.3	26.05	U3	0.03	1.96	36.23	98.01	61.78	0	1.57	11.54	98.43	86.89	32.19	77	27	50



**Figura 27. Composizione Granulometrica Unità U3.**

Il peso di volume naturale ricavato dai risultati delle prove di laboratorio è compreso fra 18.7 e 20.5kN/m<sup>3</sup>.

**Tabella 64. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U3.**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	peso specifico		
		da (m)	a (m)	media (m)		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
SD02	RC5	25.7	26	25.85	U3			26.9
SD02	RC6	35.2	35.5	35.35	U3			26.4
SD04	C2	25	25.5	25.25	U3	19.6	15.1	26.2
SD04	C3	39	39.5	39.25	U3	19	14.8	26.4
SD05	CR7	28.2	28.4	28.3	U3			26.1
SD05	CR8	31.4	31.6	31.5	U3			25.7
SD07	C3	22	22.5	22.25	U3	19.4	15.1	26
SD07	C4	30	30.5	30.25	U3	19.2	14.9	25.9
SD09	CR7	33.7	34	33.85	U3			26
SD09	CR8	42.7	43	42.85	U3			25.9
SD10	CR3	22.2	22.5	22.35	U3			25.8
SD10	CR4	31	31.35	31.175	U3			26
SD11	C4	30	30.4	30.2	U3	19.7	15.4	26.1
SD11	RC6	39	39.3	39.15	U3			27.2
SD14	CR4	26.7	27	26.85	U3			26.1
SD17	RC2	46.75	47.25	47	U3			26.1
SD19	C3	45.3	45.8	45.55	U3	20.5	16.4	26.3
SD26	C3	44	44.4	44.2	U3	19.7	15.3	26.8
SD26	CR3	49.5	49.8	49.65	U3			
SD40	CR3	23	23.3	23.15	U3			
SD40	C3	27	27.5	27.25	U3	18.7	14.3	26.9
BH4	CI3	25.8	26.3	26.05	U3			



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

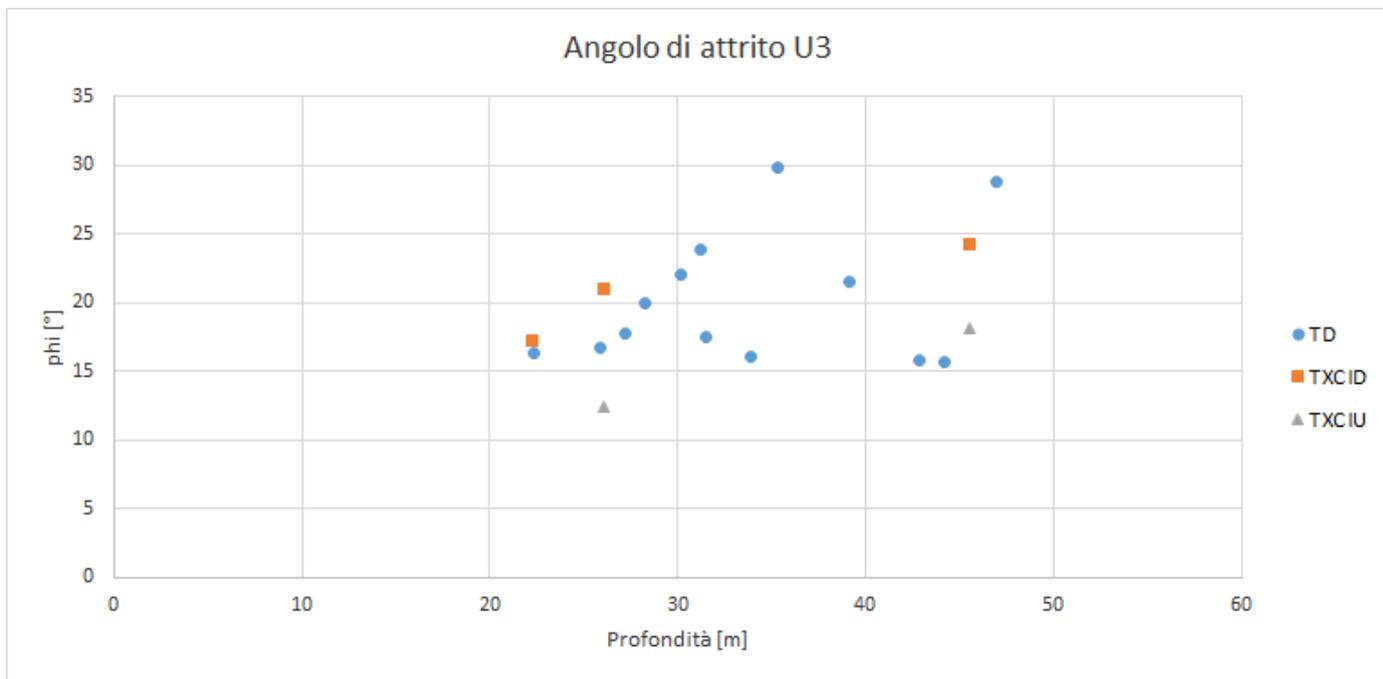
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	131 di 240

### Caratteristiche di resistenza

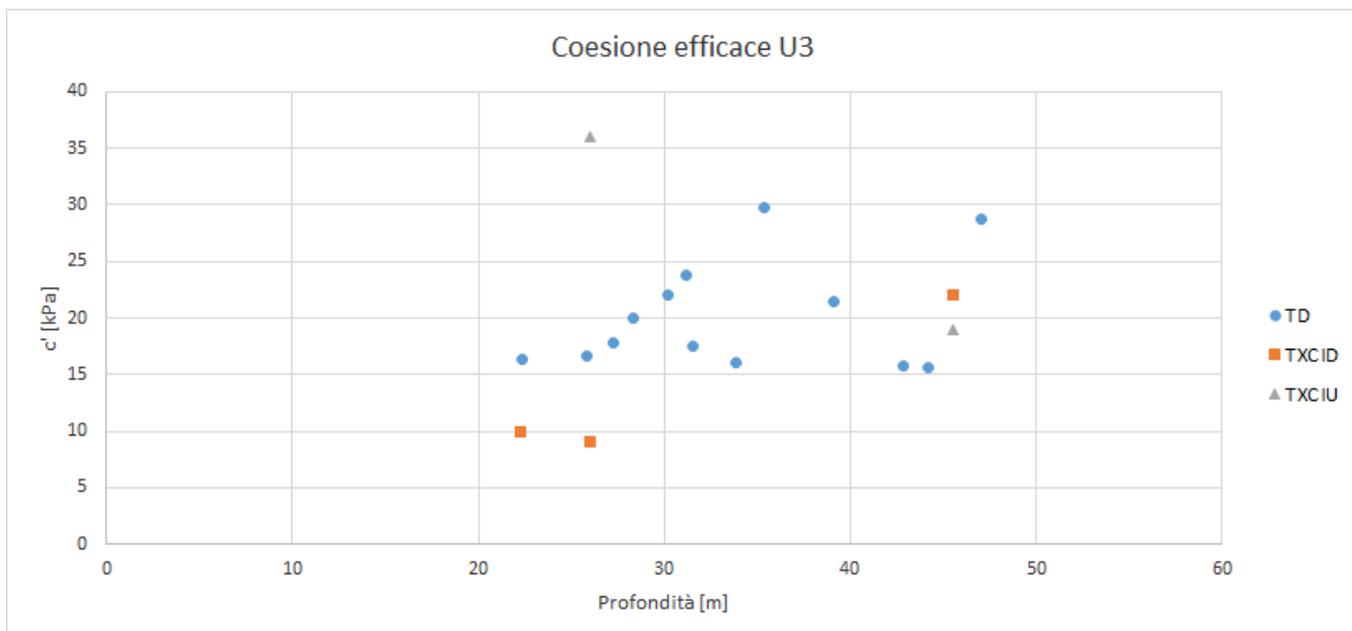
Inoltre in laboratorio sono disponibili i risultati di prove di taglio diretto e da prove triassiali drenate e non drenate che hanno dato valori di coesione drenata tra 5.7÷47.7kPa (media 14kPa) ed angolo di resistenza al taglio 15.8÷29.8° (media 20°). Le prove tipo UU forniscono valori della coesione non drenata tra 40 e 190kPa.

**Tabella 65. Prove di laboratorio sull'unità U3.**

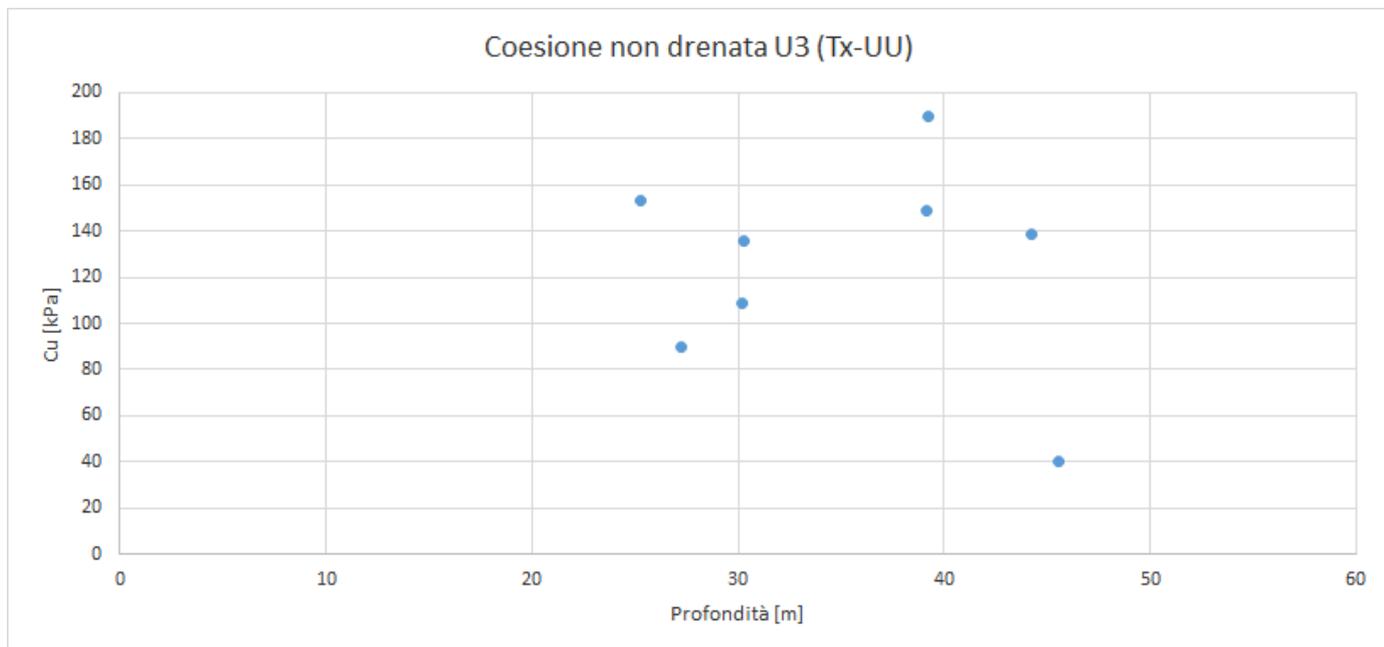
Sondaggio	Campione	profondità			Unità	taglio diretto		compr. triassiale					
		da (m)	a (m)	media (m)		c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	Ccu (kPa)	φcu (°)	Cuu (kPa)	
SD02	RC5	25.7	26	25.85	U3	6.4	16.7						
SD02	RC6	35.2	35.5	35.35	U3	13.1	29.8						
SD04	C2	25	25.5	25.25	U3								153
SD04	C3	39	39.5	39.25	U3								190
SD05	CR7	28.2	28.4	28.3	U3	14	20						
SD05	CR8	31.4	31.6	31.5	U3	9.6	17.5						
SD07	C3	22	22.5	22.25	U3			10	17.2				
SD07	C4	30	30.5	30.25	U3								136
SD09	CR7	33.7	34	33.85	U3	27.7	16.1						
SD09	CR8	42.7	43	42.85	U3	5.7	15.8						
SD10	CR3	22.2	22.5	22.35	U3	10.1	16.3						
SD10	CR4	31	31.35	31.175	U3	15.9	23.8						
SD11	C4	30	30.4	30.2	U3	6.3	22						109
SD11	RC6	39	39.3	39.15	U3	12.8	21.5						149
SD14	CR4	26.7	27	26.85	U3								
SD17	RC2	46.75	47.25	47	U3	6.9	28.8						
SD19	C3	45.3	45.8	45.55	U3			22	24.3	19	18.2		40
SD26	C3	44	44.4	44.2	U3	39.6	15.7						139
SD26	CR3	49.5	49.8	49.65	U3								
SD40	CR3	23	23.3	23.15	U3								
SD40	C3	27	27.5	27.25	U3	47.7	17.8						90
BH4	CI3	25.8	26.3	26.05	U3			9	21	36	12.4		



**Figura 28. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U3.**

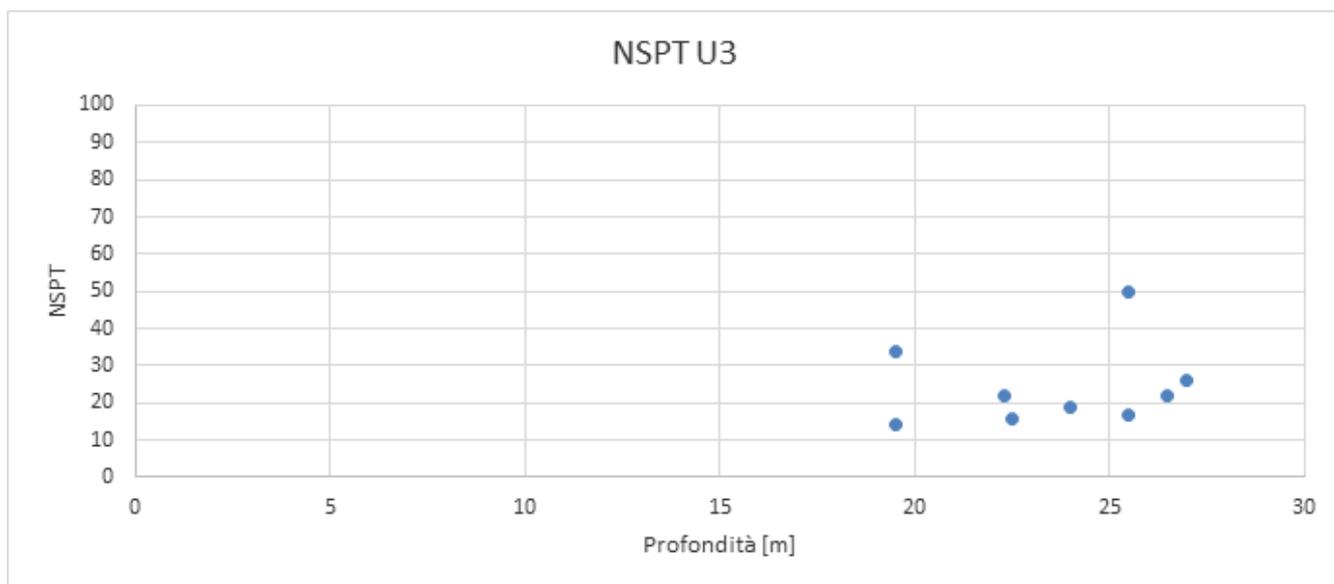


**Figura 29. Valori della coesione denata per Unità U3.**

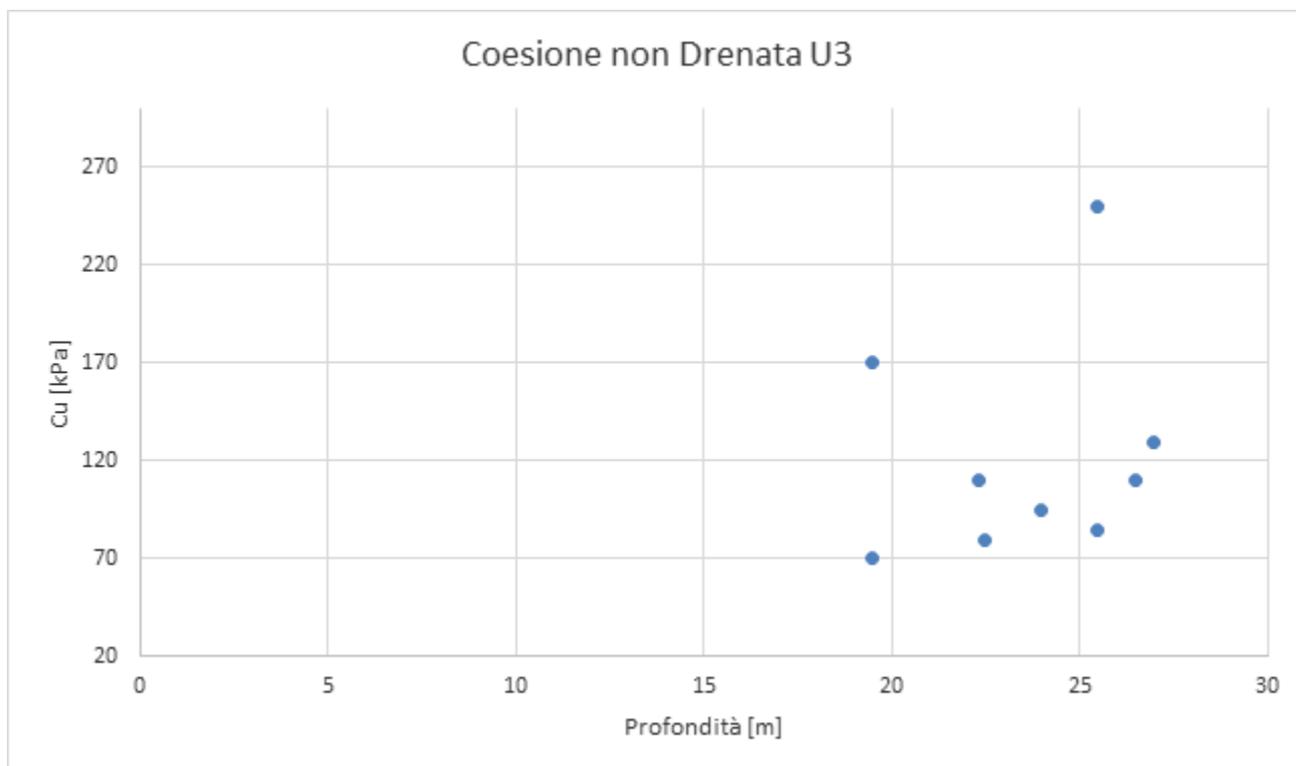


**Figura 30. Valori della coesione non drenata per Unità U3.**

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, si stimano valori della coesione non drenata di 70÷170kPa (valore medio 85kPa) .



**Figura 31. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U3.**



**Figura 32. Valori della coesione non drenata da prove SPT per Unità U3.**

**Tabella 66. Stima della coesione non drenata da prove SPT sull'unità U3.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	cu		
				min	max	medio
SD04	SPT_09	2	U3	77	94	85
SD07	SPT_07	2	U3	153	187	170
SD07	SPT_08	2	U3	72	88	80
SD07	SPT_09	2	U3	225	275	250
SD32	SPT_08	2	U3	86	105	95
SD32	SPT_09	2	U3	117	143	130
SD40	SPT_07	1	U3	63	77	70
SD40	SPT_08	1	U3	99	121	110
SD40	SPT_09	1	U3	99	121	110



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	135 di 240

### Caratteristiche di deformabilità

Per la caratterizzazione in termini di deformazione, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche (Down-Hole). In second'ordine si è fatto riferimento alle correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al( 1988).

Dalle prove sismiche Down-Hole eseguite in questi terreni, si osservano velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) comprese tra 219 m/s e 458 m/s, generalmente crescenti con la profondità; valori abbastanza in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, compresi tra 200 e 290 m/s. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ):

- $V_s = 220 \div 290$  m/s;
- $G_0 = 90 \div 160$ MPa;
- $E_0 = 230 \div 420$ MPa.

**Tabella 67. Stima di  $G_0$  ed  $E_0$  da prove DH sull'unità U3.**

DH-SD30											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
9	30	33	3	373	1806	U3		19.61	0.48	267.59	790.85
10	33	39	6	458	1672	U3		19.34	0.46	397.93	1161.51
DH-SD40											
Strato	Profondità		Spessore	$V_s$ media	$V_p$ media	Unità	$V_{s,30}$	$\gamma$	Poisson	$G_0$	$E_0$
	da m dal p.c.	a m dal p.c.									
7	18	30	12	219	1545	U3		19.09	0.49	89.79	267.53

**Tabella 68. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U3.**

Sondaggio	Prova	Lotto	Unità	Yoshida et al.	Go (kPa)	Eo (kPa)
				Vs m/s		
SD04	SPT_09	2	U3	217.530	96472	250827
SD07	SPT_07	2	U3	252.721	130210	338545
SD07	SPT_08	2	U3	213.000	92495	240488
SD07	SPT_09	2	U3	287.627	168663	438525
SD32	SPT_08	2	U3	224.590	102836	267372
SD32	SPT_09	2	U3	246.457	123835	321971
SD40	SPT_07	1	U3	207.548	87821	228335
SD40	SPT_08	1	U3	235.609	113174	294251
SD40	SPT_09	1	U3	239.999	117430	305318
SBH4	SPT_05	2	U3	244.055	121433	315727
			<b>min</b>	<b>207.548</b>	<b>87821</b>	<b>228335</b>
			<b>max</b>	<b>287.627</b>	<b>168663</b>	<b>438525</b>
			<b>media</b>	<b>236.914</b>	<b>115437</b>	<b>300136</b>

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $5.9E^{-09}$  m/s e  $1.2 E^{-07}$  m/s; i valori indicati sono il massimo ed il minimo rilevato relativo all'unità in oggetto per la quale si ottiene un valore medio della permeabilità pari a  $1.7 E^{-07}$  m/s.

**Tabella 69. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U3.**

Sondaggio	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Progressiva (km)	Lotto	Tasca prova (m da p.c.)			Falda (m da p.c.)	Unità	Permeabilità (m/s)	Data prova
							Tetto	Letto	Media				
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	24	24.5	24.25	-	U3	4.20E-07	27/03/2019
SD2	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	34	34.5	34.25	-	U3	1.20E-07	27/03/2019
SD3	2 + 800,000	0 + 100,000	0	0	0	1_2	23.5	24	23.75	-	U3	4.10E-07	17/04/2019
SD4	2 + 025,000	0	0	0	0	2	26.5	27	26.75	-	U3	1.50E-07	01/04/2019
SD5	2 + 025,000	0	0	0	0	2	34	34.5	34.25	-	U3	4.10E-08	18/03/2019
SD6	2 + 025,000	0	0	0	0	2	22	22.5	22.25	-	U3	8.40E-08	01/04/2019
SD7	1 + 575,000	0	0	0	0	2	21.5	22	21.75	-	U3	4.90E-07	27/03/2019
SD9	1 + 575,000	0	0	0	0	2	32	32.5	32.25	-	U3	2.70E-08	22/03/2019
SD22	0	0	3 + 000,000	0	0	2	27	27.5	27.25	-	U3	9.40E-09	24/05/2019
SD40	0	0 + 725,000	0	0	0	1	26.5	27	26.75	-27	U3	5.90E-09	27/06/2019
											<b>k=</b>	<b>1.76E-07</b>	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	137 di 240

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi dei risultati per l'unità U3

L'intervallo dei valori per il peso di volume è stato definito considerando come prioritari i risultati da prove di laboratorio che restituiscono valori compresi tra 19.0 e 20.5kN/m<sup>3</sup> in linea con i valori da correlazioni da prove in sito tipo DH che danno valori massimi pari a 19.6kN/m<sup>3</sup>. Vista la profondità della formazione in esame e volendo caratterizzare per il substrato il range di valori massimo del peso di volume, si assume per questa unità, U3, il seguente intervallo di valori:

$$\gamma = 20.0 \div 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di volume naturale}$$

Per l'angolo di resistenza al taglio si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio:

$$\varphi' = 15.7 \div 29.8^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TD}$$

$$\varphi' = 17.2 \div 24.3^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio TxCID}$$

Si assume quindi per l'unità U3, trascurando i valori minimi non significativi e in modo da definire un intervallo centrato sul valore medio pari a 21°, il seguente range di valori di angolo di attrito:

$$\varphi' = 18 \div 24^\circ \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

Per la coesione drenata si fa riferimento ai risultati delle prove di laboratorio dalle quali si riscontra una variabilità tra 5.7÷47.7kPa. Si assume, trascurando i valori massimi e minimi poco significativi, il seguente intervallo di valori della coesione drenata:

$$c' = 15 \div 25 \text{ kPa} \quad \text{coesione drenata}$$

Per la coesione non drenata si sono ottenuti i seguenti intervalli di valori da prove di laboratorio e in sito:

$$c_u = 40 \div 190 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove di laboratorio}$$

$$c_u = 70 \div 170 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata da prove SPT}$$

Si assume quindi per per l'unità U3, dando cautelativamente priorità ai valori da prove in sito per definire i limiti di intervallo, il seguente range di valori di coesione non drenata:

$$c_u = 90 \div 150 \text{ kPa} \quad \text{coesione non drenata}$$

Dai risultati delle prove sismiche (Down-Hole e Masw) si osservano velocità delle onde di taglio (Vs) comprese tra 219 m/s e 458 m/s, in linea con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT compresi tra 200 e 290 m/s. Si stimano quindi i valori del modulo di deformazione a taglio iniziale (G<sub>0</sub>) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) (E<sub>0</sub>) e si definiscono i seguenti intervalli di valori:

$$V_s = 220 \div 290 \text{ m/s} \quad \text{velocità delle onde di taglio}$$

$$G_0 = 90 \div 160 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 230 \div 420 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

In corrispondenza dell'unità in esame sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc dalle quali si ottiene il seguente valore medio della permeabilità

$$k = 2 \text{ E}^{-07} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	138 di 240

## 7.11 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nel seguito si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

### Unità Ra1 – riporto antropico dei rilevati delle viabilità in progetto

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $\varphi' = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $E_0 = 300 \div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

### Unità Ra2 – riporto antropico dei rilevati ferroviari in progetto

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $\varphi' = 38^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $E_0 = 300 \div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni

### Unità U1 – Sabbie Limose (bb2 - depositi alluvionali recenti)

$\gamma = 18 \div 19 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $\varphi' = 28 \div 32^\circ$  angolo di resistenza al taglio (30° valore medio)  
 $c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $N_{spt} = 3 \div 23$  numero di colpi da prova SPT  
 $G_0 = 20 \div 90 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_0 = 60 \div 225 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale  
 $k = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  permeabilità (valore medio)

### Unità U1a – Argille limose e limi argillosi (bb3 - depositi alluvionali recenti)

$\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale  
 $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$  coesione drenata  
 $\varphi' = 20 \div 26^\circ$  angolo di resistenza al taglio  
 $c_u = 40 \div 100 \text{ kPa}$  coesione non drenata  
 $N_{spt} = 6 \div 23$  numero di colpi da prova SPT  
 $G_0 = 30 \div 90 \text{ MPa}$  modulo di deformazione a taglio iniziale  
 $E_0 = 80 \div 260 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico iniziale



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	139 di 240

$k = 7 \cdot 10^{-7}$  m/s permeabilità(valore medio)

**Unità U2 – Sabbia, sabbia limosa (bn2 - depositi alluvionali antichi)**

$\gamma = 19 \div 20$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$c' = 0 \div 10$  kPa coesione drenata

$\varphi' = 29 \div 33$  ° angolo di resistenza al taglio

$N_{spt} = 4 \div 56$  numero di colpi da prova SPT

$G_o = 85 \div 420$  MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 150 \div 1200$  MPa modulo di deformazione elastico iniziale

$k = 3 \cdot 10^{-6}$  m/s permeabilità(valore medio)

**Unità U2a – Limi argillosi (bn3 - depositi alluvionali antichi)**

$\gamma = 18.0 \div 20.0$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$c' = 5 \div 20$  kPa coesione drenata

$\varphi' = 20 \div 26$  ° angolo di resistenza al taglio

$c_u = 40 \div 150$  kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate

$N_{spt} = 6 \div 46$  numero di colpi da prova SPT

$G_o = 45 \div 200$  MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 120 \div 520$  MPa modulo di deformazione elastico iniziale

$k = 5 \cdot 10^{-7}$  m/s permeabilità(valore medio)

**Unità U2b – Ghiaia sabbiosa (bn1 - depositi alluvionali antichi)**

$\gamma = 19 \div 20$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$c' = 0$  kPa coesione drenata

$\varphi' = 33 \div 38$  ° angolo di resistenza al taglio

$N_{spt} = 16 \div R$  numero di colpi da prova SPT

$G_o = 80 \div 250$  MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 200 \div 700$  MPa modulo di deformazione elastico iniziale

$k = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s permeabilità (valore medio)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	140 di 240

### Unità U3 – Argilla limosa (FAG- Formazione delle argille grigio-azzurre)

$\gamma = 20\div 21 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 15\div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 90\div 150 \text{ kPa}$	coesione non drenata
$\phi' = 18\div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 16\div 50$	numero di colpi da prova SPT
$G_0 = 90\div 160 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 230\div 420 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	permeabilità (valore medio)

I moduli di deformabilità “operativi” ( $E'$ ) da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale ( $E_0$ ).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

I valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni geotecniche locali, delle specifiche situazioni locali, oltre che rapportati alla tipologia di opere (fondazioni pali o opere di sostegno), alle ipotesi di calcolo assunte.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	141 di 240

## 8 FALDA

Nelle seguenti tabelle si riportano le letture piezometriche disponibili sui piezometri installati nelle diverse campagne d'indagine in profondità da p.c., inoltre sono stati indicati il valore minimo, massimo ed il valore medio delle letture per ciascun piezometro. Per le indagini a base del P.D. al momento della stesura del presente elaborato si ha un periodo di monitoraggio che va da aprile 2019 a novembre 2019; per quanto fin'ora rilevato non si osservano generalmente oscillazioni rilevanti del livello di falda. Solo per qualche strumento si ha una oscillazione più rilevante, ad esempio SD07 (differenza pari a 2 m).

Nel profilo stratigrafico longitudinale sono riportati in corrispondenza di ciascun piezometro il livello massimo e minimo rilevato ed è rappresentato graficamente l'andamento massimo del livello di progetto lungo il tracciato da considerare per il dimensionamento delle opere definitive a lungo termine.

**Tabella 70. Profondità falda in metri da p.c..**

PIEZOMETRO	COORDINATE WGS84	LAT - LONG	Quota		26 aprile 2019	14 maggio 2019	29 maggio 2019	17 giugno 2019	2 luglio 2019	19 luglio 2019
						m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
SD1	4147334.00	505168.00	9.00	Norton					-	-
SD2	4147126.44	505518.46	7.00	Norton	-	0.40	0.38	0.50		
SD3	4147687.00	504545.00	25.00	Norton				4.44	4.46	
SD3 bis	4147687.00	504545.00	25.00	Norton					3.99	
SD4	4146822.00	504617.00	13.00	Norton	2.79	2.78	2.94	3.08	3.19	
SD5	4146181.00	505523.00	6.00	Norton	-	2.32	2.45	2.47	2.52	
	4146181.00	505523.00	6.00	Casagrande	-	0.73	0.58	0.25	0.43	
SD5 bis	4146181.00	505523.00	5.00	Norton	-	1.23	0.28	1.53	1.76	
SD6	4147003.97	504369.93	16.00	Norton	2.75	3.14	2.78	2.83	2.90	
SD7	4146524.91	504268.23	16.00	Norton	4.97	-	2.97	5.05	3.10	
SD8	4146786.10	503956.29	25.47	Norton	8.89	8.92	8.98	9.12	9.22	
SD9	4145973.00	504945.00	8.00	Norton	-	3.00	3.00	2.91	3.02	
SD10	4145288.00	504647.00	11.00	Norton	5.50	5.50	5.34	4.57	5.10	
SD11	4145954.79	503860.79	18.00	Norton	5.52	5.86	5.89	6.03	6.30	
SD12	4146338.98	503381.80	24.00	Norton	9.55	9.60	9.64	9.51	9.83	
SD15	4145740.61	503653.33	19.00	Norton	6.26	6.46	6.52	6.57	6.95	
SD17	4144978.88	502478.55	19.00	Norton	5.12	5.23	5.33	5.41	5.56	
SD20	4144296.04	502515.27	12.00	Casagrande	2.20	2.33	2.43	2.65	2.89	
	4144296.04	502515.27	12.00	Casagrande	2.35	2.35	2.52	2.75	3.01	
SD22	4144533.49	502645.54	13.00	Casagrande					3.00	
SD25	4144648.00	502505.00	20.00	Casagrande					7.59	
SD26	4145282.81	502184.00	20.00	Casagrande					9.40	
SD27	4145282.81	502184.00	20.00	Norton					-	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

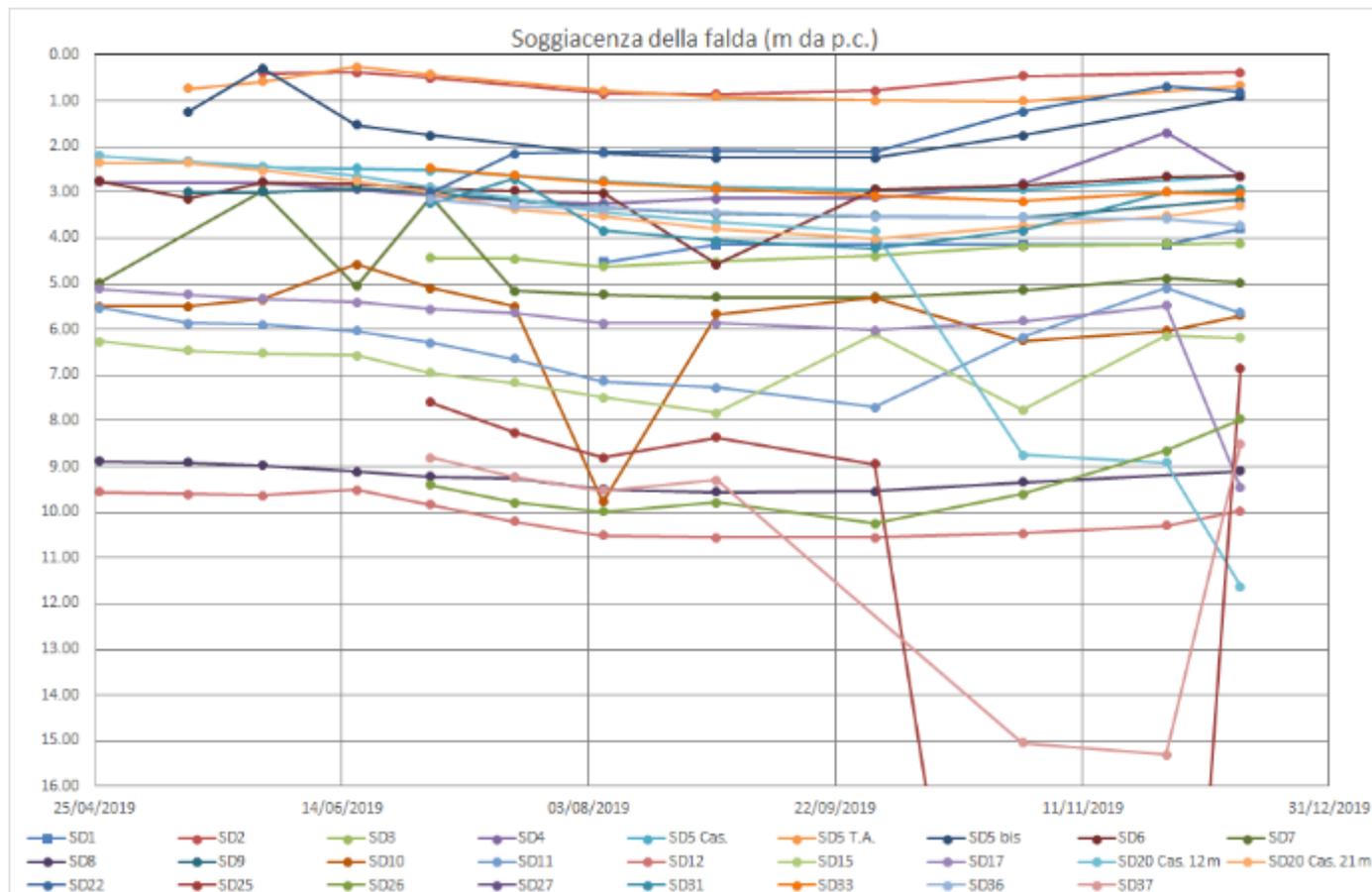
Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 RH GE00 05 001 A 142 di 240

SD31	4144481.55	502622.16	12.24	Casagrande					3.25	2.70
SD33	4145282.81	502184.00	20.00	Norton					2.48	2.63
SD36	4142893.07	502044.13	9.81	Casagrande					3.15	3.31
SD37	4144920.59	503209.72	15.00	Casagrande					8.80	9.24

PIEZOMETRO	COORDINATE WGS84			Quota	8 agosto 2019	29 agosto 2019	30 settembre 2019	30 ottobre 2019	28 novembre 2019	13 dicembre 2019
	Denominazione	LAT - LONG			m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
SD1	4147334.00	505168.00	9.00	Norton	4.53	4.15	4.15	4.15	4.14	3.80
SD2	4147126.44	505518.46	7.00	Norton	0.83	0.85	0.78	0.45		0.37
SD3	4147687.00	504545.00	25.00	Norton	4.63	4.51	4.39	4.18	4.13	4.12
SD3 bis	4147687.00	504545.00	25.00	Norton	4.48	3.78	3.93	3.49	3.22	3.17
SD4	4146822.00	504617.00	13.00	Norton	3.24	3.14	3.12	2.82	1.69	2.65
SD5	4146181.00	505523.00	6.00	Norton	2.76	2.88	2.94	2.93		2.64
	4146181.00	505523.00	6.00	Casagrande	0.77	0.92	0.99	1.00		0.67
SD5 bis	4146181.00	505523.00	5.00	Norton	2.14	2.24	2.25	1.75		0.92
SD6	4147003.97	504369.93	16.00	Norton	3.02	4.58	2.94	2.85	2.66	2.64
SD7	4146524.91	504268.23	16.00	Norton	5.24	5.30	5.29	5.15	4.88	4.97
SD8	4146786.10	503956.29	25.47	Norton	9.50	9.55	9.54	9.34		9.09
SD9	4145973.00	504945.00	8.00	Norton	3.34	3.47	3.52	3.55		3.17
SD10	4145288.00	504647.00	11.00	Norton	9.77	5.66	5.31	6.24	6.04	5.70
SD11	4145954.79	503860.79	18.00	Norton	7.13	7.27	7.70	6.17	5.10	5.64
SD12	4146338.98	503381.80	24.00	Norton	10.50	10.56	10.55	10.46	10.29	9.97
SD15	4145740.61	503653.33	19.00	Norton	7.49	7.83	6.10	7.77	6.14	6.18
SD17	4144978.88	502478.55	19.00	Norton	5.87	5.86	6.01	5.82	5.48	9.47
SD20	4144296.04	502515.27	12.00	Casagrande	3.42	3.65	3.86	8.75	8.92	11.63
	4144296.04	502515.27	12.00	Casagrande	3.52	3.79	4.03	3.73	3.52	3.30
SD22	4144533.49	502645.54	13.00	Casagrande	2.12	2.09	2.11	1.23	0.68	0.81
SD25	4144648.00	502505.00	20.00	Casagrande	8.80	8.36	8.94	29.25	29.28	6.85
SD26	4145282.81	502184.00	20.00	Casagrande	9.98	9.78	10.24	9.60	8.66	7.96
SD27	4145282.81	502184.00	20.00	Norton	-	-	-	-	-	-
SD31	4144481.55	502622.16	12.24	Casagrande	3.84	4.05	4.23	3.84	3.00	2.94
SD33	4145282.81	502184.00	20.00	Norton	2.79	2.92	3.08	3.19	3.00	3.03
SD36	4142893.07	502044.13	9.81	Casagrande	3.35	3.44	3.54	3.55	3.58	3.72
SD37	4144920.59	503209.72	15.00	Casagrande	9.53	9.30	-	15.05	15.30	8.50

\*segue da pagina precedente.



**Figura 33. Livello falda in quota assoluta (solo letture piezometri del P.D.)**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	144 di 240

## 9 OPERE D'ARTE MAGGIORI

### 9.1 GALLERIA ARTIFICIALE GA01

L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 0+922 e 1+837.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

Sondaggio	Profondità (m)	Lotto N.	Data esecuzione dal al		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio (m slm)	Quota terreno (m slm)
						Nord	Est		
SD7	40.00	2	26/03/2019	28/03/2019	Piezometro	4146525.171	2524274.671	16.00	16.00
SD11	40.00	2	27/02/2019	03/01/2019	Piezometro	4145943.153	2523893.649	18.00	18.00
SD13	30.00	2	28/03/2019	29/03/2019	DH	4146661.397	2524427.408	15.00	15.00
SD14	30.00	2	04/08/2019	04/09/2019	DH	4146368.406	2524117.121	13.00	13.00
SD32	40.00	2	30/07/2019	31/07/2019	Piezometro	4146082.211	2524149.586	17.00	17.00
S7	10.00	2	22/04/2010	22/04/2010	Strum_in_foro	4146291.083	2523866.118	19.30	19.00
S8	10.00	2	22/04/2010	22/04/2010	Strum_in_foro	4146332.188	2524071.644	19.30	19.00
SBH4	30.00	2	17/01/2013	18/01/2013	Piezometro	4146421.470	2524250.660	15.00	15.00

Nella prima parte della galleria artificiale fino alla progressiva chilometrica 1+400 circa predomina lo strato superficiale di spessore pari a 3-6 m relativo ai depositi alluvionali recenti costituito da sabbie limose (unità U1) e si estende fino al tetto dei depositi alluvionali antichi. Successivamente, si inverte lo stato superficiale e da sabbie limose si passa a limi argillosi e argille limose di spessore pari a 4.5m, a cui seguono le sabbie limose del deposito alluvionale recente fino agli strati profondi dei depositi alluvionali antichi relativi alle unità U2 e U2a. A profondità superiori di 20-25 m dal p.c. si intercetta la formazione delle Argille grigio-azzurre (unità U3).

Dalle indagini sismiche, DH-SD13 e DH-SD14, è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo C.

La successione stratigrafica lungo lo sviluppo dell'opera è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale.

Il livello massimo di falda interferisce con gli scavi della galleria artificiale da inizio a fine tracciato.

#### Unità U1 – Sabbie Limose (bb2 – Depositi alluvionali recenti)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 28 \div 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_0 = 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 30 \text{ Mpa}$	modulo di deformazione elastico operativo



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	145 di 240

### Unità U1a – Argille limose e limi argillosi (bb3 – Depositi alluvionali recenti)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 20 \div 60 \text{ kPa}$	coesione non drenata
$E_o = 125 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 25 \text{ Mpa}$	modulo di deformazione elastico operativo

### Unità U2 – Sabbia limosa (bn2 – Depositi alluvionali antichi)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 29 \div 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 150 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 30 \div 60 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

### Unità U2a – Limi argillosi (bn3 – Depositi alluvionali antichi)

$\gamma = 18.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 90 \div 150 \text{ kPa}$	coesione non drenata
$\varphi' = 20 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 200 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 40 \div 80 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

### Unità U3 – Argilla limosa (FAG – Formazione delle argille grigio-azzurre)

$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 22^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 130 \div 150 \text{ kPa}$	coesione non drenata

$E_0 = 300\div 600\text{MPa}$

Modulo di deformazione elastico iniziale

$E' = 60\div 120\text{MPa}$

modulo di deformazione elastico operativo

In linea generale per i parametri geotecnici sopra indicati, si consiglia:

- di assumere il modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette ( $E'_{op}$ ) pari a  $E_0/5$ .

Per la perforazione dei diaframmi, in relazione alla tipologia di terreni, si utilizzerà la seguente tecnologia di scavo:

- scavo con benna mordente. Sono eseguiti scavando una trincea con uso di fango bentonitico, installando poi un'armatura e quindi eseguendo il getto di calcestruzzo.

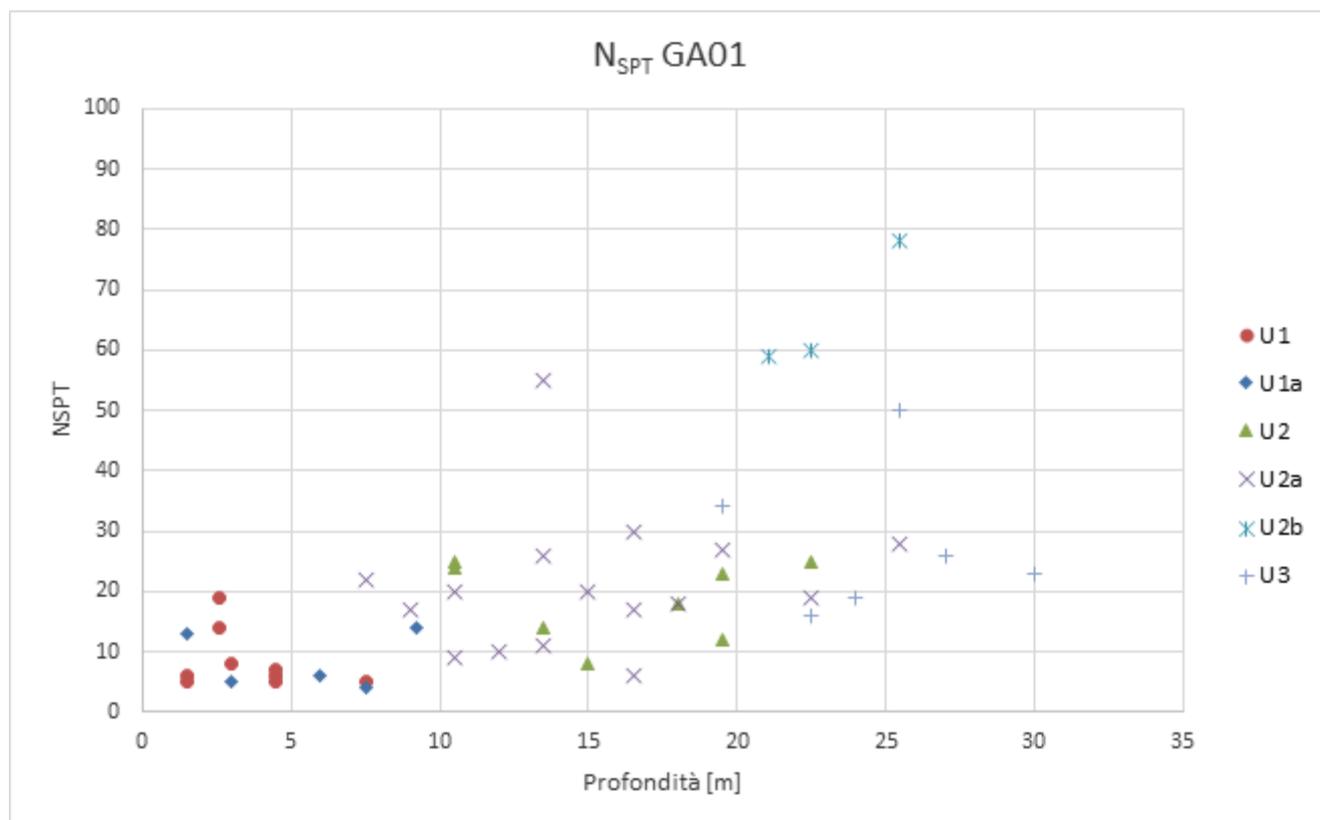
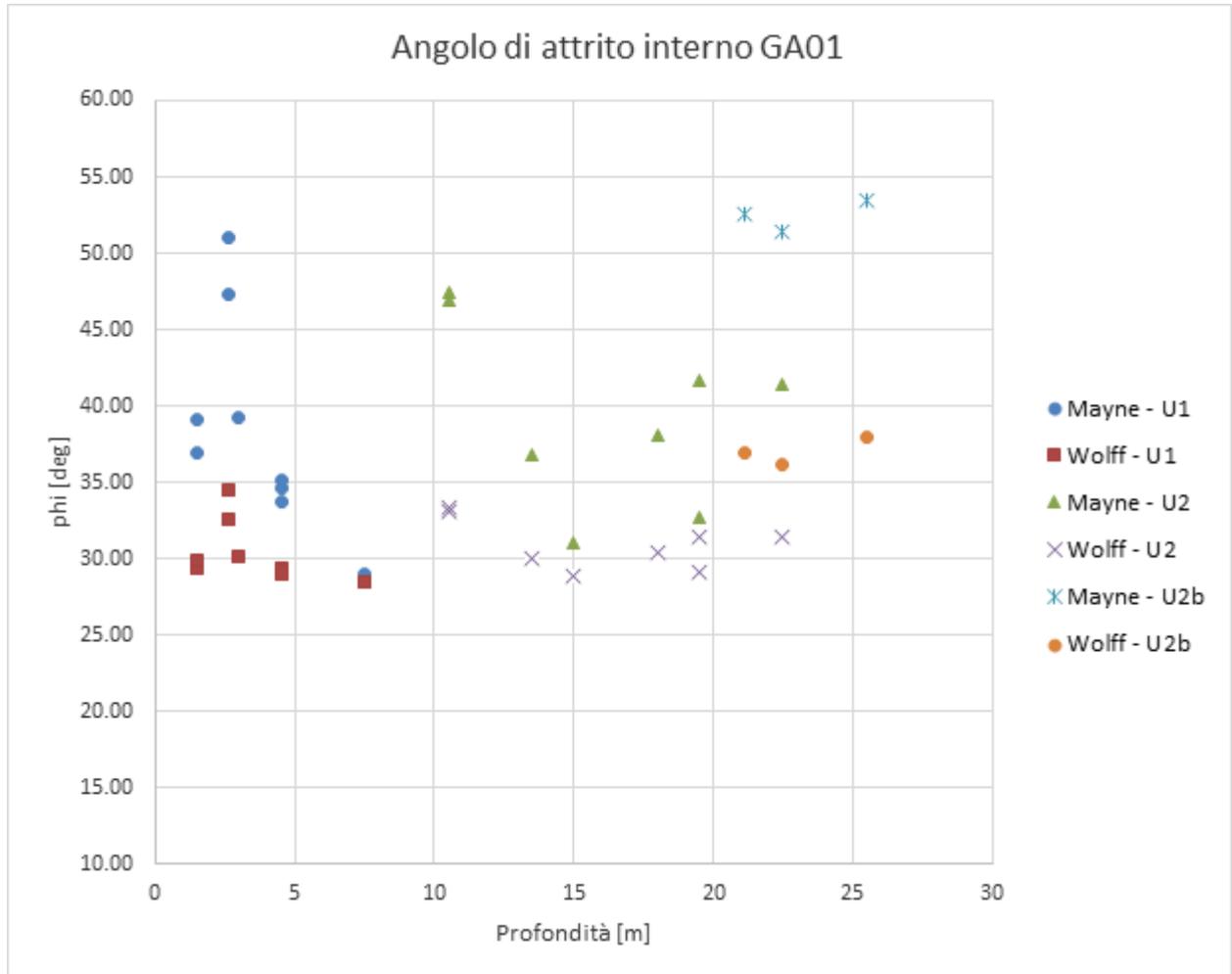


Figura 34. Numero di colpi da prove SPT – GA01



**Figura 35. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– GA01**

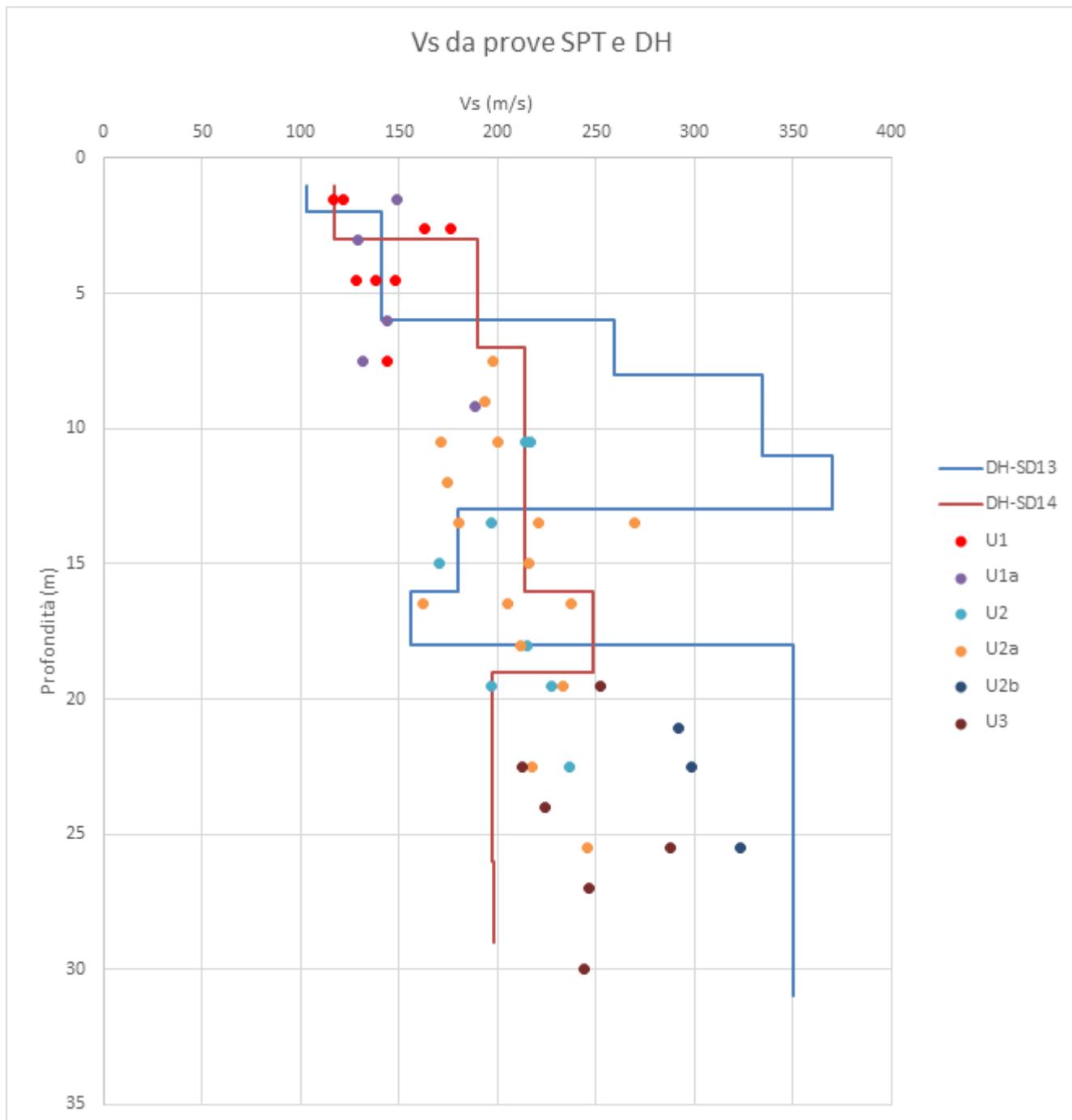
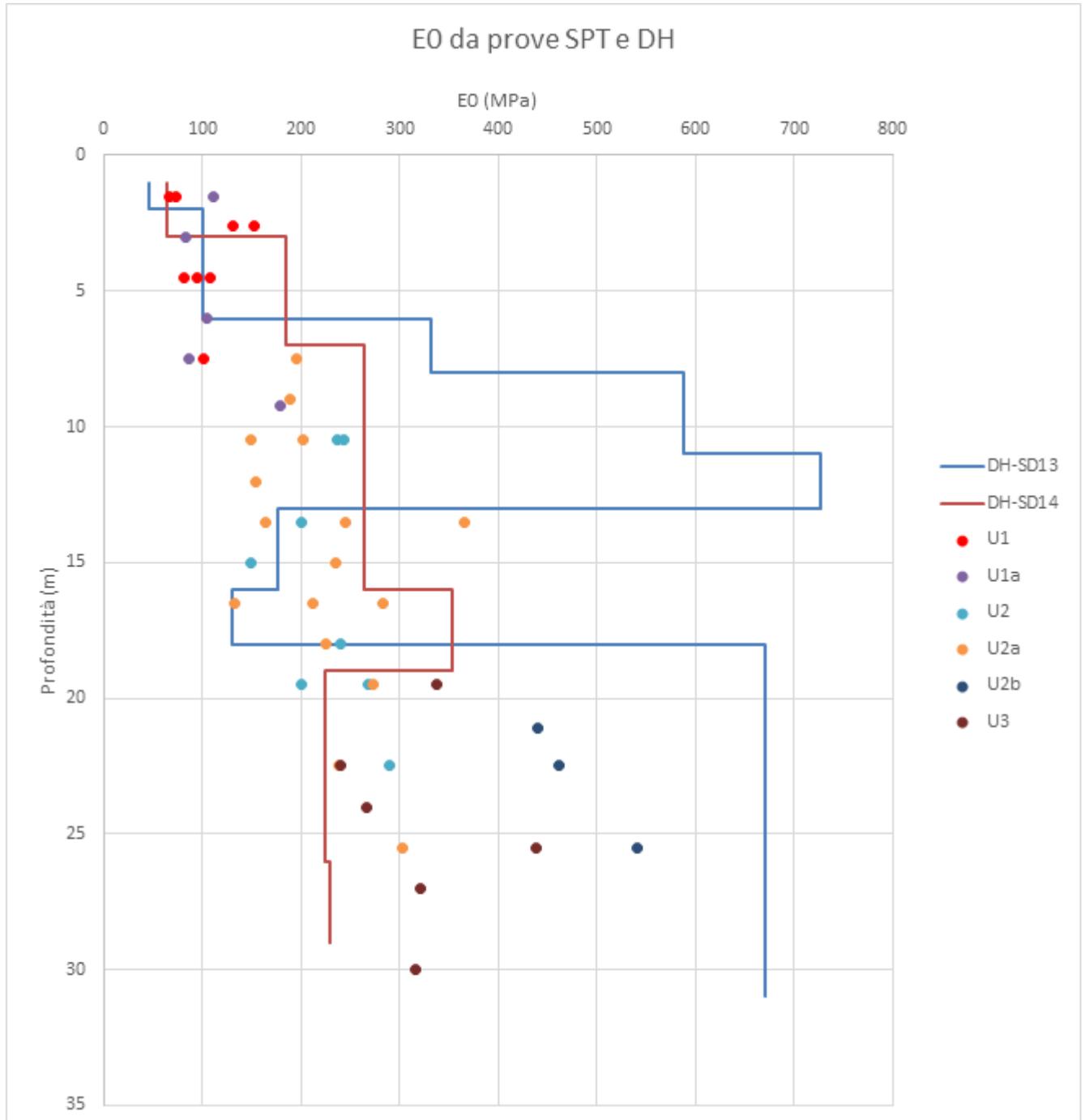
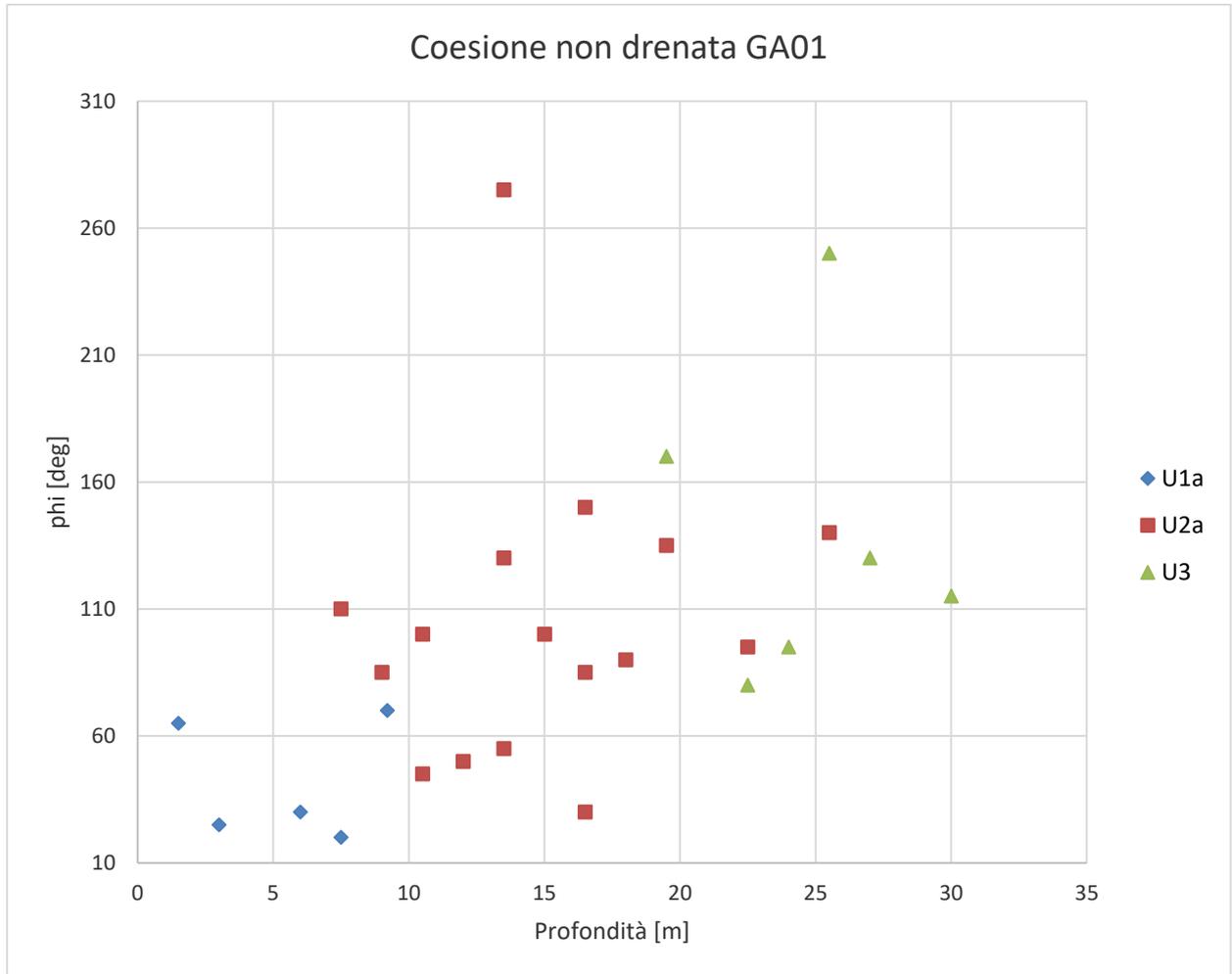


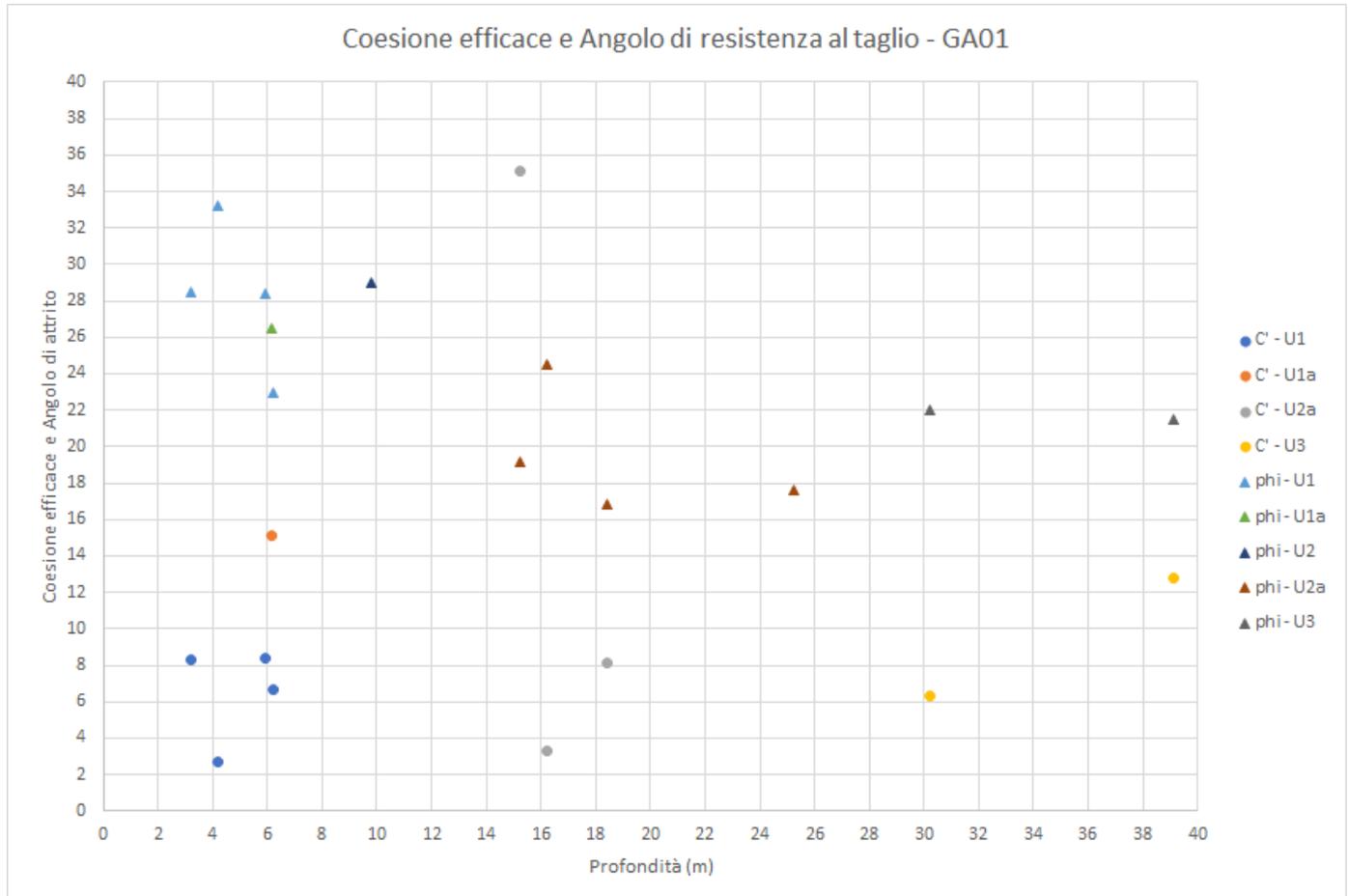
Figura 36. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – GA01



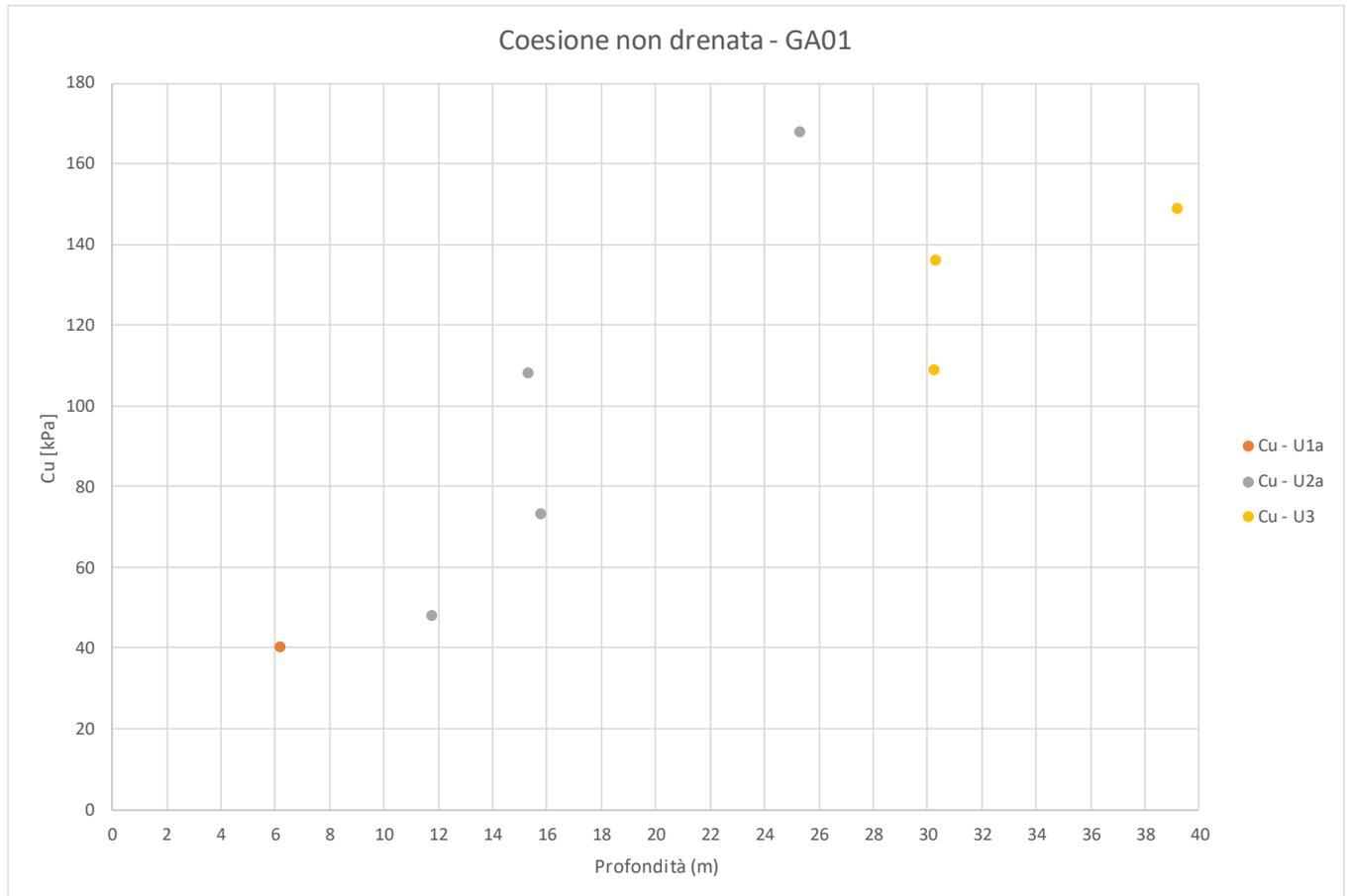
**Figura 37. Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT e DH – GA01**



**Figura 38. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– GA01**



**Figura 39. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio– GA01**



**Figura 40. Coesione non drenata da prove di laboratorio – GA01**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	153 di 240

## 9.2 TRINCEA LATO CATANIA -TR03

L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 1+837 a 2+200.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

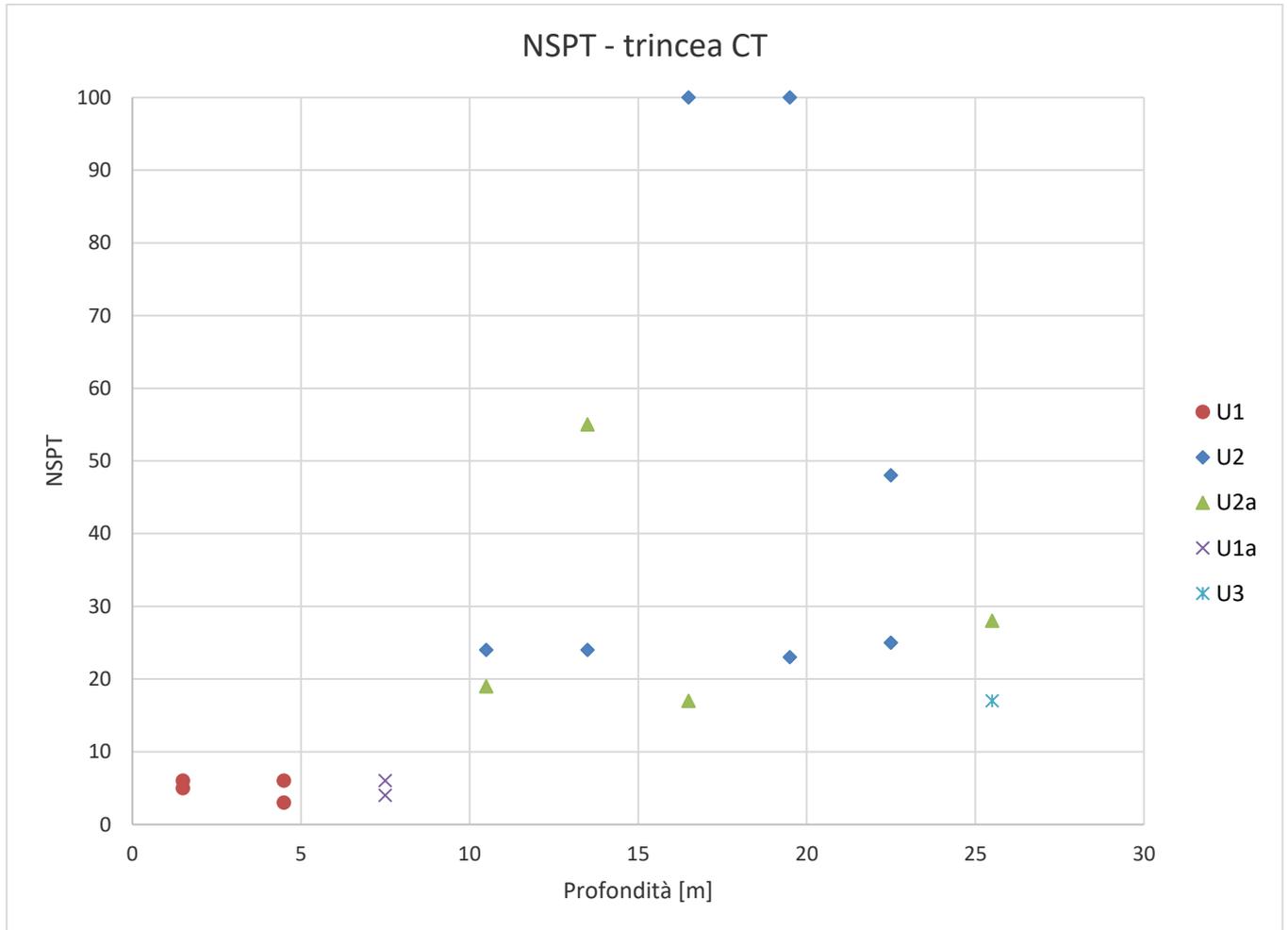
Sondaggio	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
	(m)	N.	dal	al		Nord	Est	(m slm)	(m slm)
SD13	30.00	2	28/03/2019	29/03/2019	DH	4146661.397	2524427.408	15.00	15.00
S4	30.00	2	31/03/2010	04/01/2010	Piezometro	4145706.124	2522953.898	23.30	23.00
<b>CPTÉ</b>									
CPTÉ	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sonda	Quota terreno
	(m)	N.	dal	al		Nord	Est	(m slm)	(m slm)
cp1e_1	15.40	2	07/04/2019	07/04/2019		4146906.098	2524760.341	12.00	12.00

A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni di riporto di spessore massimo 1.5 m, poi terreni sabbioso limosi (unità U1) fino a profondità variabile da 6.0 a 8.0 m, a seguire i depositi alluvionali recenti limo-argillisi (unità U1a) fino a 11.0-12.0 m dal p.c. Successivamente si incontra i depositi alluvionali antichi dove prevale la formazione argillosa (unità U2a) nella parte iniziale del tracciato fino alla progressiva 1+900, dalla quale diventa prevalente la formazione sabbiosa (unità U2). A seguire le argille grigio azzurre (unità U3) dai 25.0-27.0 m fino alla massima profondità investigata.

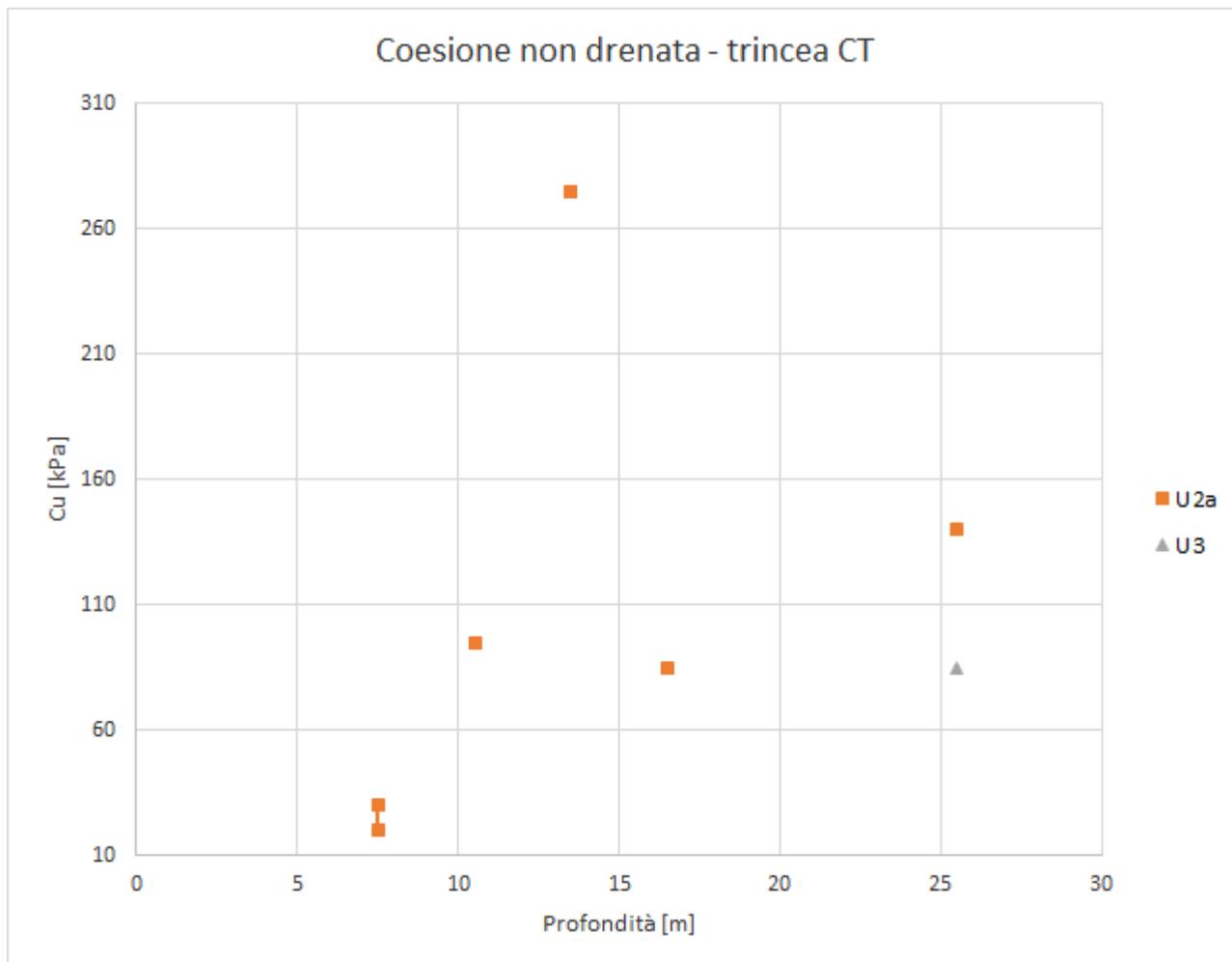
Nella relazione geotecnica sulla liquefazione è riportata nel dettaglio la verifica a liquefazione dei terreni presenti lungo la trincea. In corrispondenza della trincea sono stati rilevati livelli di terreni sabbiosi relativi all'unità U1, potenzialmente liquefacibili come risulta dalle analisi effettuate sulla CPTÉ1 e la DH eseguita sul sondaggio SD13. Questo strato interessa solo parzialmente i diaframmi della trincea e solo nella parte sommitale fino ad una profondità di 5.0m da p.c...

Dalle indagini sismiche, DH-SD13, è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo C.

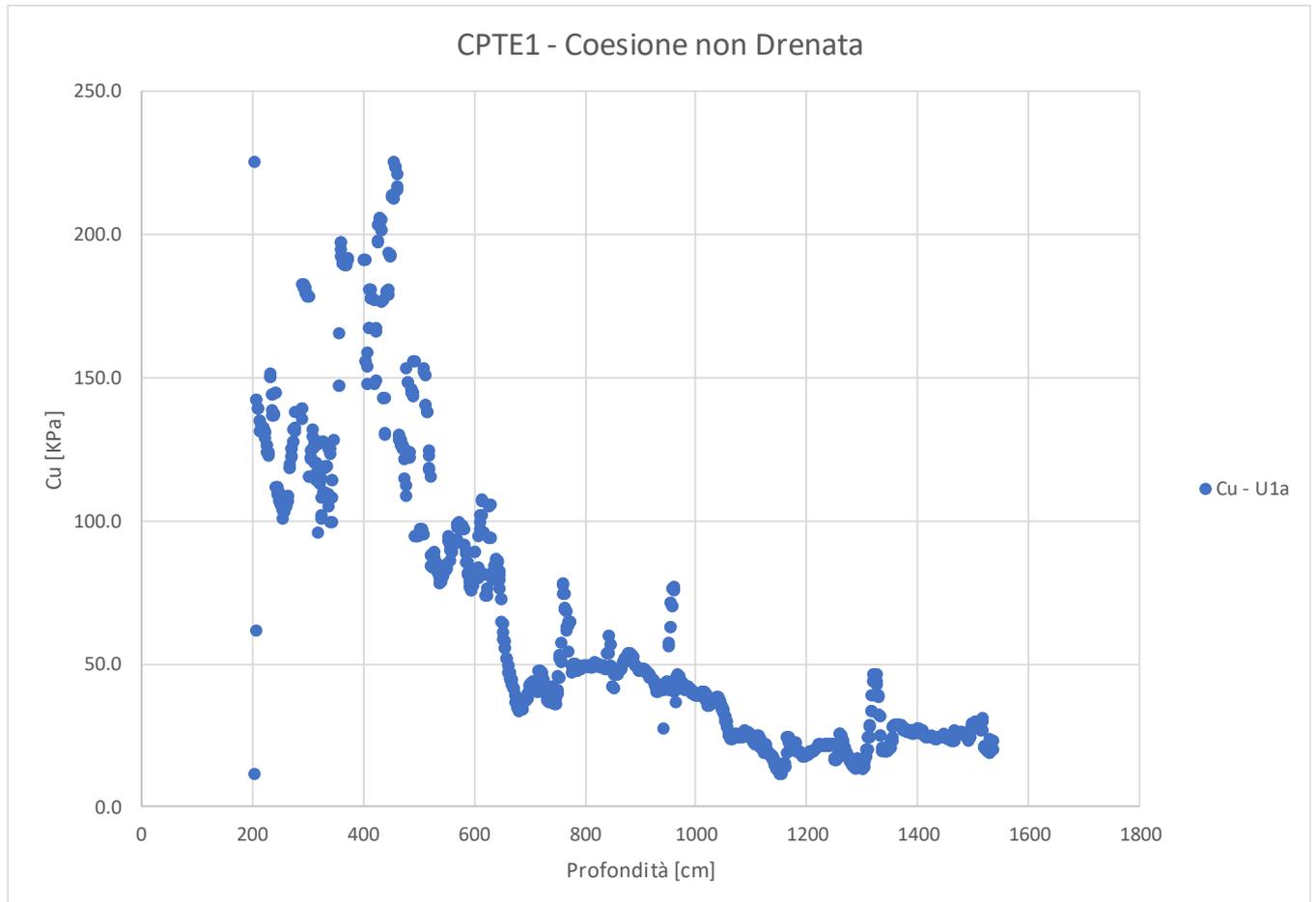
Per la caratterizzazione delle formazioni intercettate si veda quanto riportato per la galleria artificiale GA01.



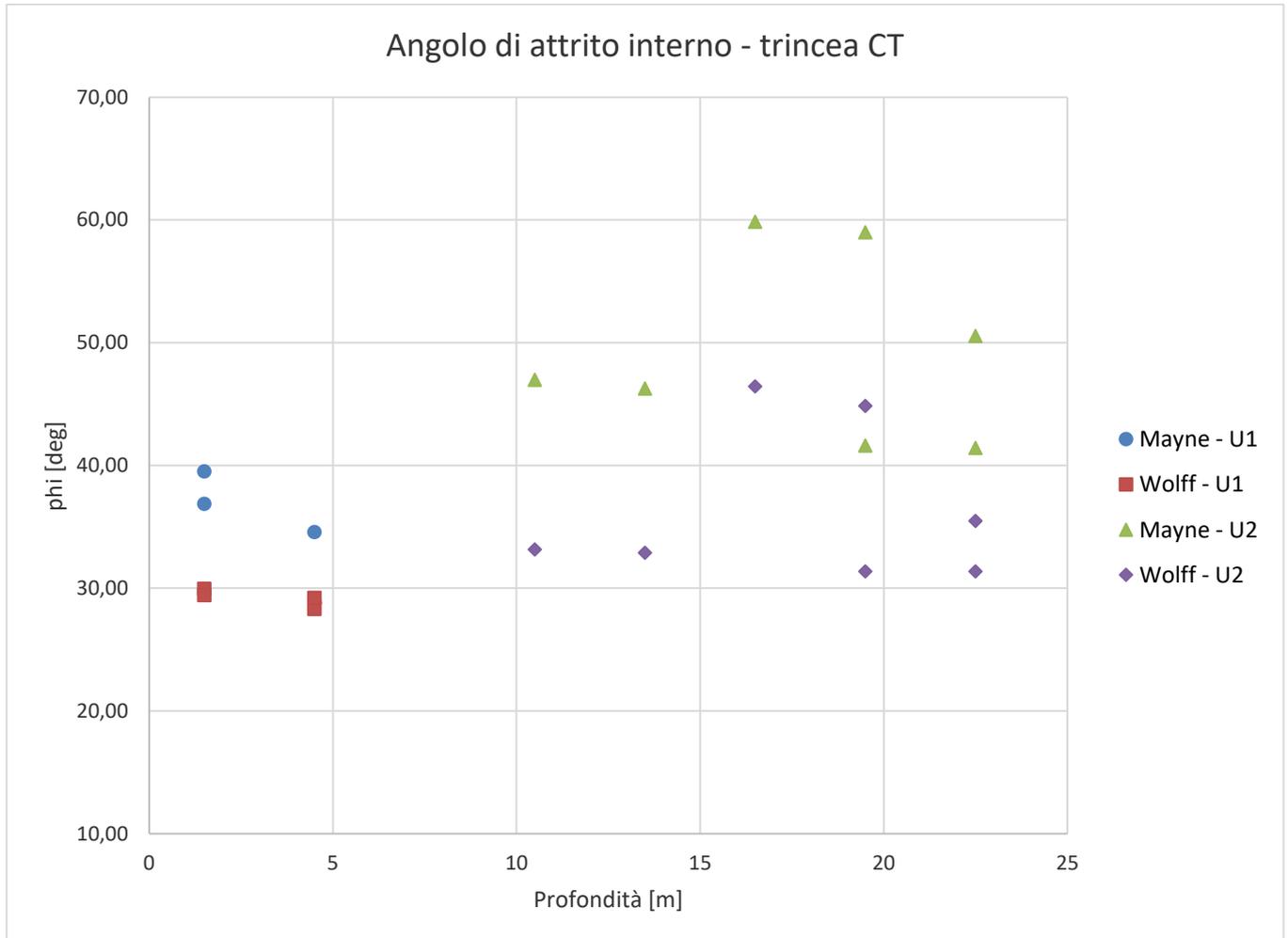
**Figura 41. Numero di colpi da prove SPT – Trincea CT**



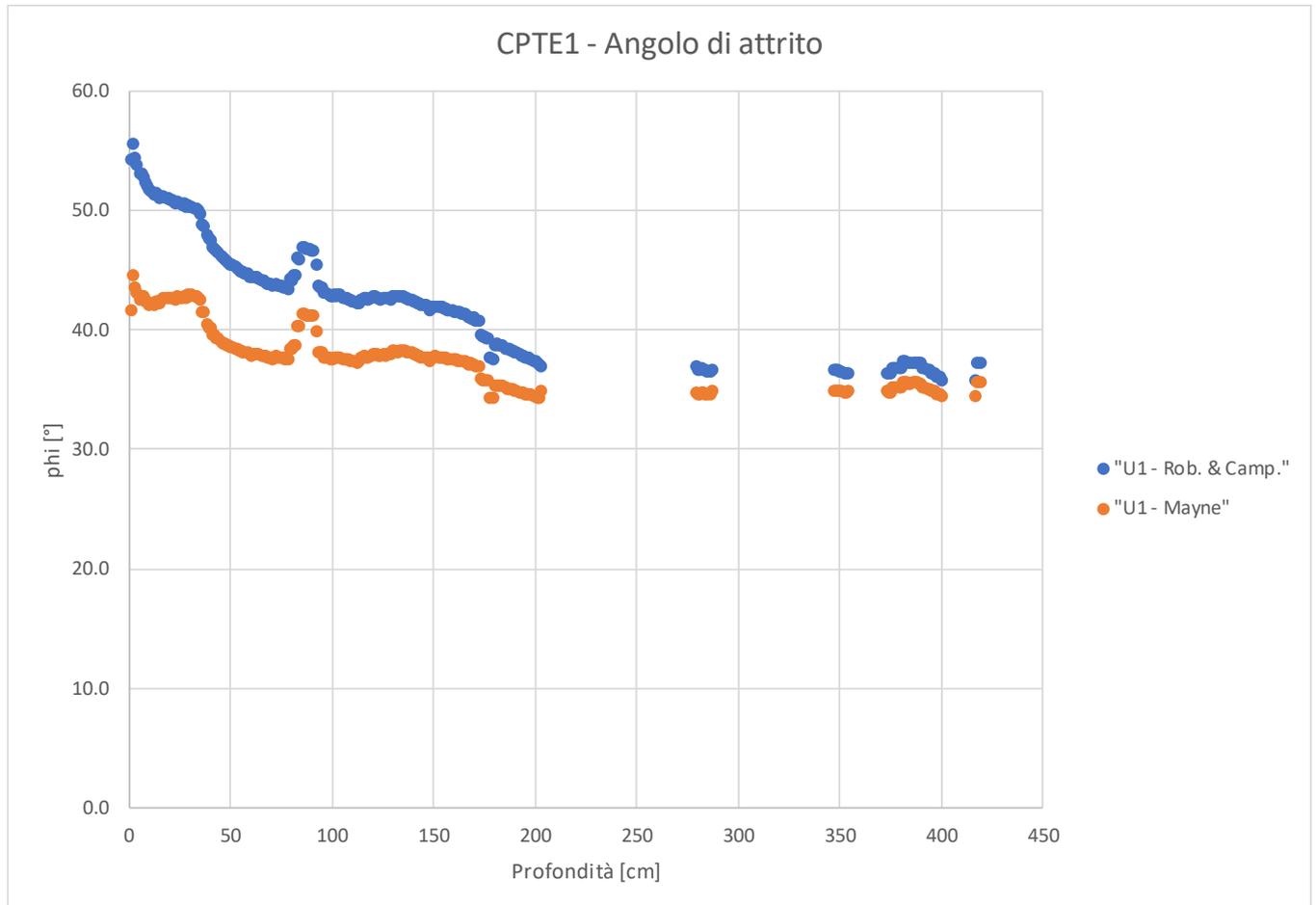
**Figura 42. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– Trincea CT**



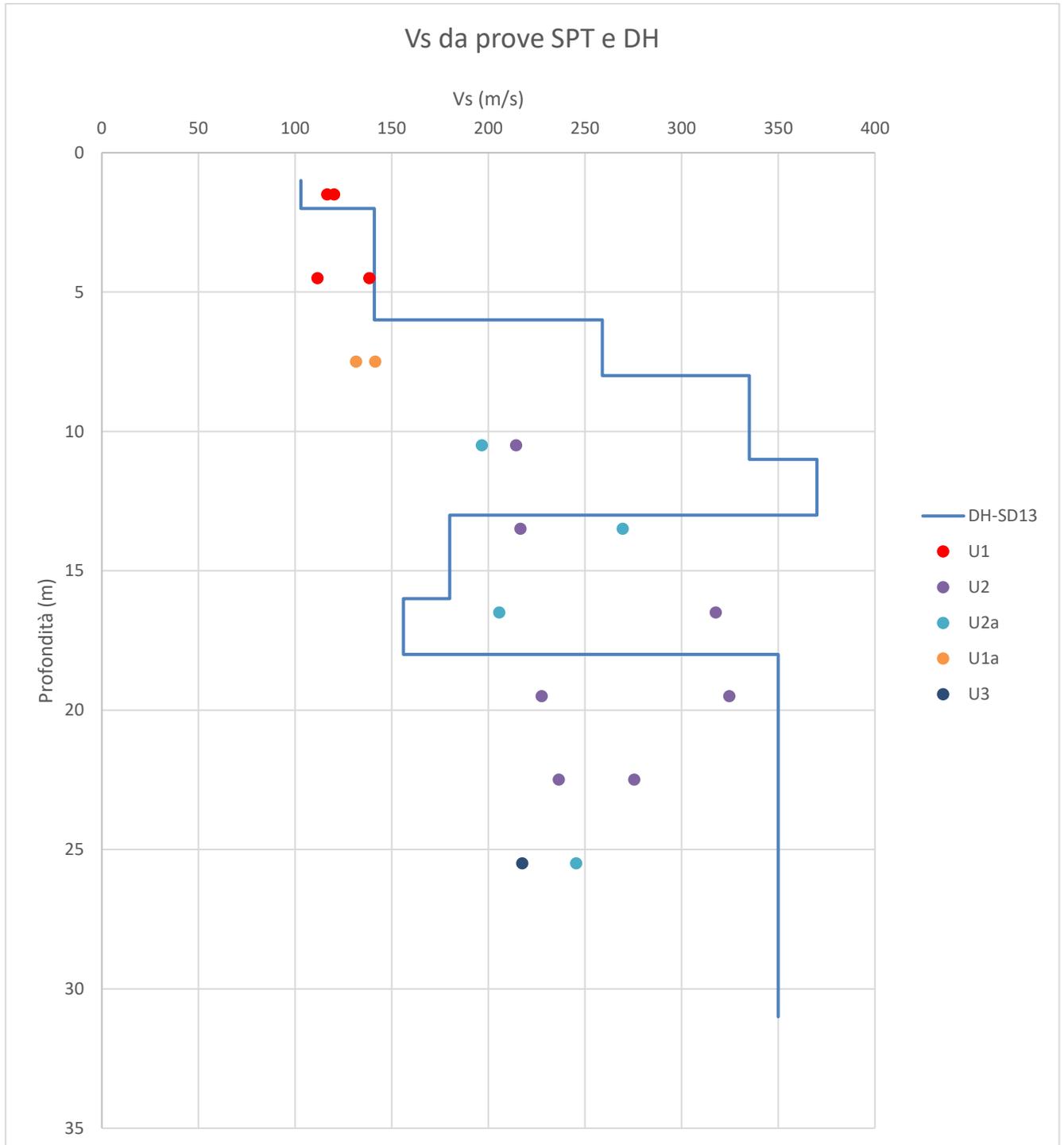
**Figura 43. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove CPT– Trincea CT**



**Figura 44. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– Trincea CT**



**Figura 45. Angolo di resistenza al taglio da prove CPT– Trincea CT**



**Figura 46. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – Trincea CT**

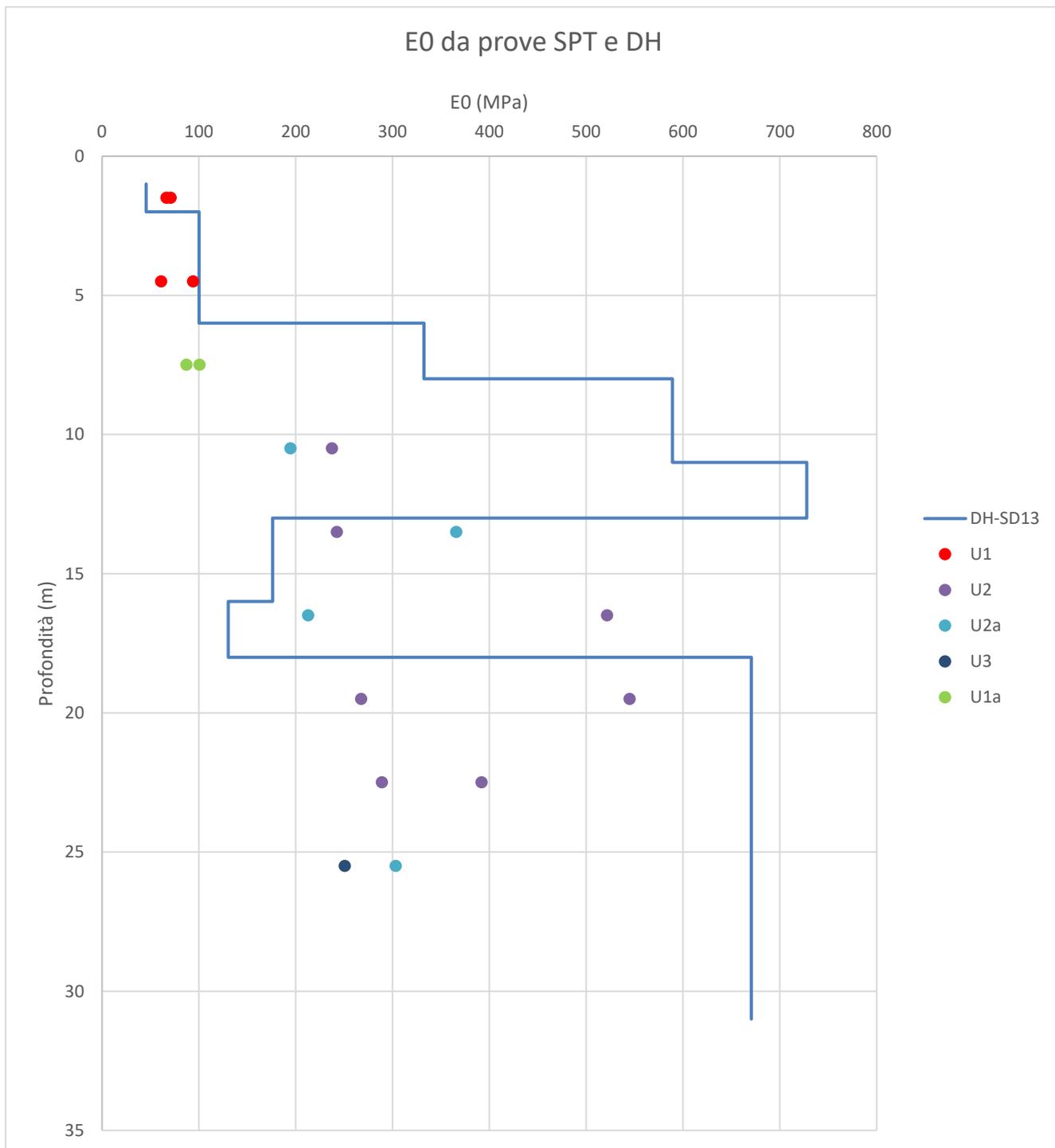


Figura 47. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH – Trincea CT



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	161 di 240

### 9.3 TRINCEA LATO PALERMO – TR02

L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 0+600 e 0+922.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

Sondaggio	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
	(m)	N.	dal	al		Nord	Est	(m slm)	(m slm)
SD11	40.00	2	27/02/2019	03/01/2019	Piezometro	4145943.153	2523893.649	18.00	18.00
SD15	30.00	2	03/04/2019	03/05/2019	Piezometro	4145740.859	2523659.754	16.00	19.00
SBH3	30.00	2	15/01/2013	16/01/2013	Piezometro	4145622.710	2523609.713	18.30	18.00

A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni di riporto di spessore massimo 1.0 m, poi terreni sabbioso limosi (unità U1) fino a profondità variabile da 7.0 a 9.0 m, alternandosi ai depositi alluvionali recenti limo-argillisi (unità U1a) alla medesima profondità dal p.c. Successivamente si incontra i depositi alluvionali antichi dove prevale la formazione argillosa (unità U2a) alternata da strati intermedi delle formazioni sabbiosa (unità U2) e ghiaiosa (unità U2b). A seguire le argille grigio azzurre (unità U3) dai 26.0-33.0 m fino alla massima profondità investigata.

Per la caratterizzazione delle formazioni intercettate si veda quanto riportato per la galleria artificiale GA01.

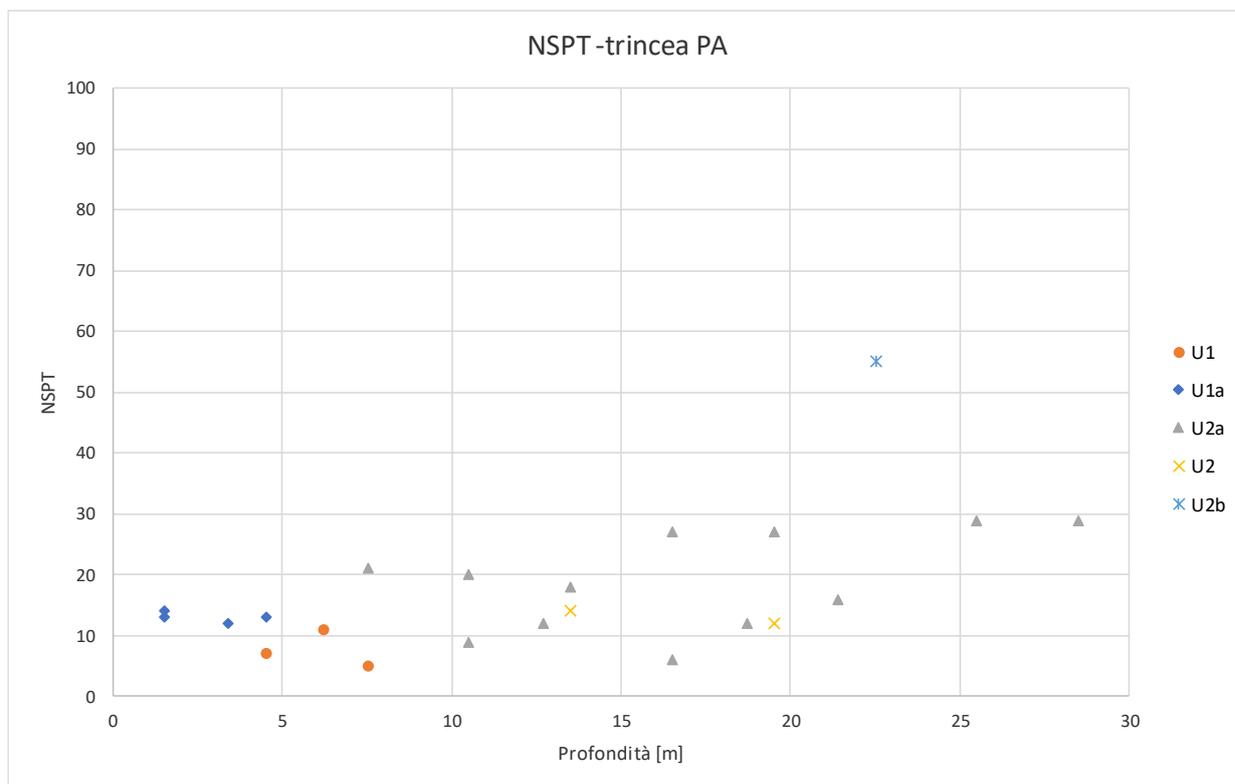
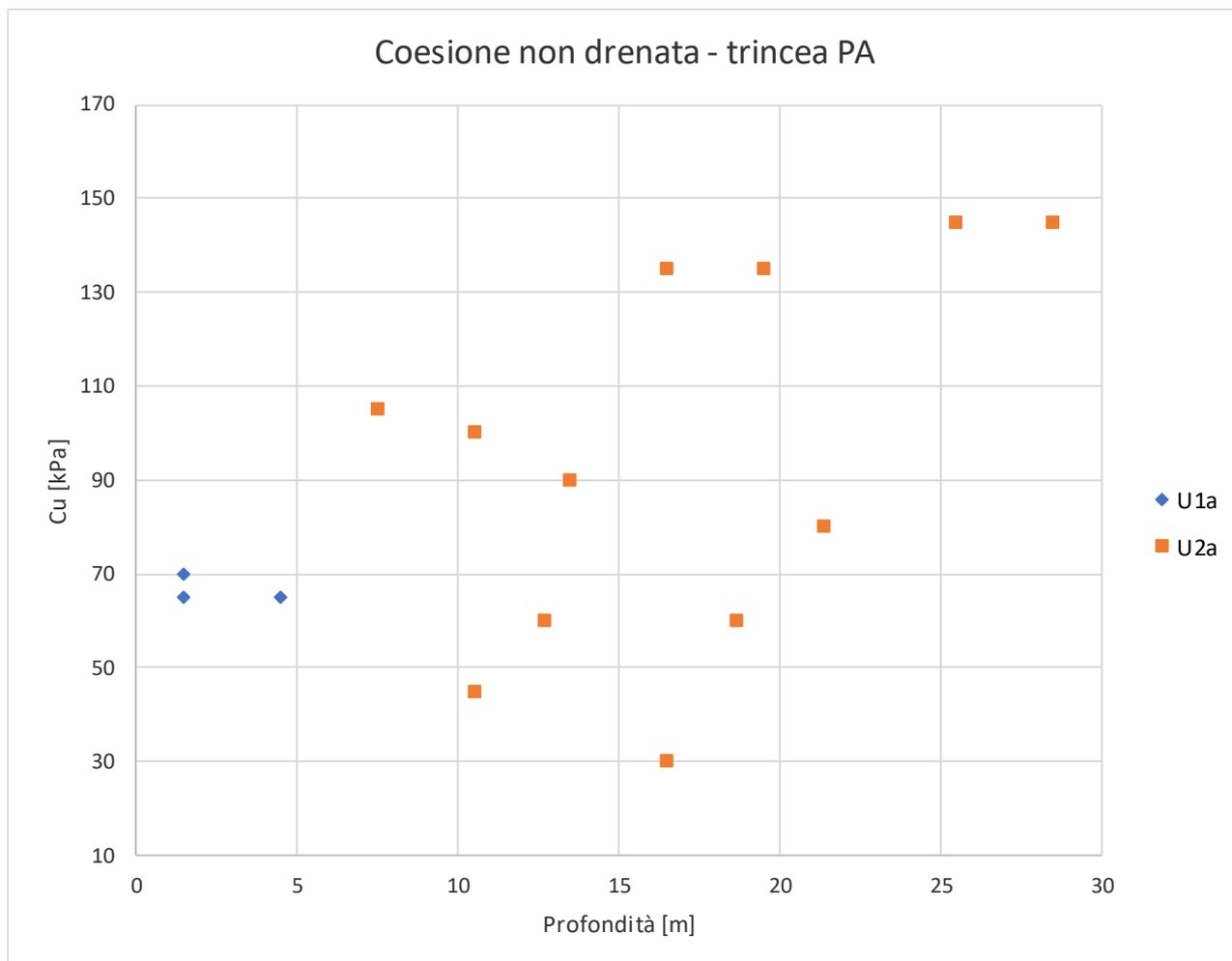
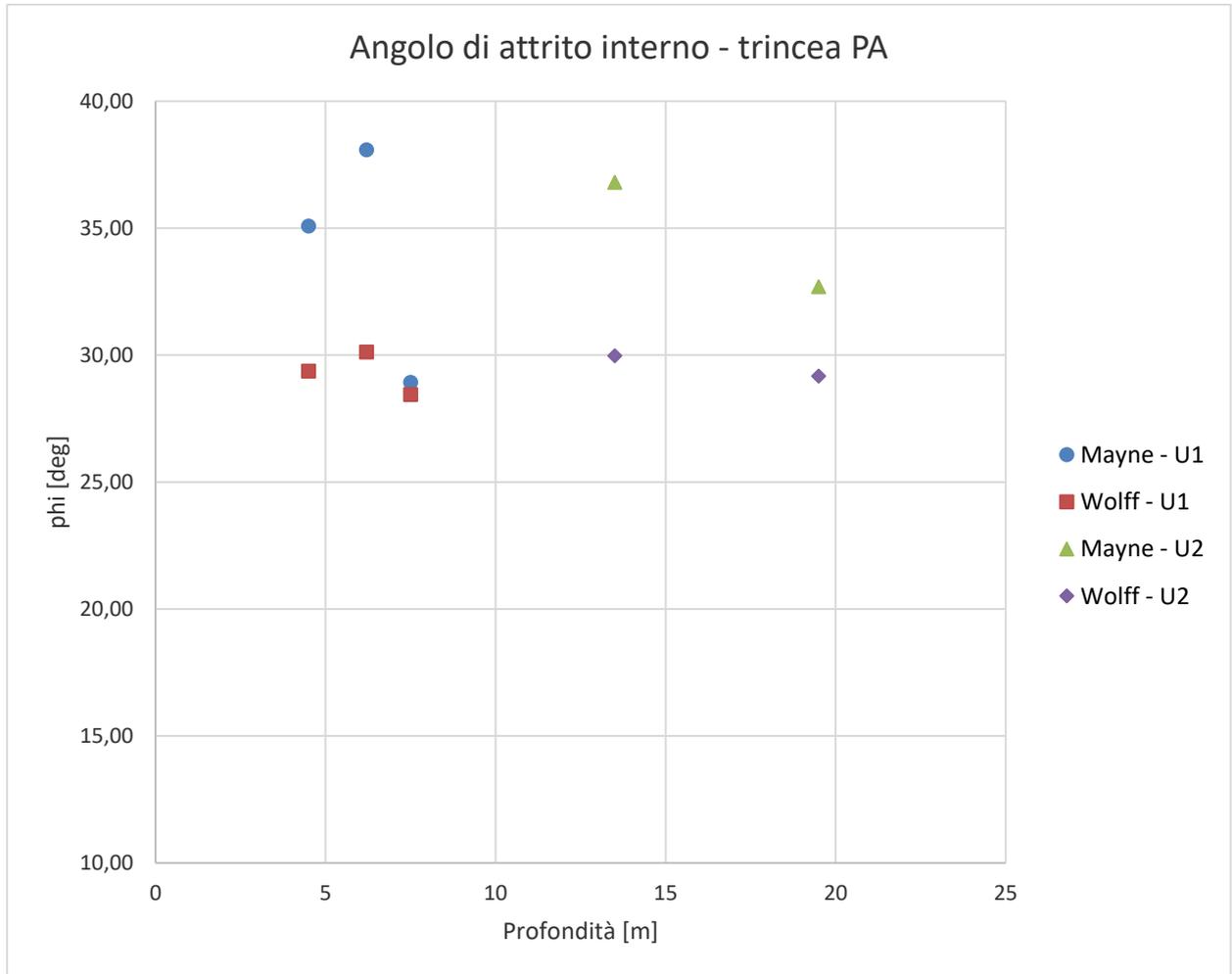


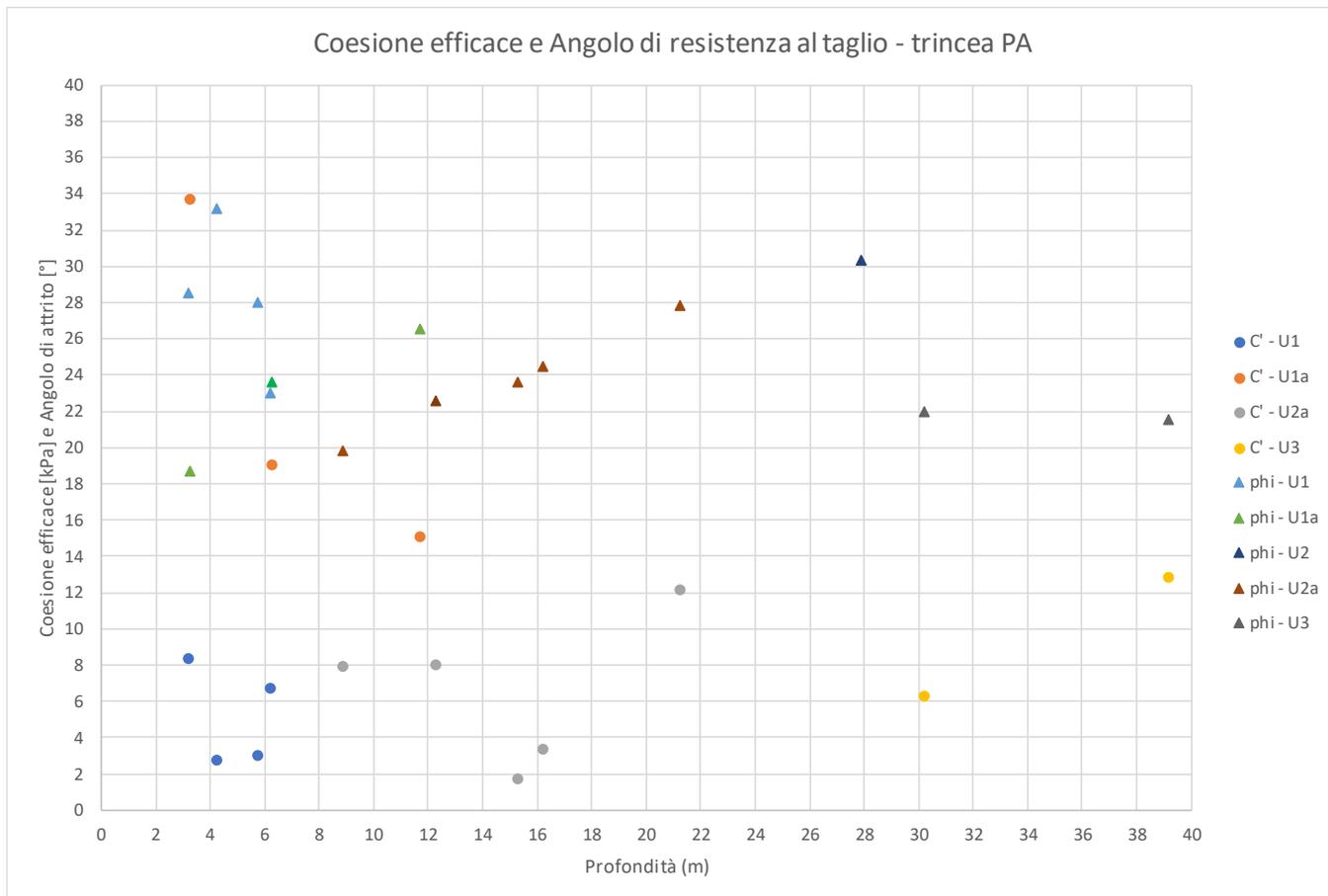
Figura 48. Numero di colpi da prove SPT – Trincea PA



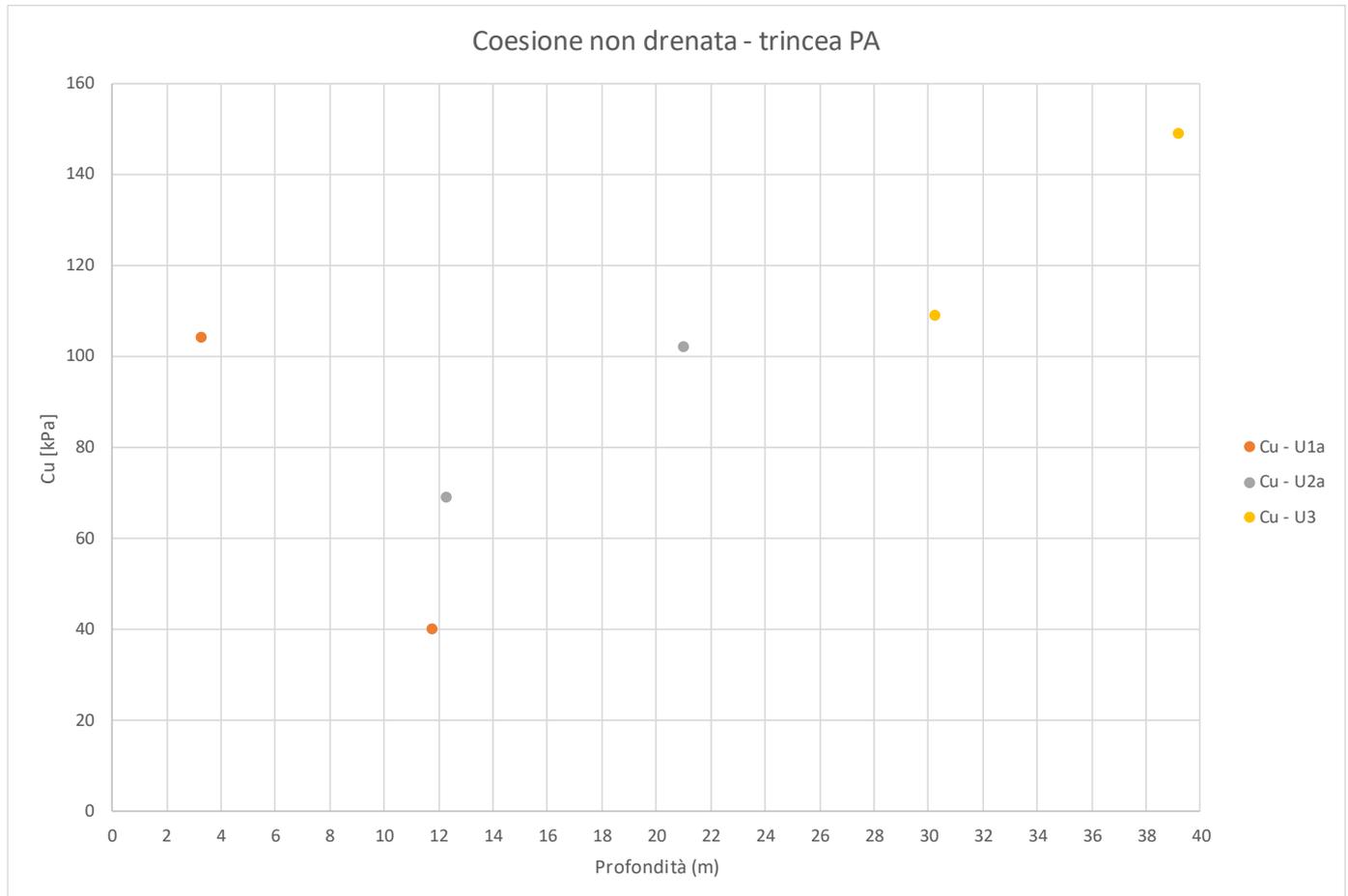
**Figura 49. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– Trincea PA**



**Figura 50. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– Trincea PA**



**Figura 51. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio – Trincea PA**



**Figura 52. Coesione non drenata da prove di laboratorio – Trincea PA**

## 9.4 VIADOTTO VI01

L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 1+275 e 1+355 del Lotto 2.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

Sondaggio	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			Quota terreno
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	
	(m)	N.	dal	al		Nord	Est	(m slm)	(m slm)
SD18	50.00	3	04/10/2019	04/11/2019	DH	4144564.854	2522470.434	13.00	13.00
SD25	50.00	2	05/09/2019	14/05/2019	Piezometro	4144649.239	2522515.33	20.00	20.00

A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni sabbioso limosi (unità U1) fino a profondità variabile da 3.0 a 6.0 m, al di sotto dei quali si trovano i depositi alluvionali recenti limo-argillosi (unità U1a) di potenza variabile tra 4.0 e 6.5 m. Successivamente si incontra i depositi alluvionali antichi dove prevale la formazione argillosa (unità U2a) alternata da strati intermedi delle formazioni sabbiosa (unità U2) fino alla massima profondità investigata.

Dalle indagini sismiche, DH-SD18, è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo C.

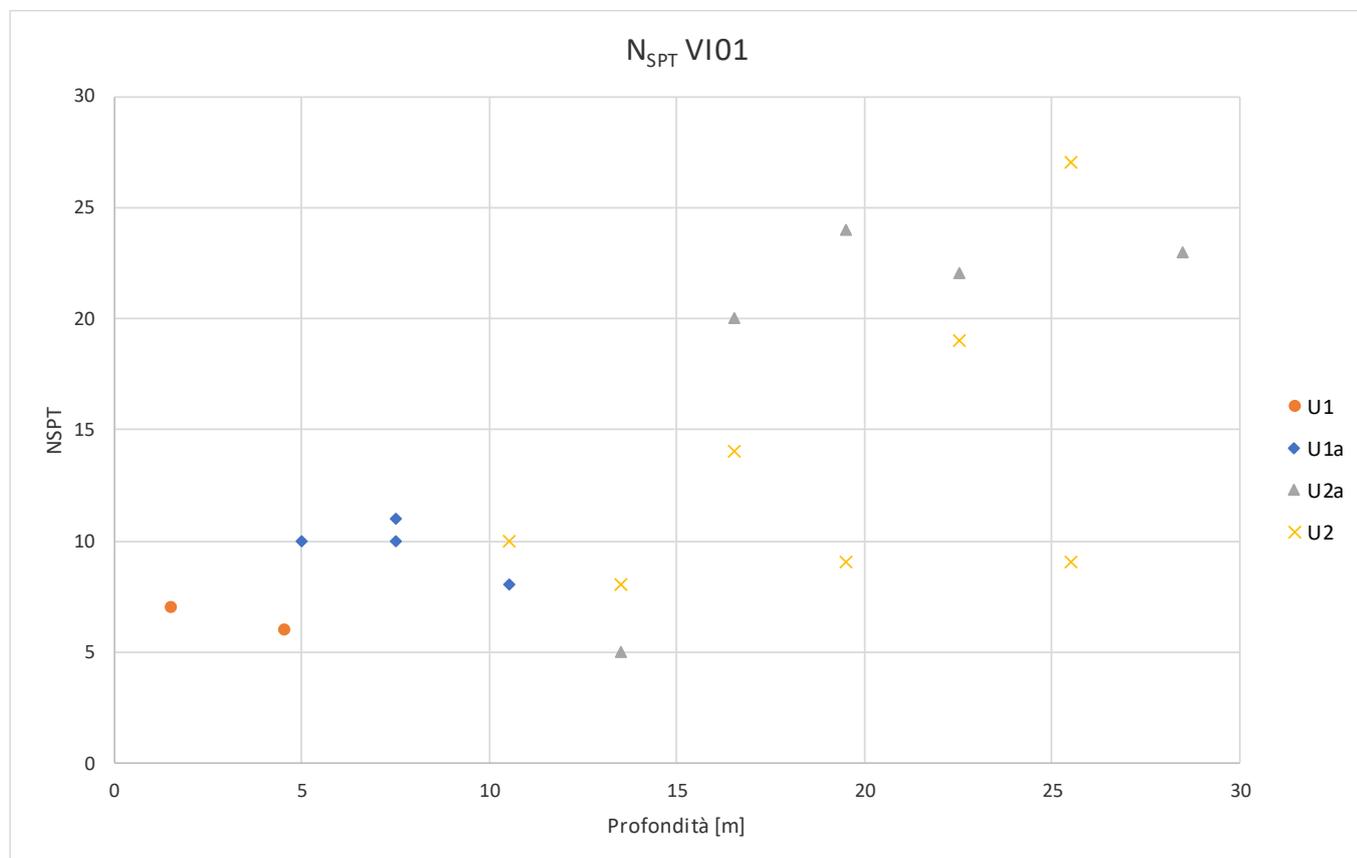
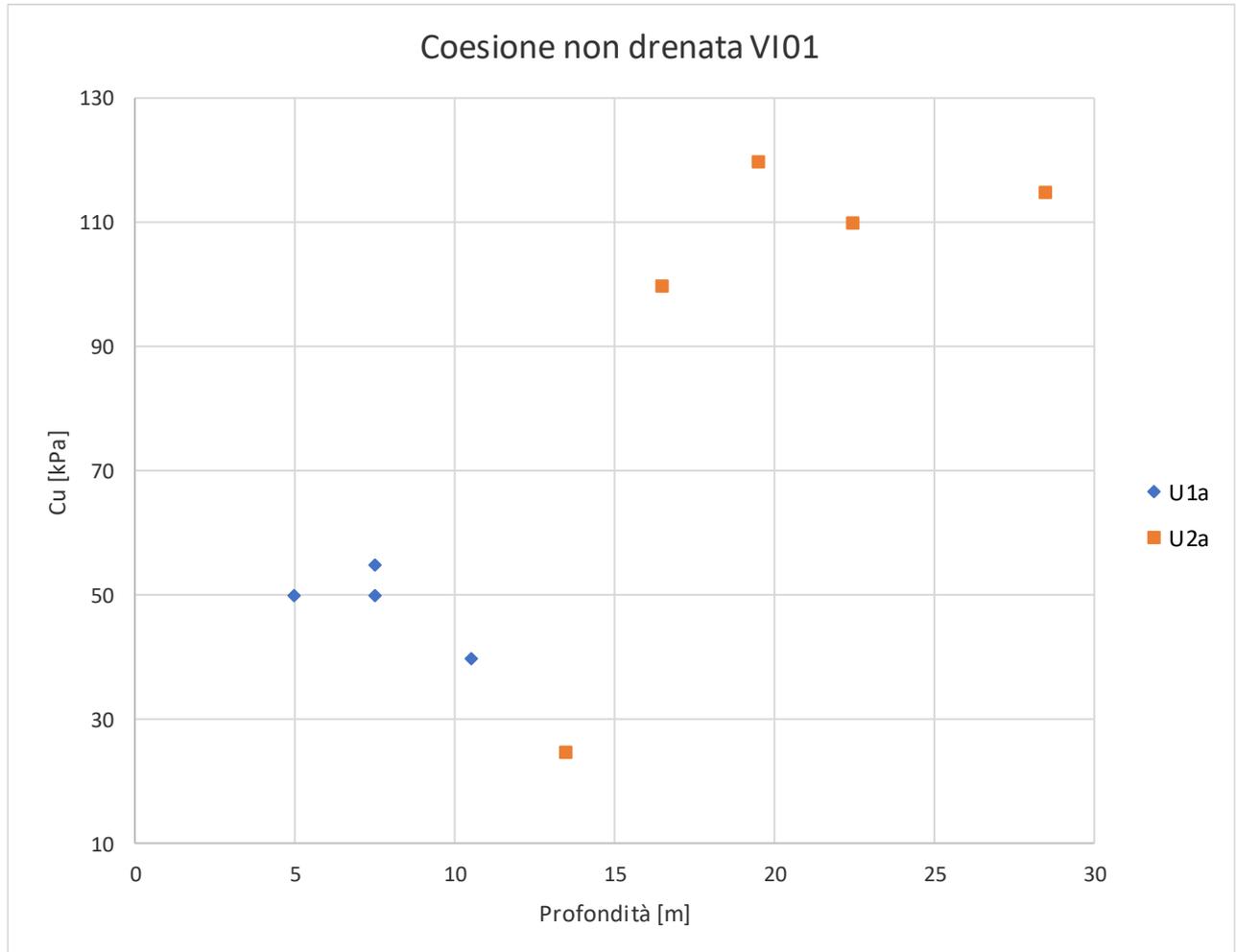
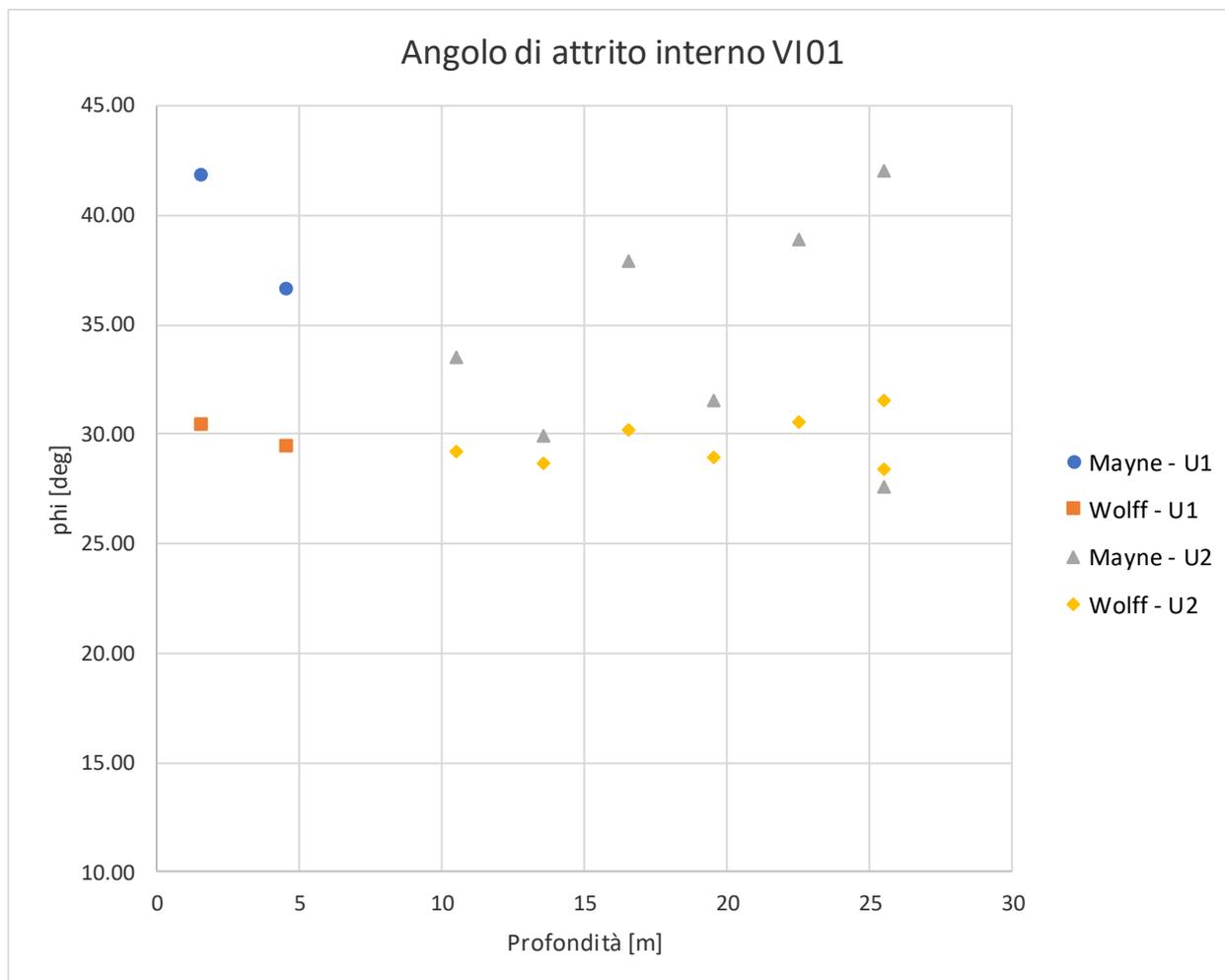


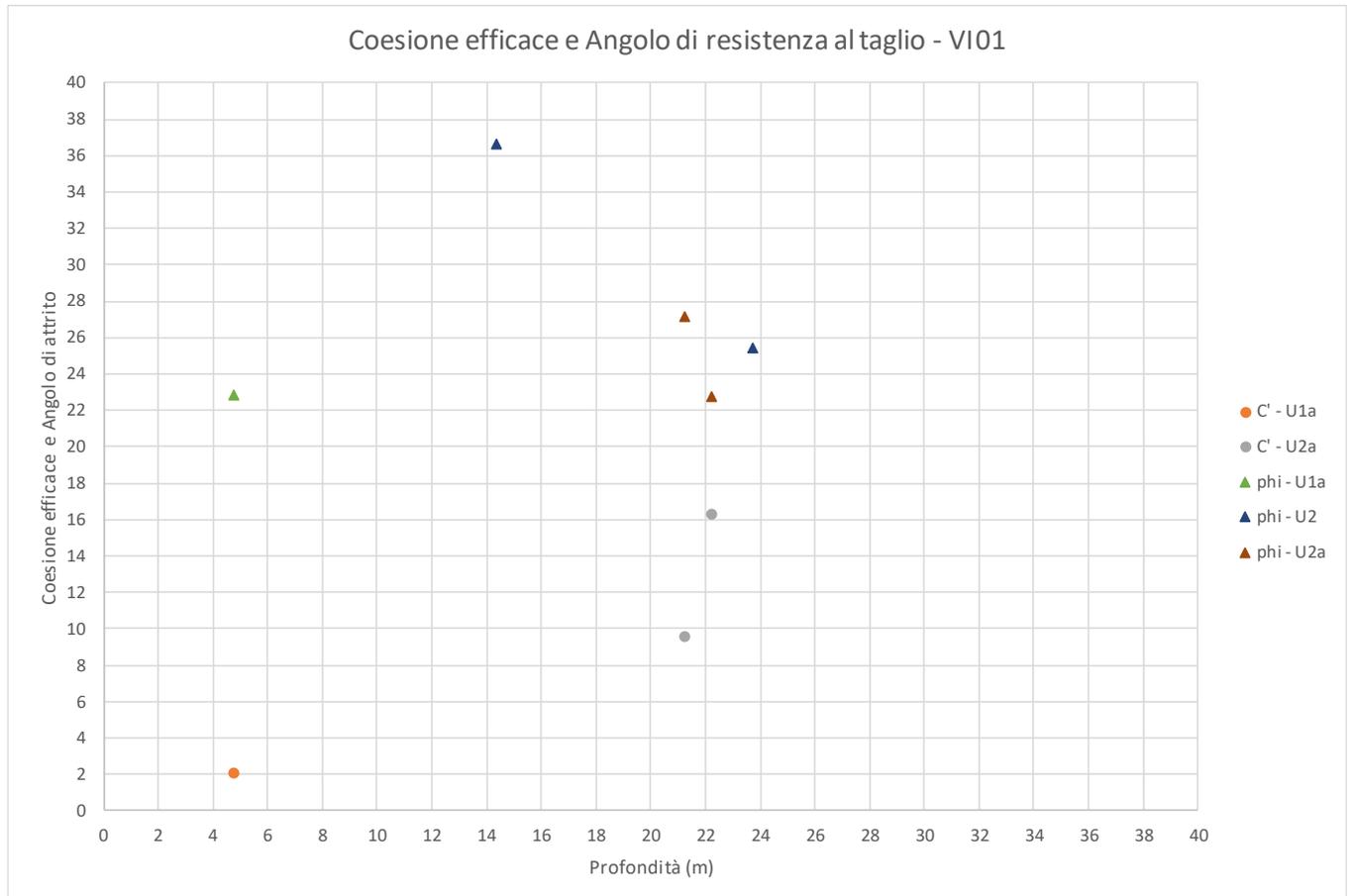
Figura 53. Numero di colpi da prove SPT – VI01



**Figura 54. Resistenza al taglio non drenata  $C_u$  da prove SPT– VI01**



**Figura 55. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– VI01**



**Figura 56. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio – VI01**

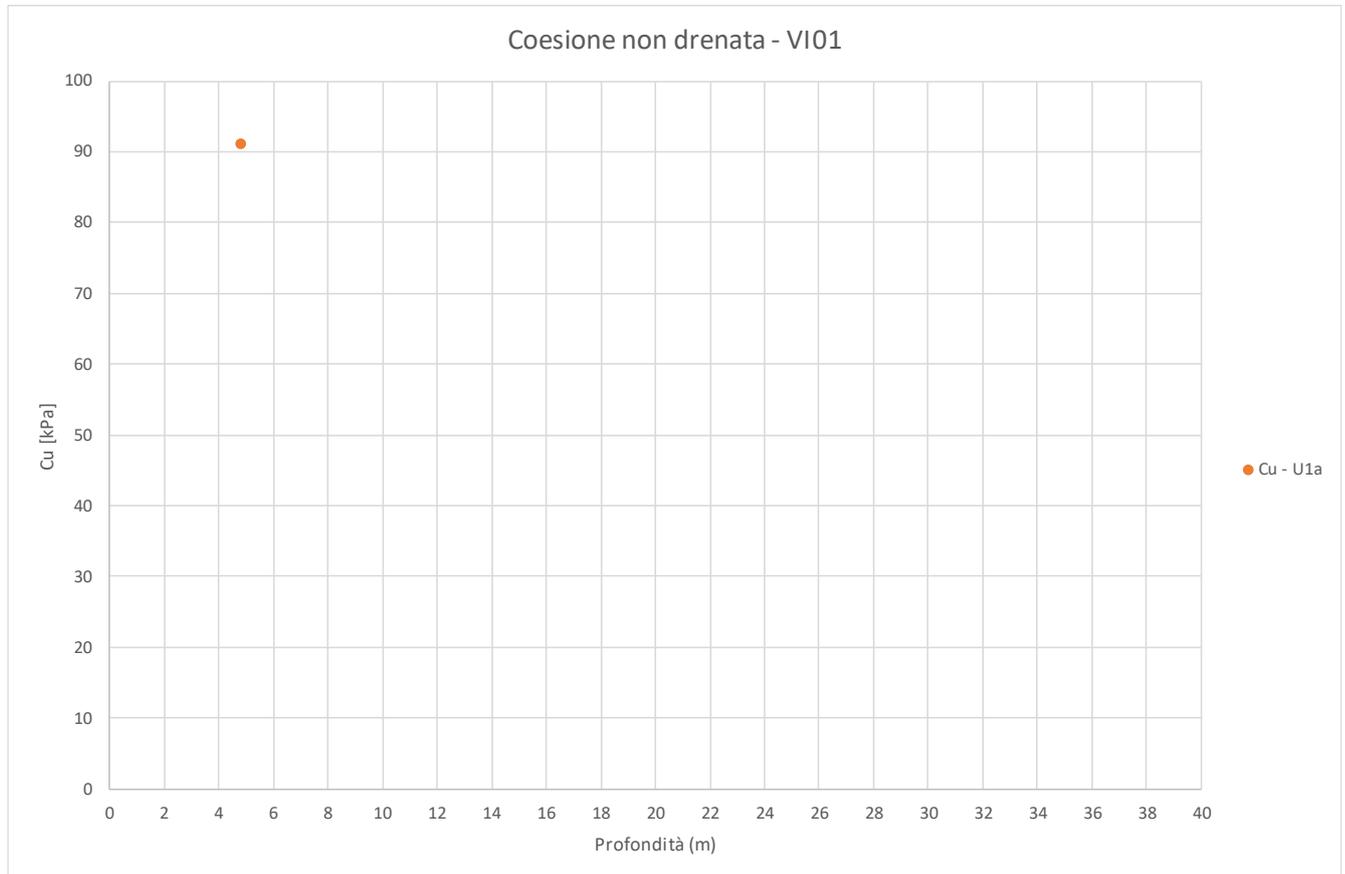


DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

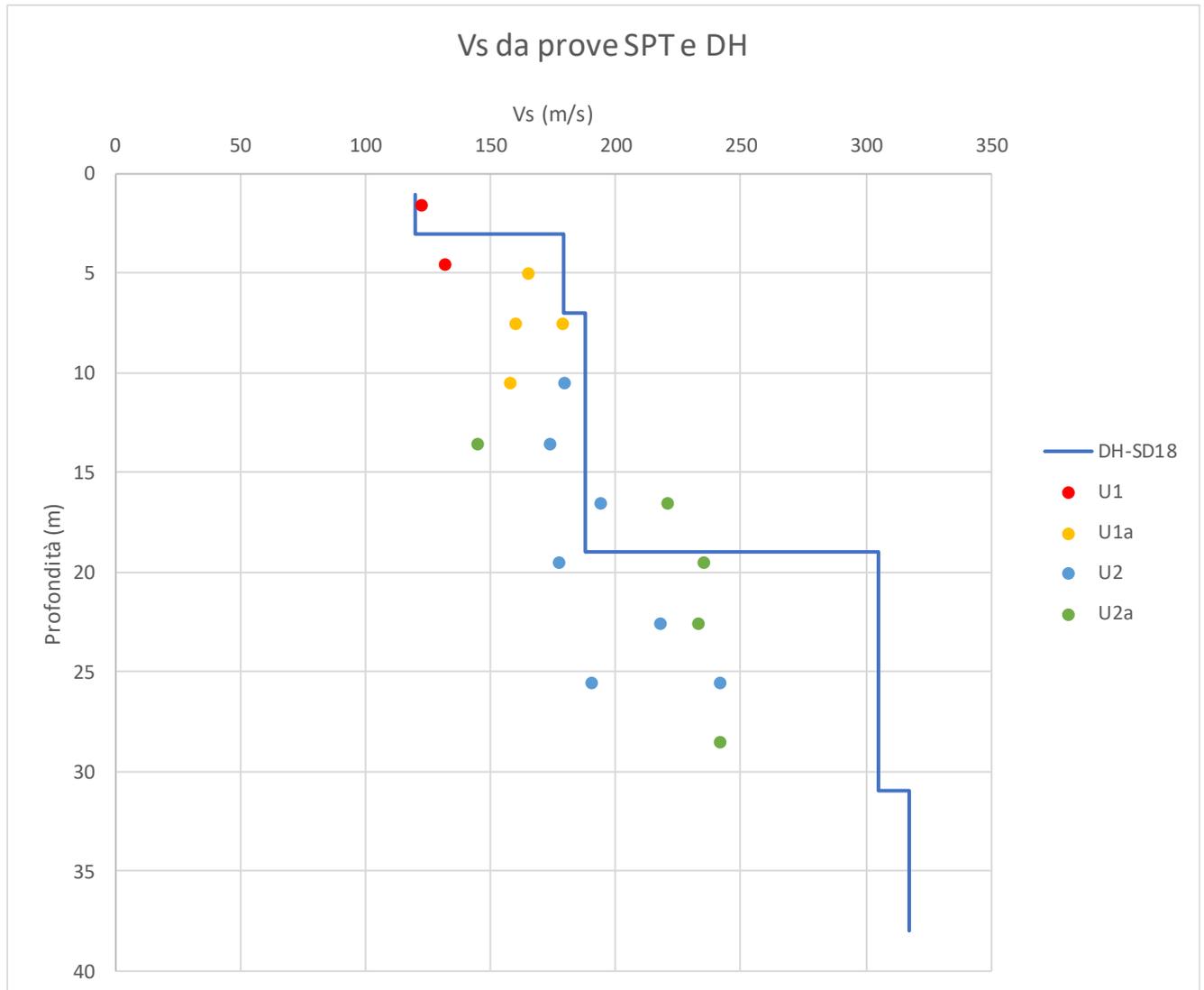
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

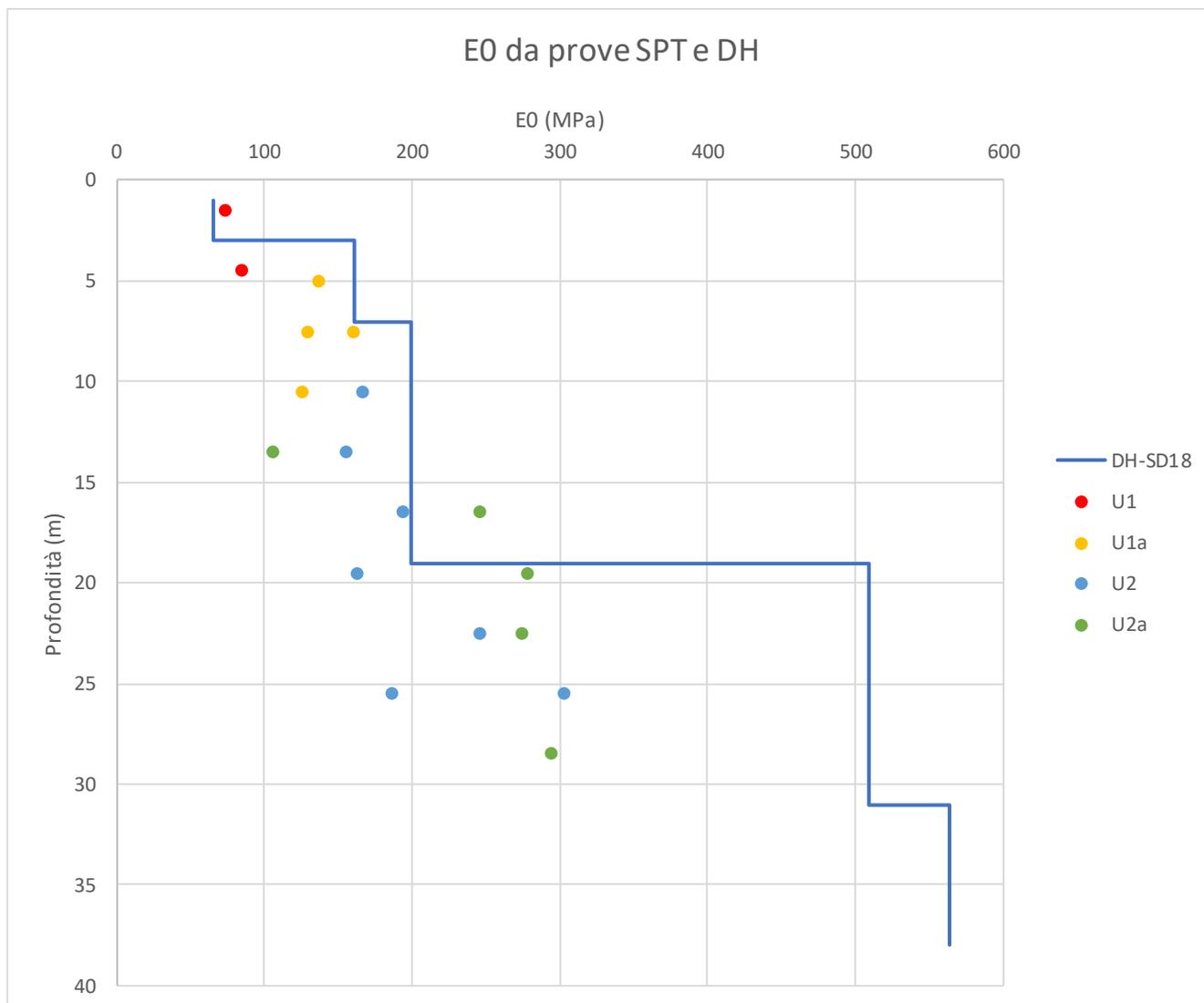
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	170 di 240



**Figura 57. Coesione non drenata da prove di laboratorio – VI01**



**Figura 58. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – VI01**



**Figura 59. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH – VI01**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	173 di 240

## 9.5 VIADOTTO VI02 E OPERE PRINCIPALI NV08

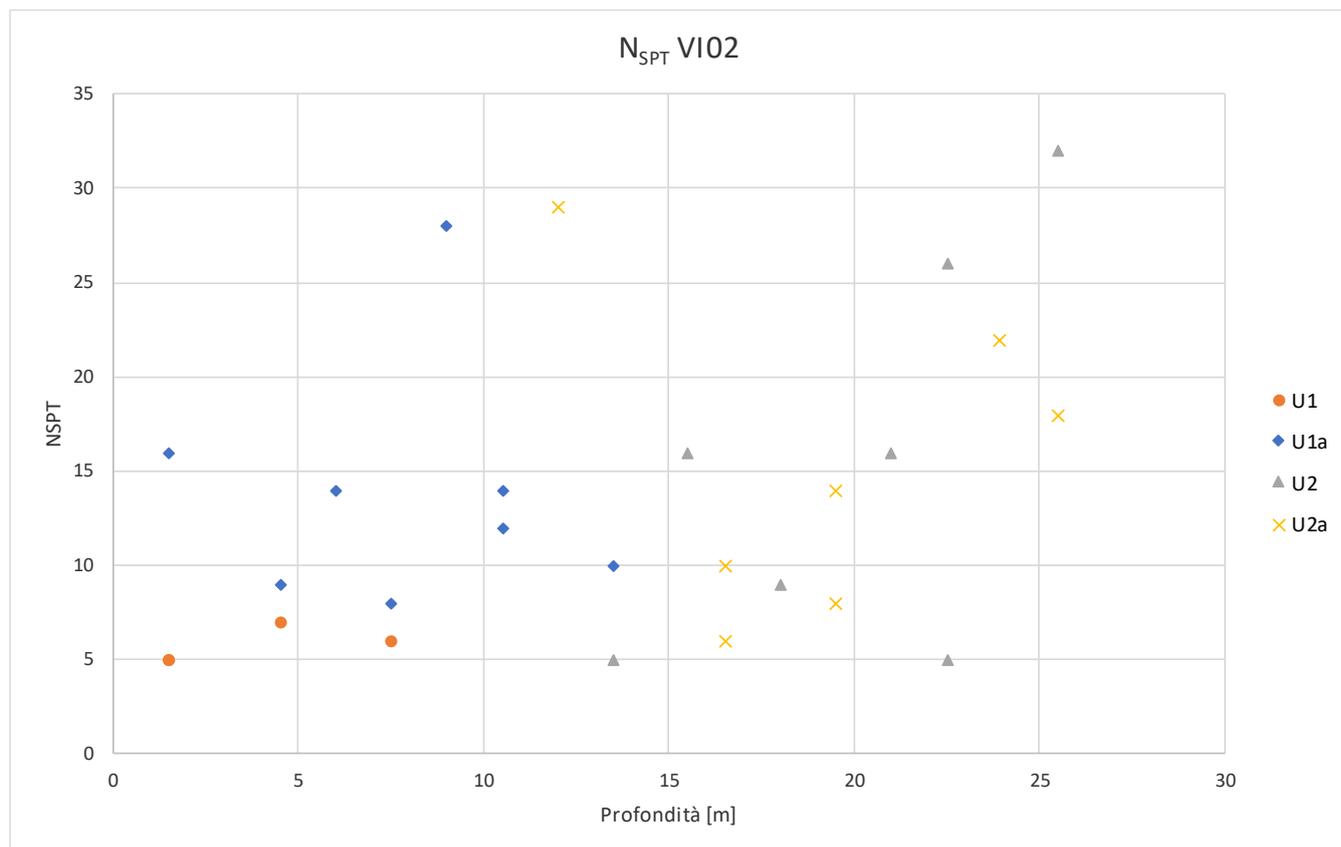
L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 2+925 e 2+950 del Lotto 2.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

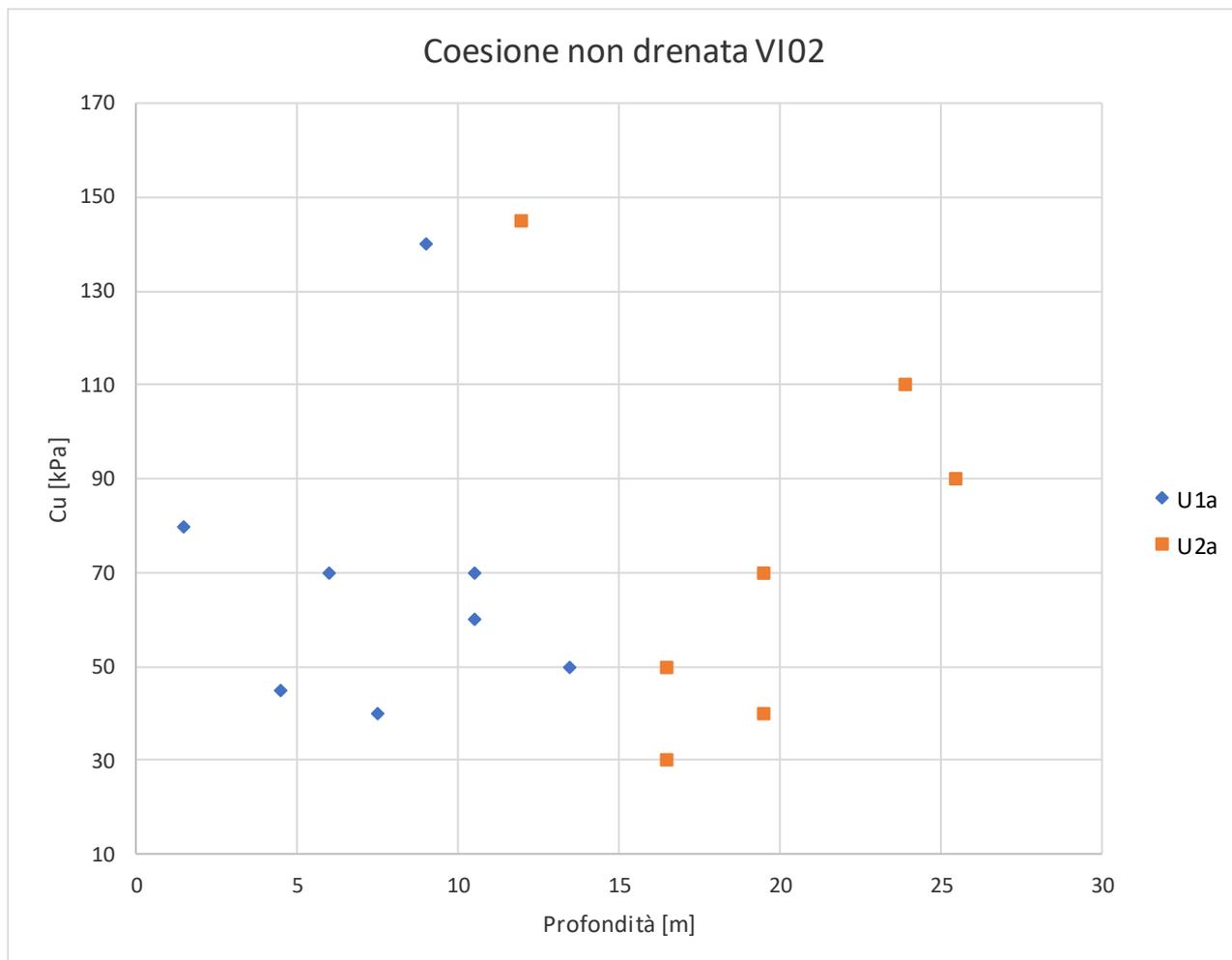
Sondaggio	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
						Nord	Est		
SD22	40.00	2	dal 04/12/2019	al 16/04/2019	Piezometro	4142947.658	2522202.493	13.00	13.00
SD35	30.00	2	dal 22/05/2019	al 23/05/2019	DH	4143019.961	2522246.886	20.00	20.00
S2e	30.00	2	dal 03/11/2012	al 04/11/2012	Piezometro	4142953.300	2522227.400	8.60	8.60

A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni sabbioso limosi (unità U1) fino a profondità di circa 7.5 m, al di sotto dei quali si trovano i depositi alluvionali recenti limo-argillosi (unità U1a) di potenza variabile tra 5.0 e 10.5 m. Successivamente si incontra i depositi alluvionali antichi dove prevale la formazione argillosa (unità U2a) alternata da strati intermedi della formazione sabbiosa (unità U2) che prevale da 35.0m da p.c. fino alla massima profondità investigata.

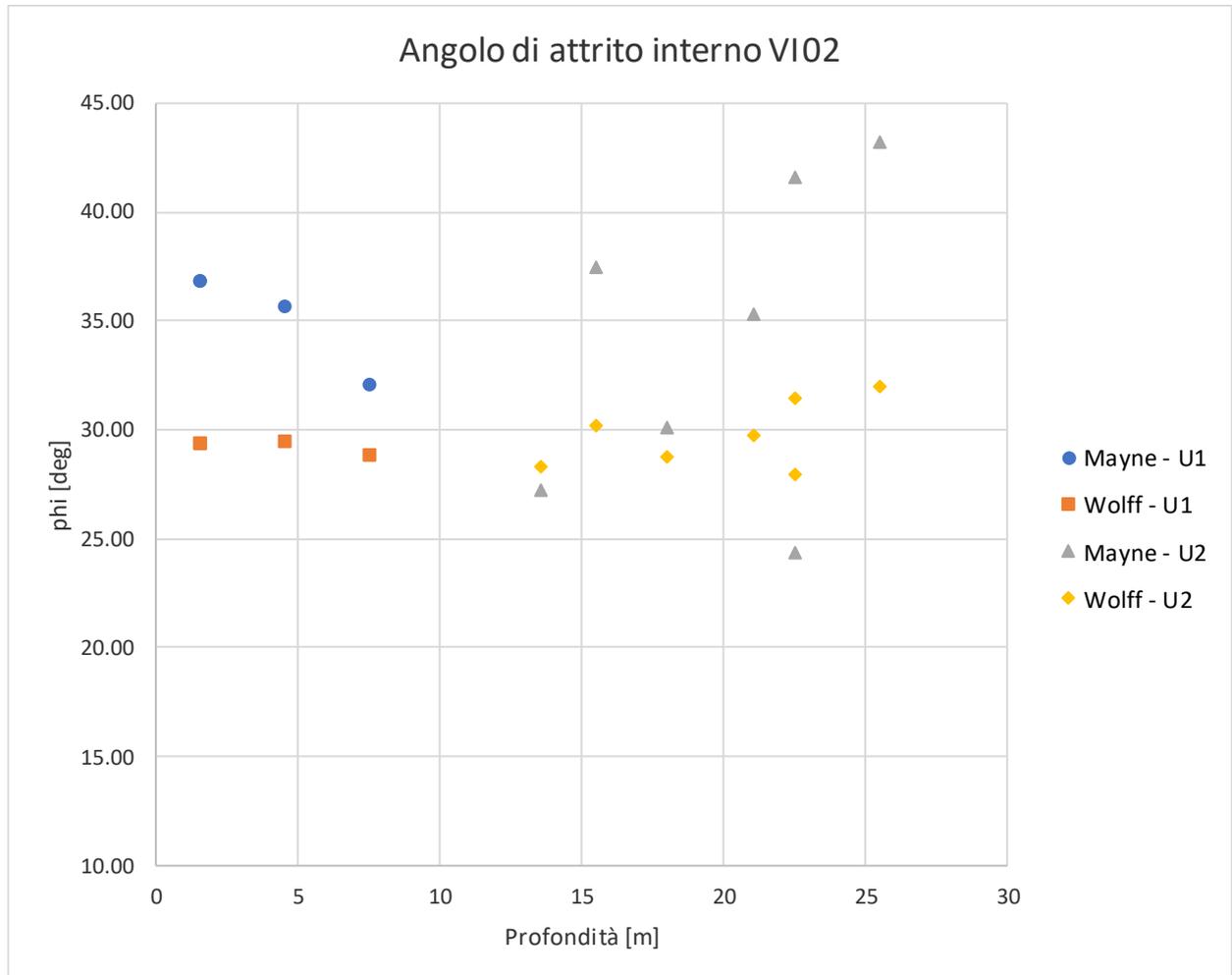
Dalle indagini sismiche, DH-SD35, è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo D.



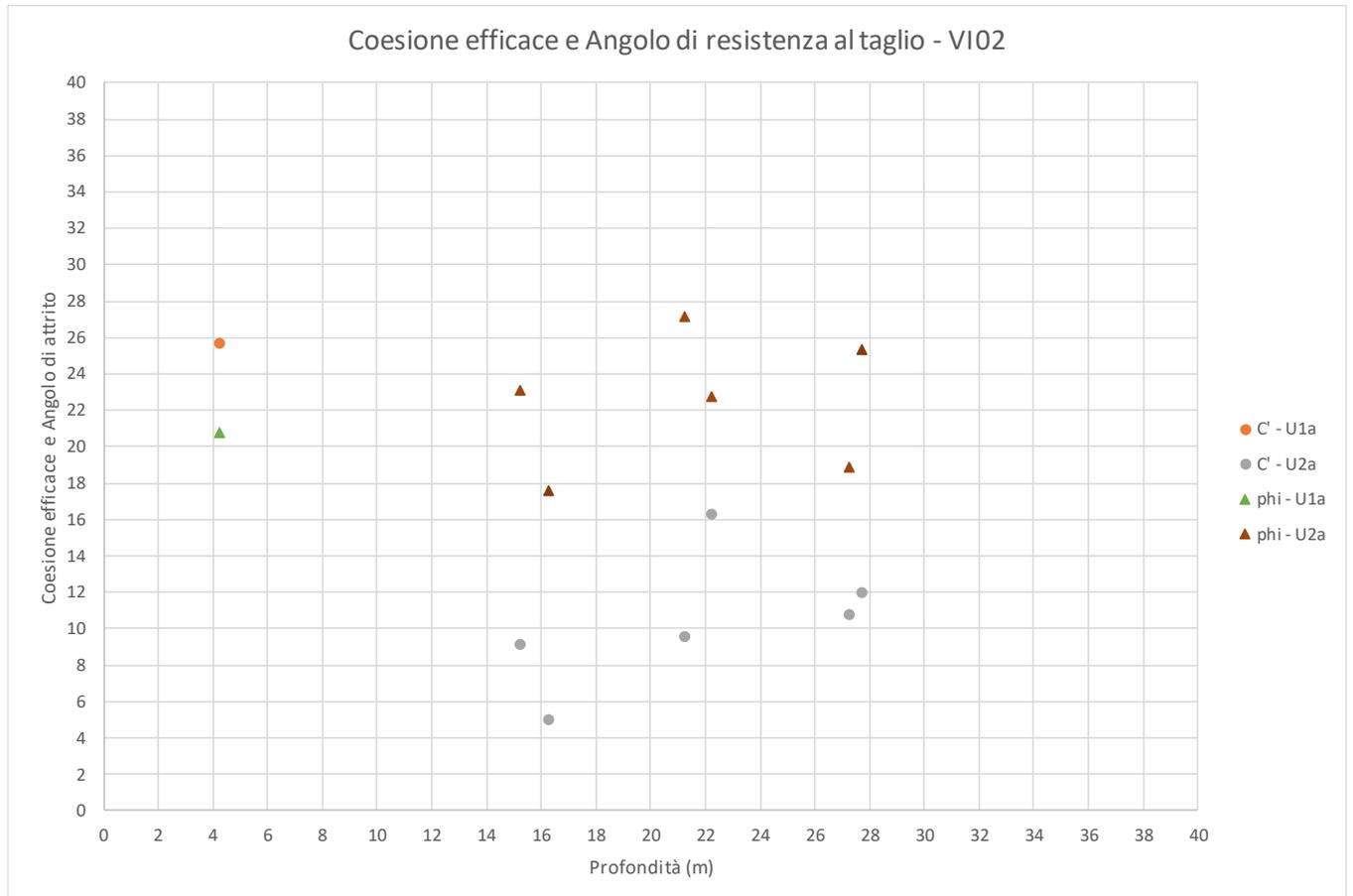
**Figura 60. Numero di colpi da prove SPT – VI02**



**Figura 61. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– VI02**



**Figura 62. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– VI02**



**Figura 63. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio – VI02**

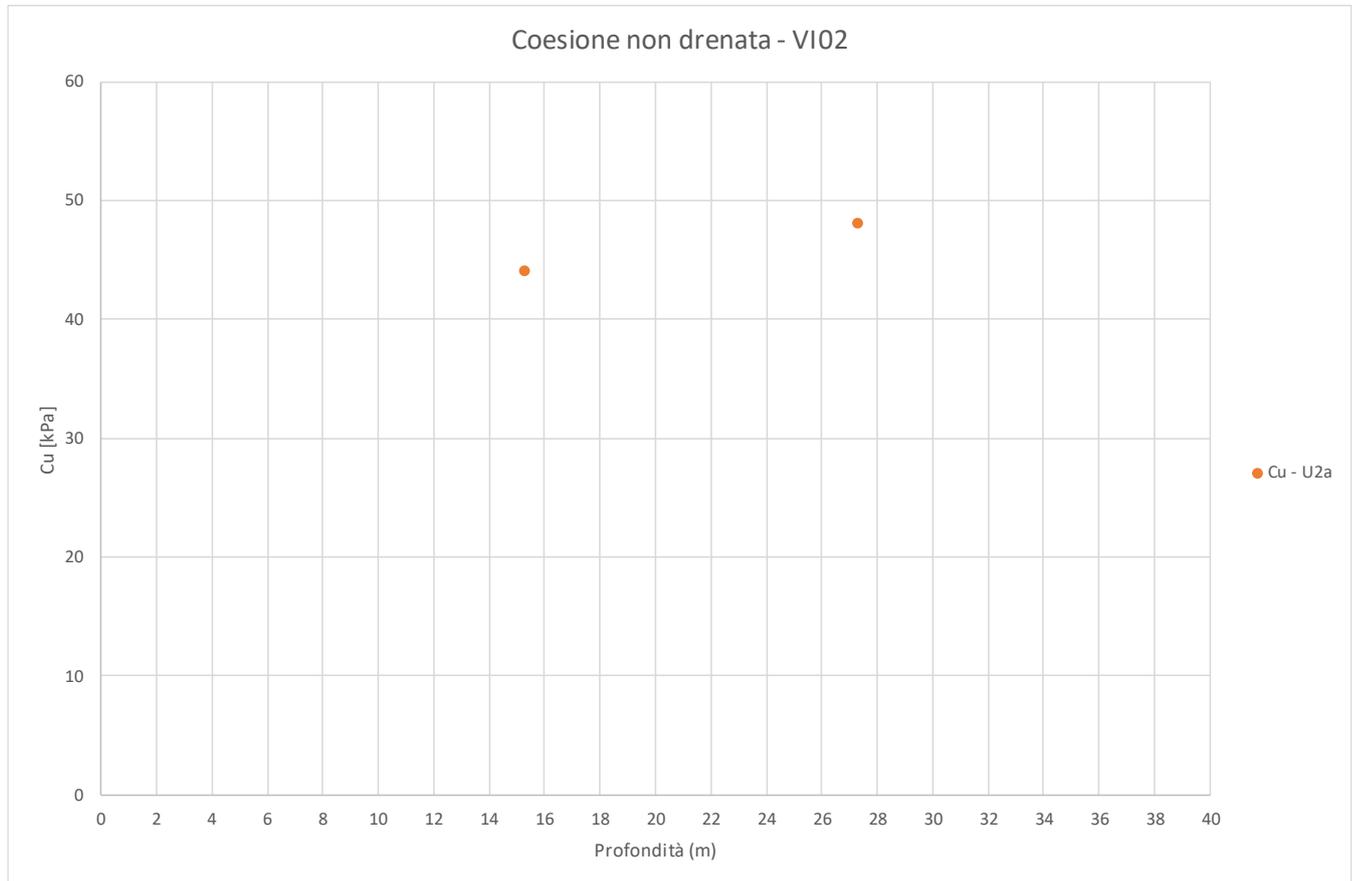


DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI  
FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

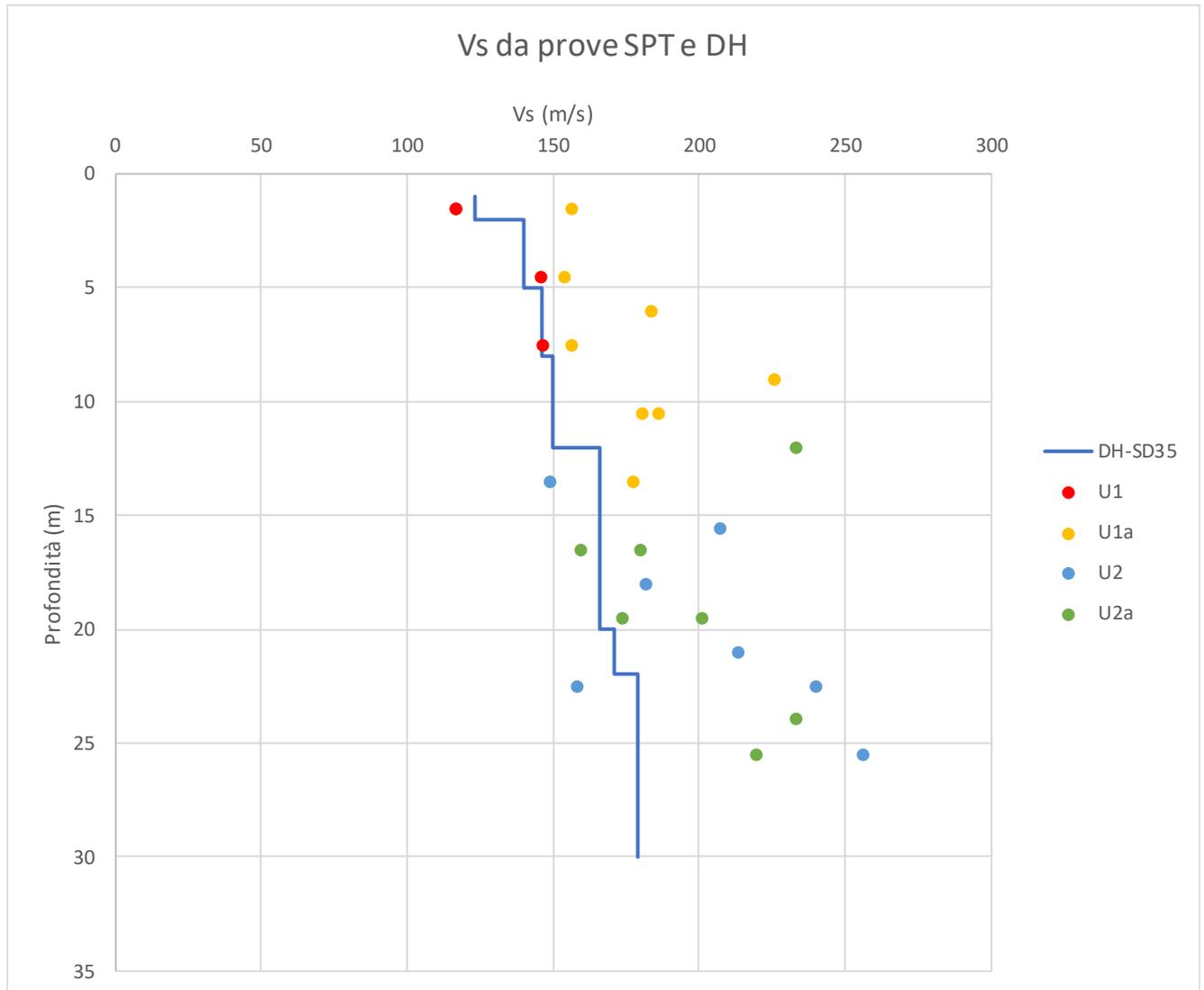
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

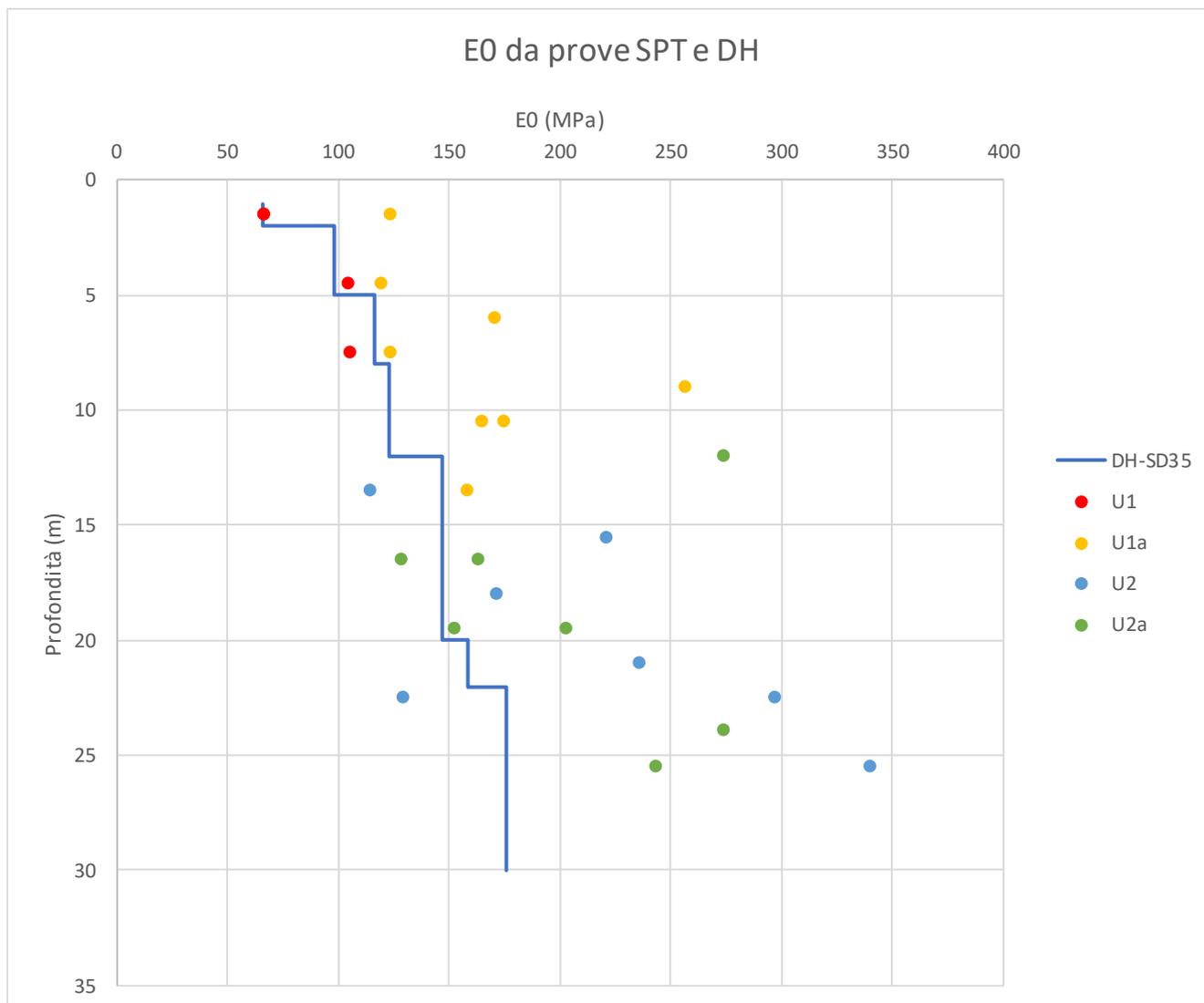
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	177 di 240



**Figura 64. Coesione non drenata da prove di laboratorio – VI02**



**Figura 65. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – VI02**



**Figura 66. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH – VI02**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	180 di 240

## 9.6 VIADOTTO VI03

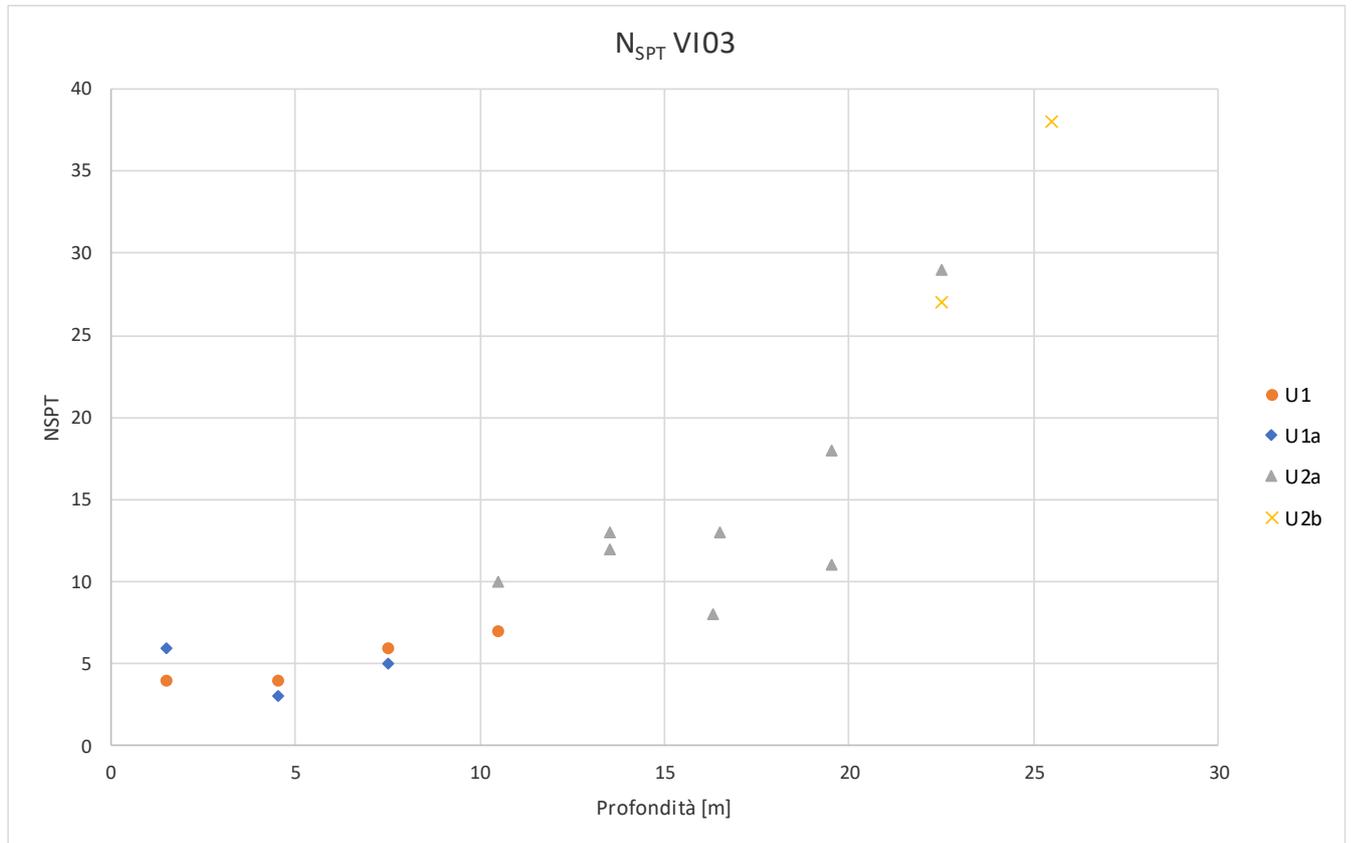
L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 0+506 e 0+586 del Lotto 2 - Interporto.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

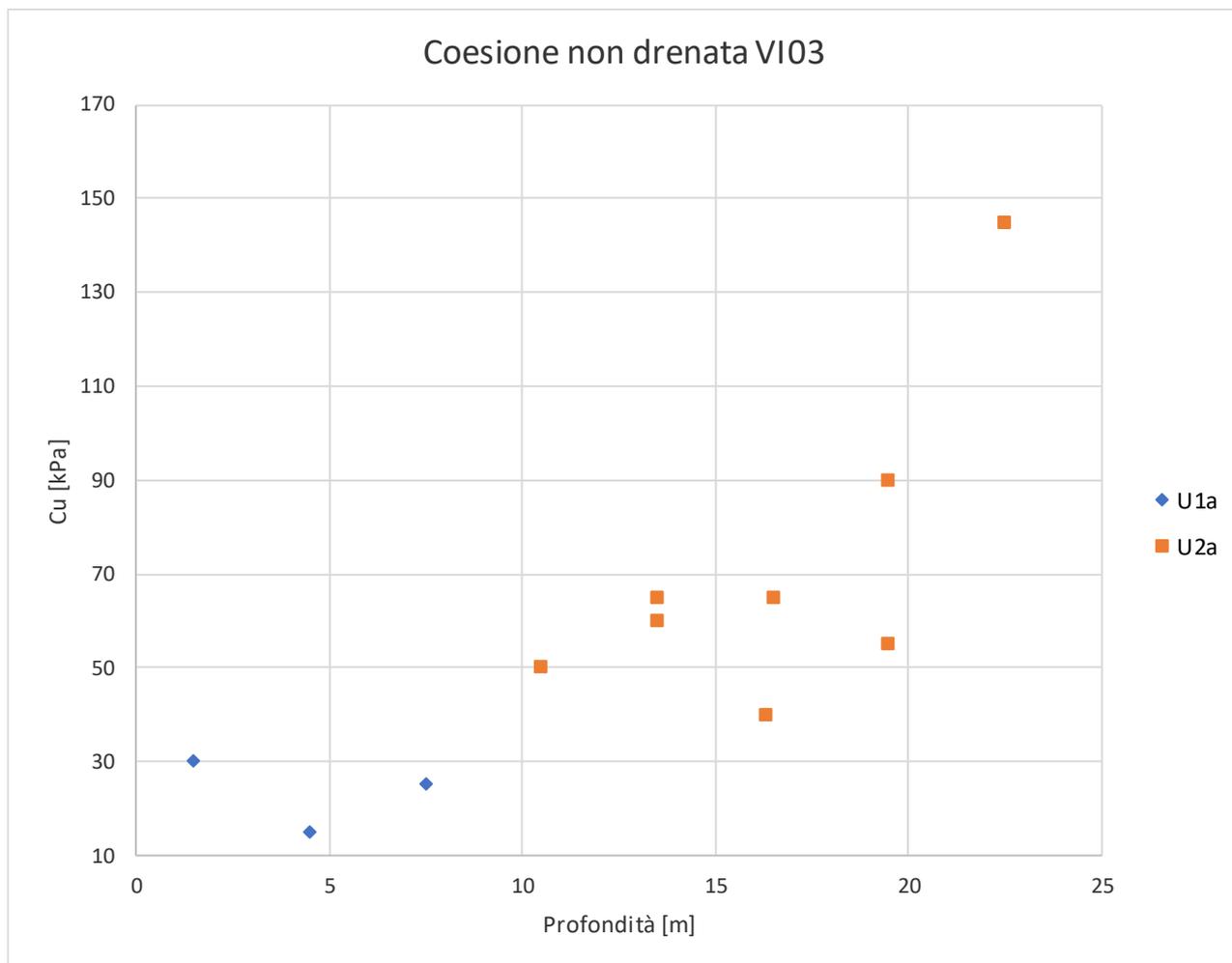
Sondaggio	Profondità	Lotto	Data esecuzione		Strumentazione	Coordinate			
						Sistema GAUSS-BOAGA		Quota sondaggio	Quota terreno
						Nord	Est		
SD23	50.00	2	dal 04/12/2019	al 16/04/2019	DH	4144533.717	2522651.947	13.00	13.00
SD31	50.00	2	dal 14/05/2019	al 20/05/2019	Piezometro	4144447.125	2522615.312	12.00	12.00

A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni limo-argillosi (unità U1a) fino a profondità di circa 12.5 m, alternati da lenti di depositi alluvionali recenti sabbioso limosi (unità U1) di potenza variabile tra 1.0 e 2.5 m, in corrispondenza della spalla SP01. Successivamente si incontra i depositi alluvionali antichi dove prevale la formazione argillosa (unità U2a), di potenza pari a 10.0m, al di sotto della quale prevale la formazione sabbiosa (unità U2) da 25.0m da p.c. fino alla massima profondità investigata.

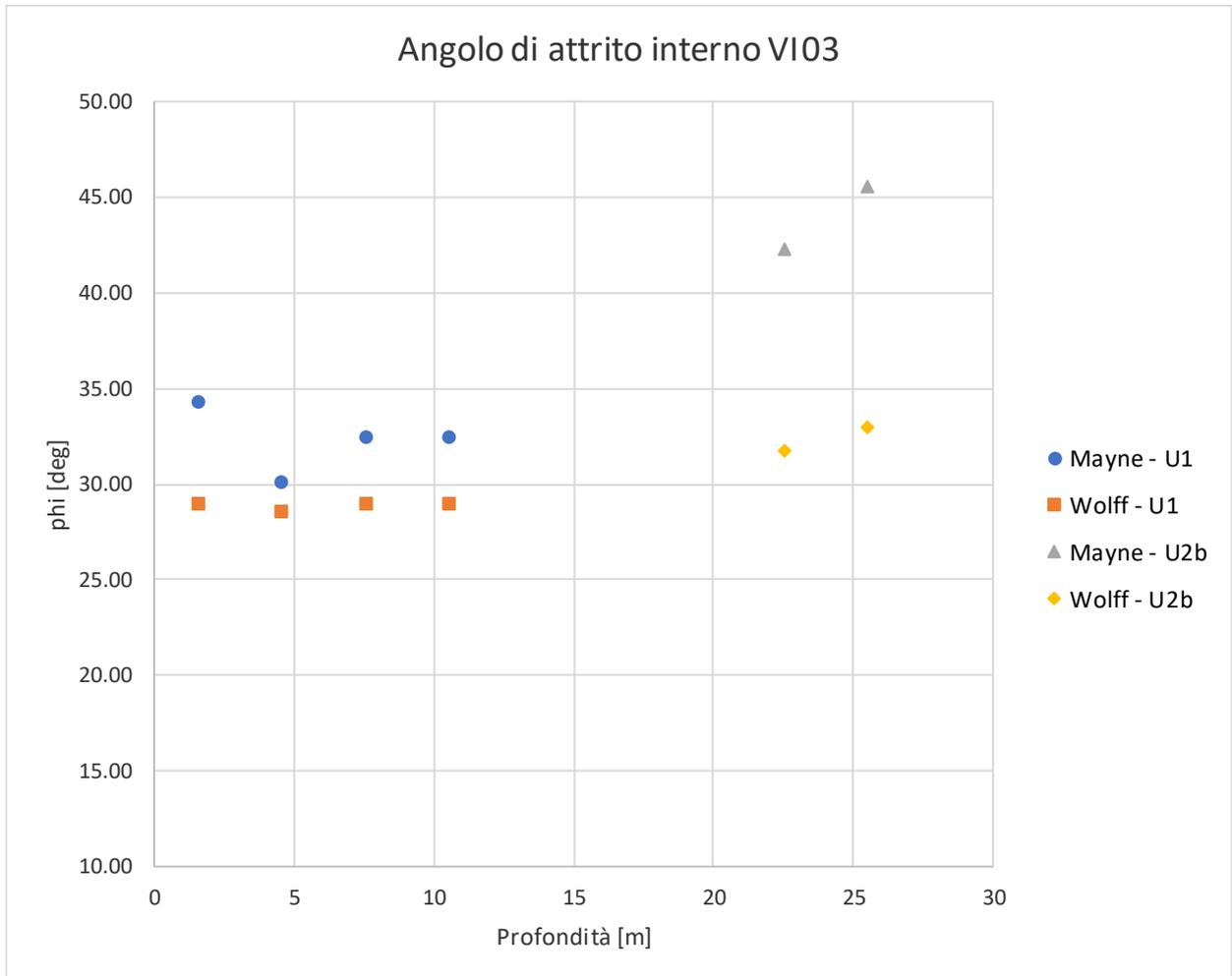
Dalle indagini sismiche, DH-SD23, è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo C.



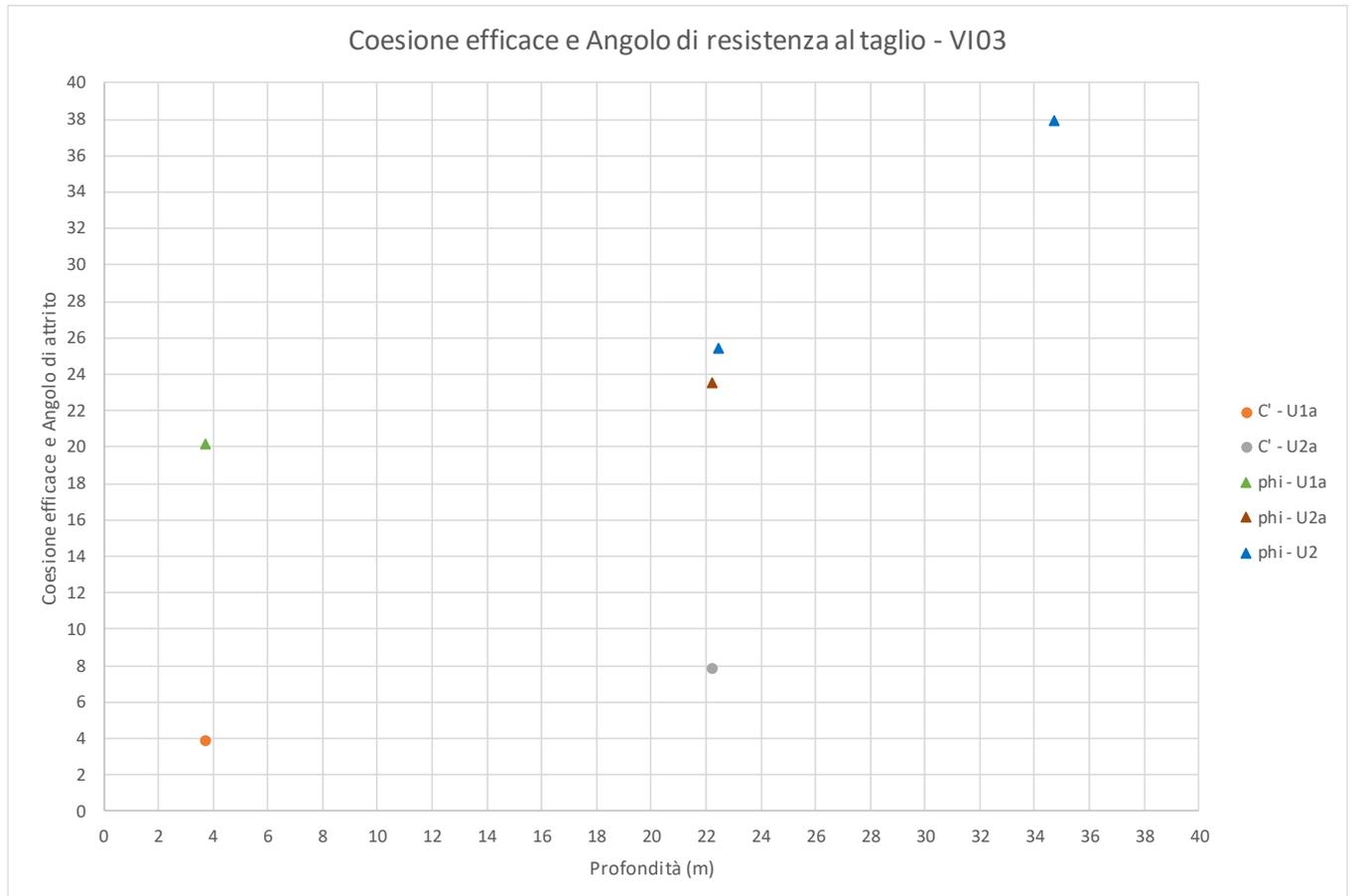
**Figura 67. Numero di colpi da prove SPT – VI03**



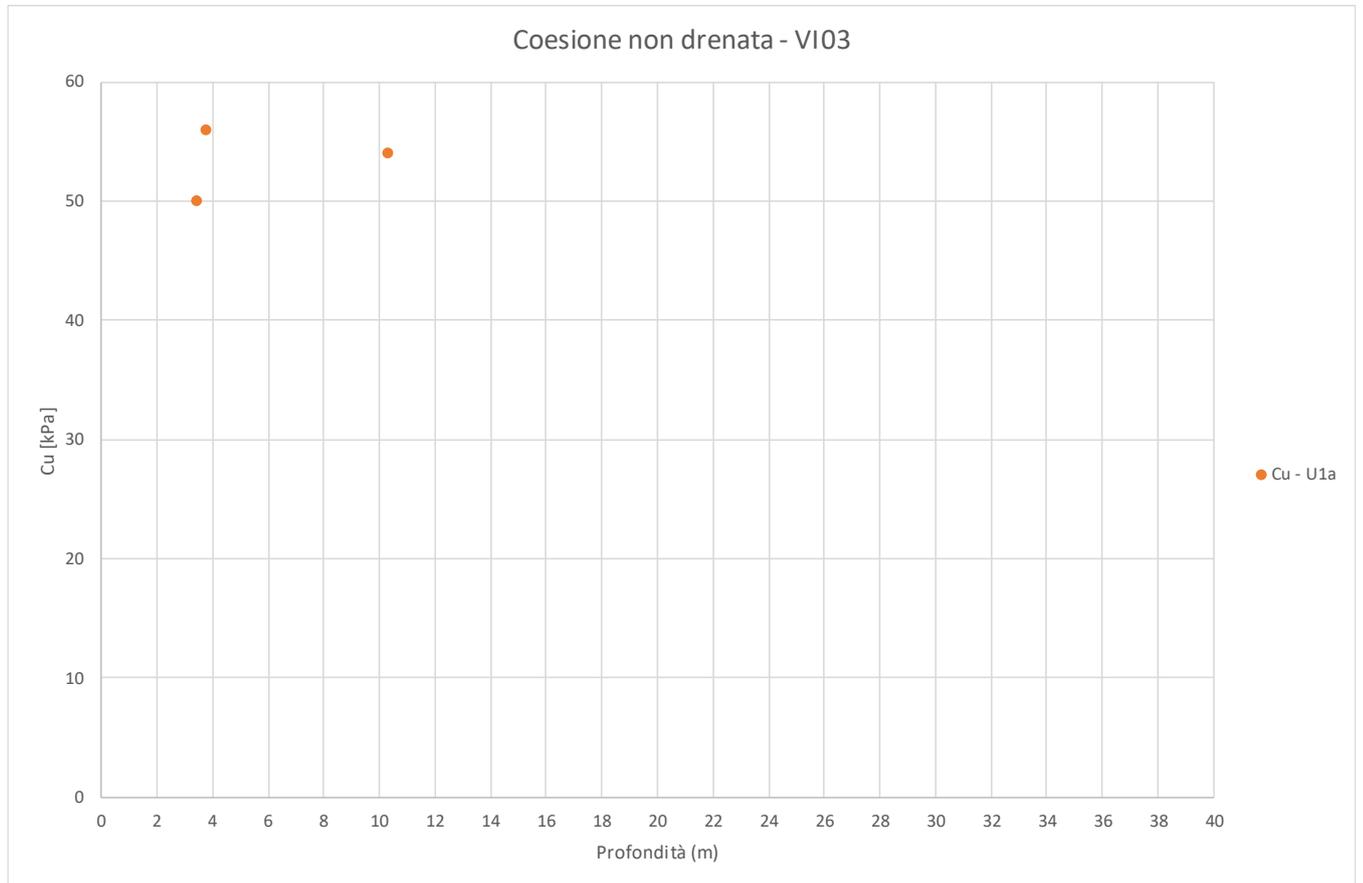
**Figura 68. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– VI03**



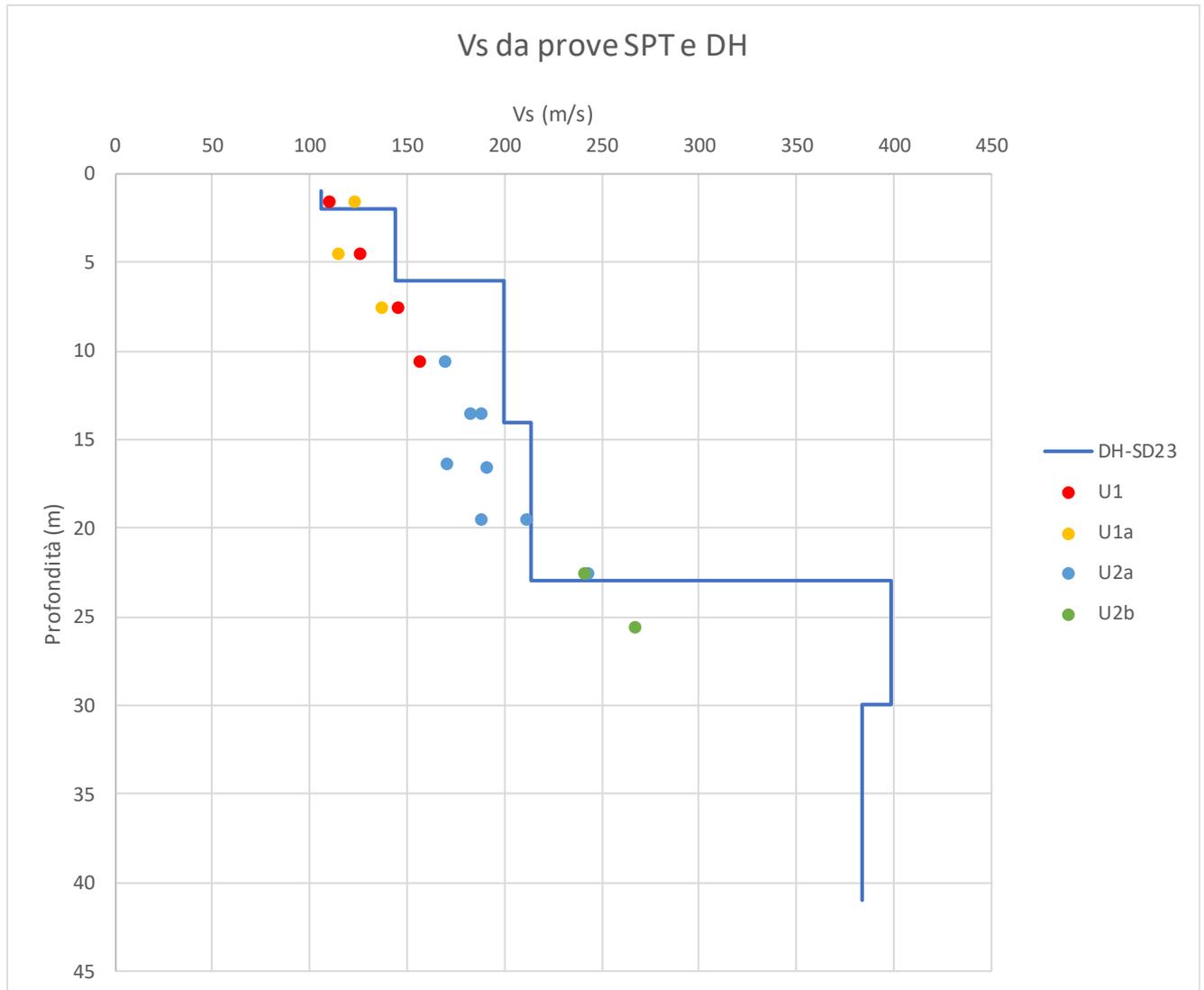
**Figura 69. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– VI03**



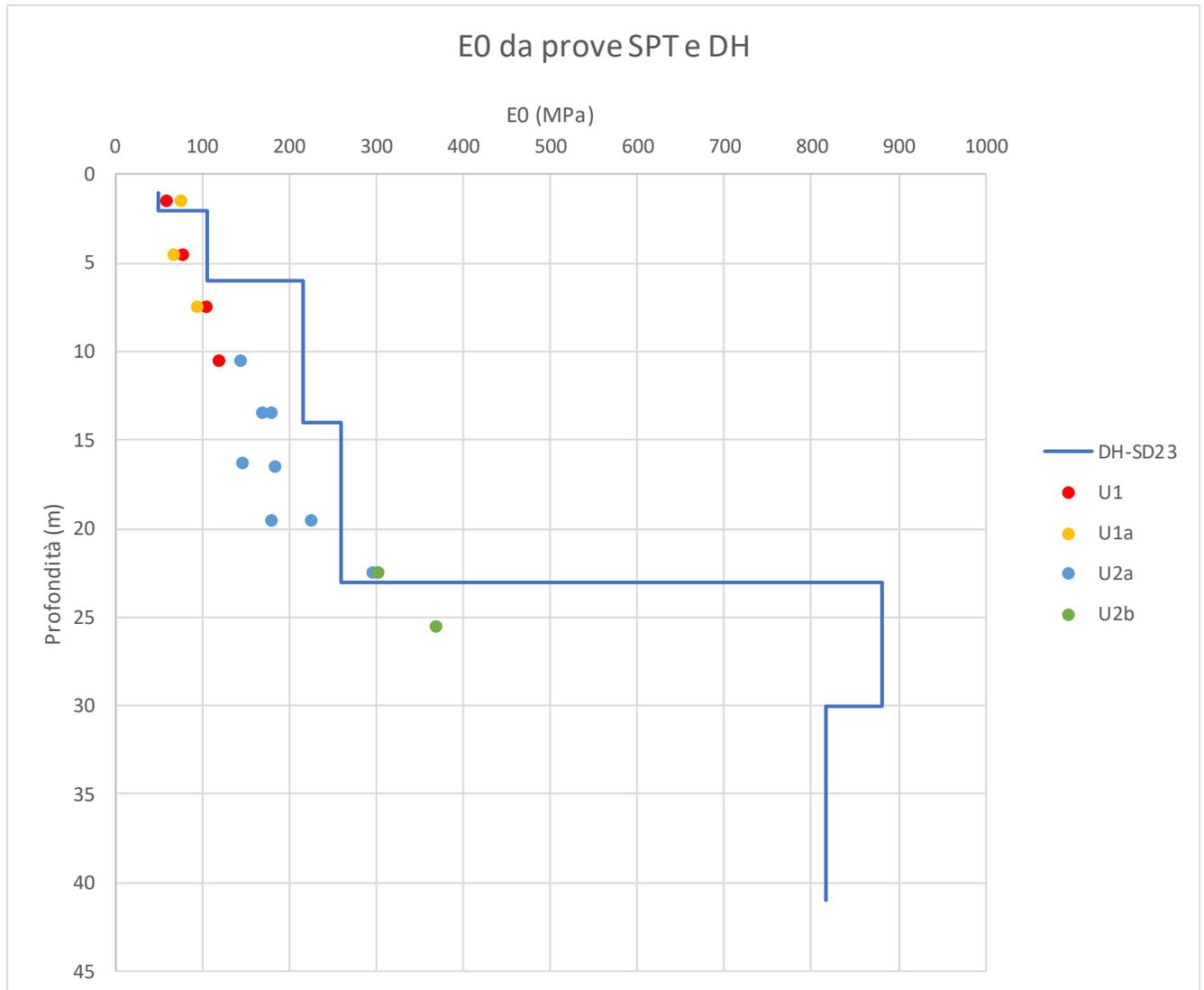
**Figura 70. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio – VI03**



**Figura 71. Coesione non drenata da prove di laboratorio – VI03**



**Figura 72. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – VI03**



**Figura 73. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH – VI03**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	188 di 240

## 10 CAPACITA' PORTANTE PALI/SETTI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo generali per le verifiche geotecniche delle palificate di fondazione.

Inoltre si riportano i valori della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro e dei setti di diaframma, previsti per le opere d'arte maggiori del presente progetto.

### 10.1 ANALISI AGLI STATI LIMITE

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 17/01/2018. "Norme tecniche per le costruzioni"). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento al seguente approccio:

Approccio 2:

Combinazione 1: A1 + M1 + R3

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in Tabella 71, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  alle resistenze di calcolo  $R_{c,cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative (Tabella 72).

Per il progetto in esame è stato considerato un coefficiente  $\xi_3 = \xi_4 = 1.70$  pari ad una verticale di indagine eseguita per ciascuna singola opera (viadotto, ponte, cavalcaferrovia).

Per la valutazione di portanza dei setti della galleria artificiale si assume un coefficiente  $\xi_4 = 1.42$ , relativo ad un numero di verticali pari a 4.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

**Tabella 71 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

<sup>(\*)</sup> da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{v,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{v,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{v,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

**Tabella 72 Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine**

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2018, deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla segunetetabella:

**Tabella 73** Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{s1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{s2}, \gamma_{s3}, \gamma_{s4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

## 10.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) (o setti di diaframma) “Qd” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W'_p$$

dove:

$Q_{ll}$  = portata laterale limite,

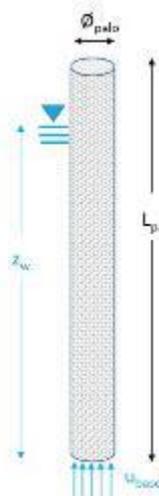
$Q_{bl}$  = portata di base limite,

$W'_p$  = peso efficace del palo o del setto,

$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale ( $=\xi_4 \cdot \gamma_s$ ).

$F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_4 \cdot \gamma_b$ ).

Nelle verifiche si è preso in considerazione anche il peso proprio del palo sommerso.



Fra le azioni permanenti deve essere incluso il peso proprio del palo.

**Verifiche SLE**

$$W_{palo\ k} = \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} - \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$   
(valore convenzionale per il calcestruzzo armato)

**Verifiche SLU - Statiche**

$$W_{palo\ k} = \gamma_F \cdot \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} - \gamma_{Fw} \cdot \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$\gamma_F = 1.3$  nelle verifiche SLU (Peso del Palo)  
Statiche (Approccio 2: A1+M1+R3)  
Permanente Sfavorevole

$\gamma_{Fw} = 1.0$  nelle verifiche SLU (sottospinta idraulica)  
Statiche (Approccio 2: A1+M1+R3)  
Permanente Favorevole

**Verifiche SLU - Sismiche**

$\gamma_F = \gamma_{Fw} = 1.0$  nelle verifiche SLU - Sismiche

$$W_{palo\ d} = (1 \pm k_v) \cdot \left( \gamma_F \cdot \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} \right) - \gamma_{Fw} \cdot \frac{\pi \cdot D_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$U_{base} = z_w \cdot \gamma_{water}$

### Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

$D$  = diametro palo,

$\tau_i$  = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	192 di 240

Depositi Incoerenti e coesivi in condizioni drenate

La tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo/setto, in accordo a Burland (1973), Reese & O'Neill (1988), Chen & Kulhawy (1994), O'Neill & Hesson (1994), viene valutata con un criterio alle tensioni efficaci con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{i,max}$$

dove:

$\sigma'v$  = tensione verticale efficace litostatica,

$$\beta = K * \mu = (1 - \sin \phi) \tan \phi$$

Depositi coesivi in condizioni non drenate – analisi a breve termine

In condizioni non drenate la tensione laterale limite  $\tau_{lim,i}$ , per terreni coesivi, viene valutata con l'espressione:

$$\tau_{lim,i} = \alpha * c_u < 100kPa$$

oppure i valori di  $\alpha$  suggeriti da Viggiani (1999)

pali trivellati	$c_u$ (kPa)	$\alpha$ (-)
	<25	0.7
	25 ÷ 70	0.7 - 0.008 (c <sub>u</sub> - 25)
	≥ 70	0.35

**Portata di base**

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

$A_p$  = area della base del palo,

$q_{bl}$  = portata limite specifica di base.

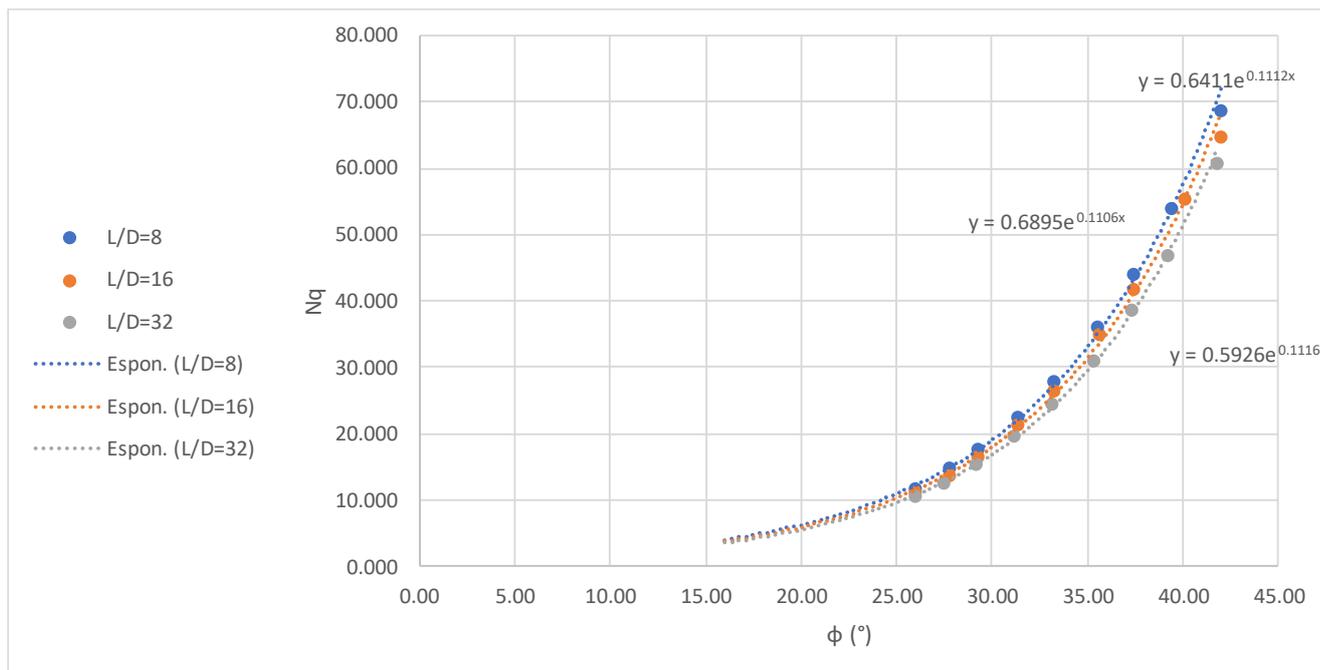
Depositi Incoerenti e coesivi in condizioni drenate

La portata limite di base viene valutata con la correlazione di Berezantzev (1965) interpretate da Viggiani 2012:

$$q_{bl} = N_q \cdot \sigma'v \leq q_{b,max}$$

con  $N_q$  valori ridotti di Berezantzev secondo Viggiani (2012), e con limitatore superiore della portata di base

( $q_{b,max}$ ), valutata come consigliato di seguito.



**Figura 74. Valori di  $N_q$  secondo Viggiani (2012)**

Nei terreni incoerenti, la pressione di base del palo associabile a cedimenti pari al 10% del diametro del palo, in accordo ad esempio a Gwizdala [1984], Reese & O'Neill [1988] e Matsui [1993], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$(q_{ub})_{\frac{s}{D}=0.1} = (N_{SPT})_m \cdot \alpha_N \leq q_{ubmax} \text{ kPa}$$

essendo:

$\alpha_N$  = coefficiente empirico riportato nella seguente tabella;

$q_{ubmax}$  = pressione ultima di base massima consigliabile, vedasi seguente tabella;

$(N_{SPT})_m$  = valore di  $N_{SPT}$  medio su un tratto pari a  $1.5 \cdot D$  al di sopra e al di sotto della base del palo.

**Tabella 74 - Valori di  $\alpha_N$  e di  $q_{ubmax}$  secondo Gwizdala [1984]**

	$\alpha_N$ (-)	$q_{ubmax}$ (KPa)
GHIAIE	150	7500
SABBIE	120	5800
SABBIE LIMOSE	85	4300



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	194 di 240

Per i terreni alluvionali recenti e antichi presenti lungo il tracciato (unità U1, U2) generalmente descritti come sabbie limose, in accordo a quanto indicato da Gwizdala, si può assumere un valore del parametro  $\alpha_n = 85$ , con valore massimo di 4300 kPa.

Cautelativamente nelle verifiche in condizioni drenate di lungo termine si assume un valore nullo di coesione  $c'$  anche in presenza di terreni coesivi.

Per considerare presente l'intera portata alla base occorrerà verificare che il palo sia entrato per almeno 4 diametri nello strato di base. Inoltre, qualora sia presente uno strato di terreno più scadente al di sotto della punta dei pali occorrerà intestare la punta a 2-3 diametri dalla superficie dello strato sottostante.

#### Depositi coesivi in condizioni non drenate – analisi a breve termine

La portata di base critica  $q_{bcr}$ , per terreni coesivi, viene valutata con l'espressione:

$$q_{bcr} = (9 c_u + \sigma_v)$$

dove

$c_u$  = coesione non drenata

$\sigma_v$  = tensione verticale totale in corrispondenza della base del palo.

#### **10.2.1 Resistenza a trazione**

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “ $Q_d$ ” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

$Q_{LL}$  = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

$W'_p$  = peso efficace del palo (alleggerito se sotto falda),

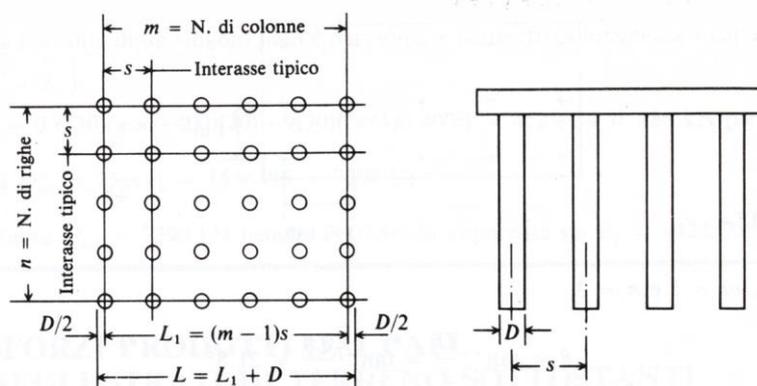
$F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ( $= \gamma_{st} \cdot \xi_3$ ).

#### **10.2.2 Comportamento di gruppo a carichi verticali**

Per la stima della portanza verticale delle palificate costituenti le fondazioni delle spalle e delle pile, l'efficienza del gruppo di pali è stata calcolata con la formula di Converse – Labarre, secondo la quale l'efficienza  $E_g$  è pari a:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

dove  $\theta = \tan^{-1}(D/i)$  espresso in gradi,  $i$  è l'interasse considerato asse palo – asse palo,  $D$  è il diametro dei pali.  
 $m$  ed  $n$  sono determinati secondo lo schema riportato nella figura seguente.



**Figura 75. Efficienza di gruppo pali – Modello di calcolo**

Il carico limite del gruppo è stato valutato anche come suggerito da Terzaghi & Peck (1948) ovvero considerando i pali ed il terreno un blocco unico – tuttavia in questo caso con interassi comunque superiori a  $3D$  tale comportamento risulta essere meno probabile:

$$Q_{G,lim} = B_1 B_2 (N_c c_u + \sigma_{v0, base}) + 2 L (B_1 + B_2) c_u$$

dove  $B_1$   $B_2$  sono le dimensioni in pianta della palificata e  $N_c$  è funzione delle dimensioni geometriche ovvero del volume della palificata ed in questo caso prossimo a 9 ( $B_1 \approx B_2$  e  $L/B > 4$ ).

La lunghezza del palo dovrà essere almeno pari a 10 volte il diametro del palo ( $D$ ).

Il carico di progetto sul palo dovrà essere compatibile con le caratteristiche resistenti della sezione del palo.

### 10.2.3 Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Per quanto riguarda lo stato limite di servizio (SLE), deve essere verificato che gli effetti attesi delle azioni caratteristiche (cedimenti, rotazioni, vibrazioni) sulle strutture proposte (o quelli indotti, se il caso, sulle strutture adiacenti) siano inferiori al massimo di quelli consentiti. Le analisi dovranno essere effettuate considerando i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei materiali, con riferimento sia alla resistenza che alla deformabilità.

Si verificherà inoltre che la risposta del palo in esercizio sia di tipo “elastico”; verificando un adeguato coefficiente di sicurezza sulla portata ultima per attrito laterale ( $Q_{ll} / FS_{el}$ , con  $FS \geq 1.25$  per condizioni di carico SLE).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	196 di 240

### 10.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI

#### 10.3.1 Viadotto VI01

La capacità portante dei pali del viadotto è stata valutata con riferimento a quota testa palo a 3 m da p.c. e falda a 3 m da p.c. e con la stratigrafia media cautelativa di seguito riportata (in corrispondenza della Spalla SP02).

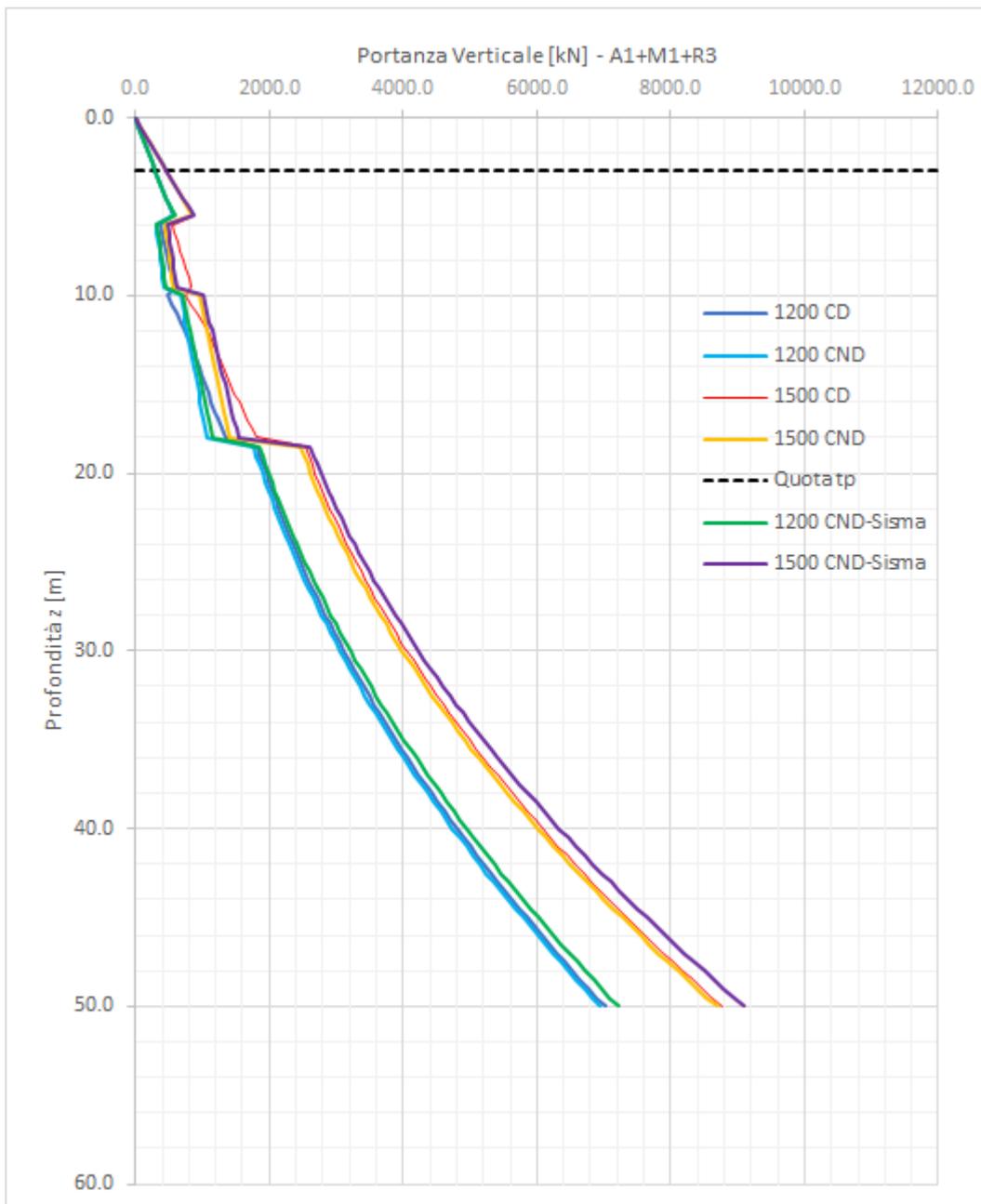
Profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica
Da 0.0 a 5.5	Unità U1
Da 5.5 a 9.5	Unità U1a
Da 9.5 a 18.0	Unità U2a
Da 18.0 a 50.0	Unità U2

I parametri geotecnici sono riportati di seguito:

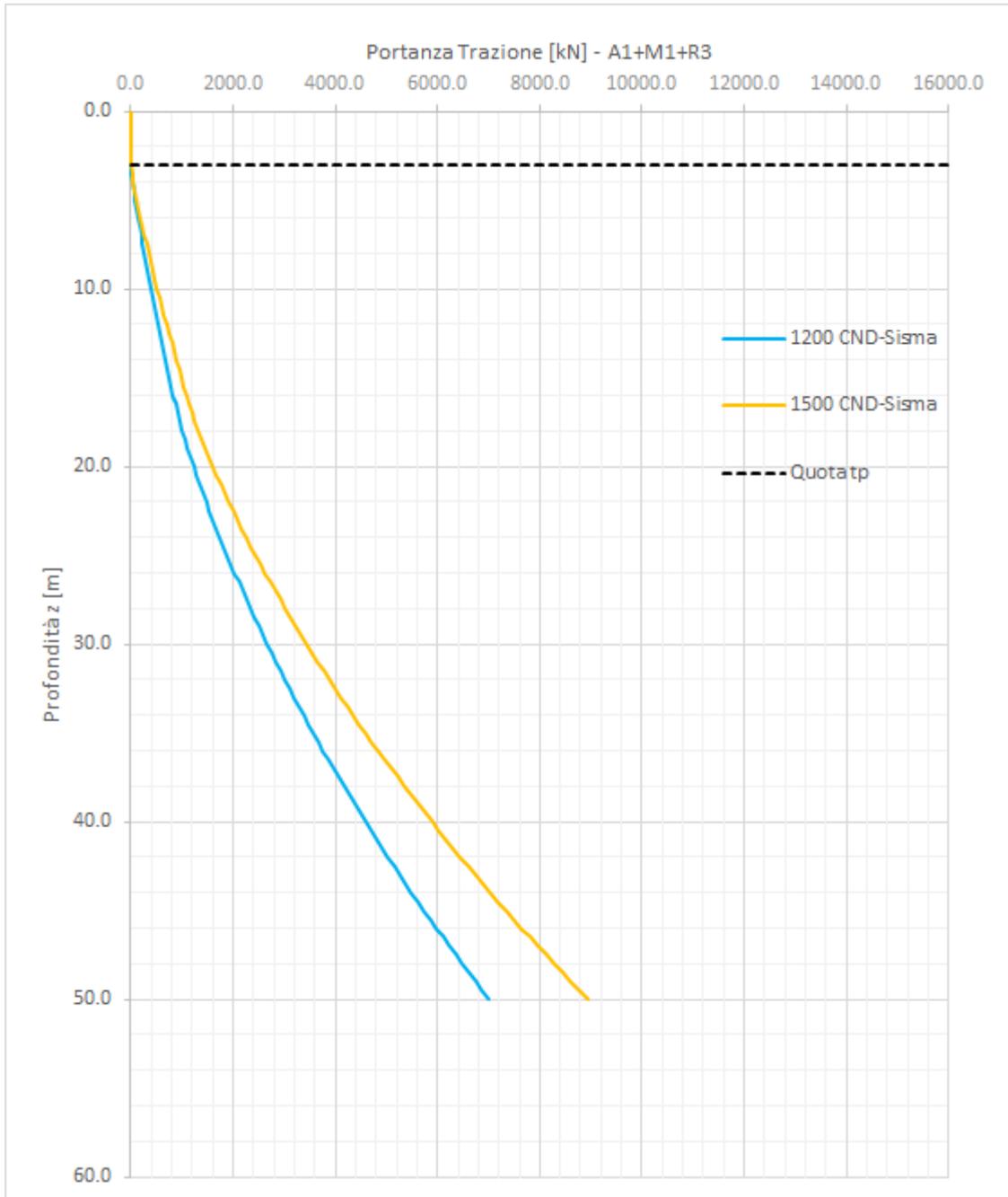
Unità geotecnica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (kN/m <sup>3</sup> )	(N <sub>SPT</sub> ) <sub>m</sub>	cu (kN/m <sup>2</sup> )
Unità U1	18.5	28	13	-
Unità U1a	19.0	23	14	50
Unità U2a	19.5	23	25	100
Unità U2	19.5	29	30	

Per il viadotto sono state svolte valutazioni sul potenziale rischio di liquefazione, in relazione alla presenza di valori di N<sub>SPT</sub> molto bassi (< 10 colpi/30 cm) in corrispondenza di livelli sabbiosi, caratterizzati però da un alto contenuto di fine e con livello di falda quasi completamente non interferente. A tal proposito si rimanda alla apposita relazione sulla liquefazione e nel seguito si riassumono le conclusioni per la valutazione della potenziale interferenza con i pali.

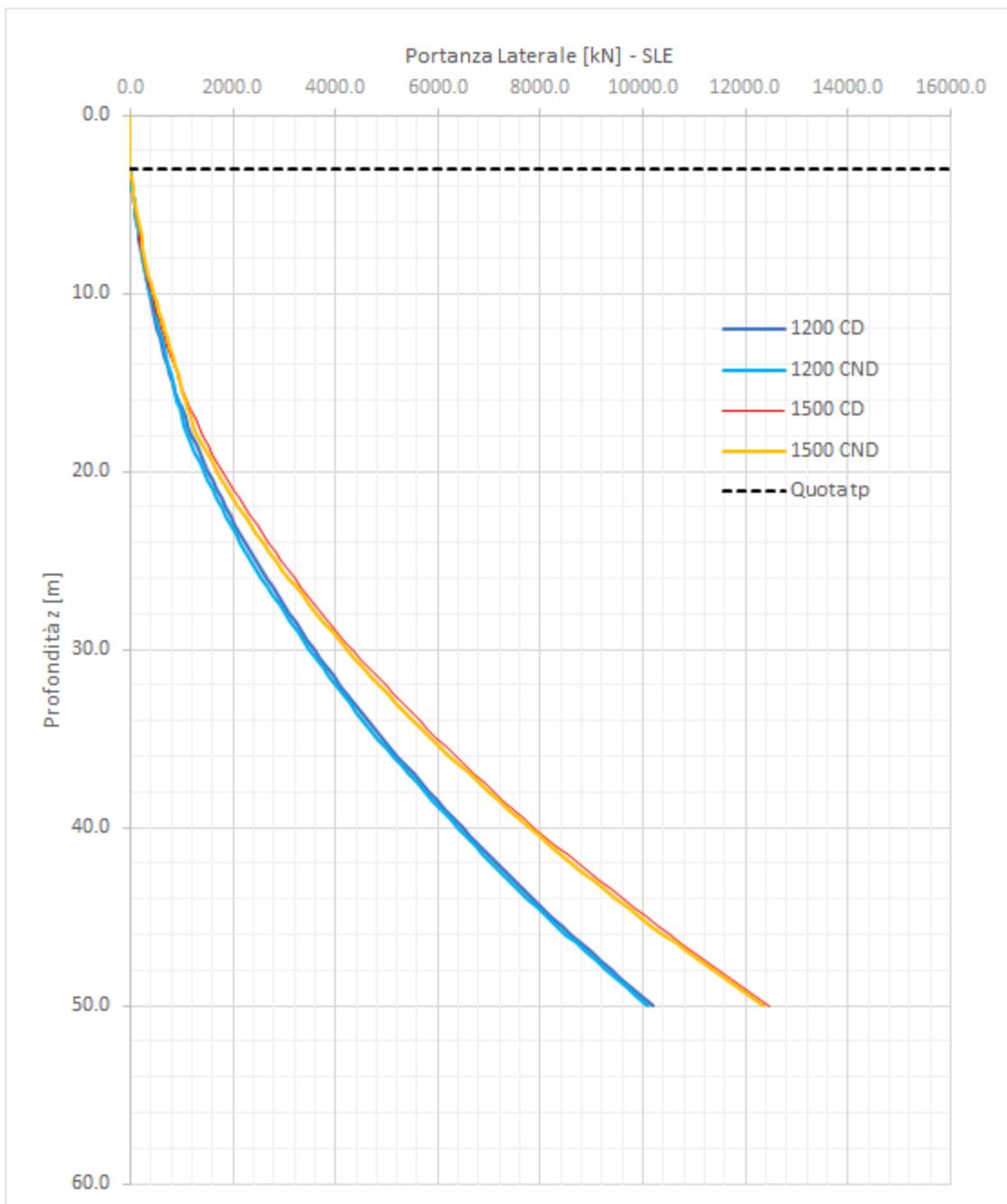
Per queste palificate la verifica di portanza dei pali (per tutte le condizioni di carico statiche e sismiche SLU) va eseguita con le curve di portanza con ipotesi senza liquefazione, poiché in corrispondenza del VI01 per il sondaggio SD18 la frazione fine è superiore al 67% e si esclude quindi il rischio di liquefazione.



**Figura 76. VI01-Portanza Pali (A1+M1+R3) a compressione**



**Figura 77. VI01-Portanza Pali (A1+M1+R3) a trazione**



**Figura 78. VI01-Portanza Pali (SLE) laterale**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	200 di 240

### 10.3.2 Viadotto VI02

La capacità portante dei pali del viadotto è stata valutata con riferimento a quota testa palo a 3 m da p.c. e falda a 2 m da p.c. e con la stratigrafia media cautelativa di seguito riportata.

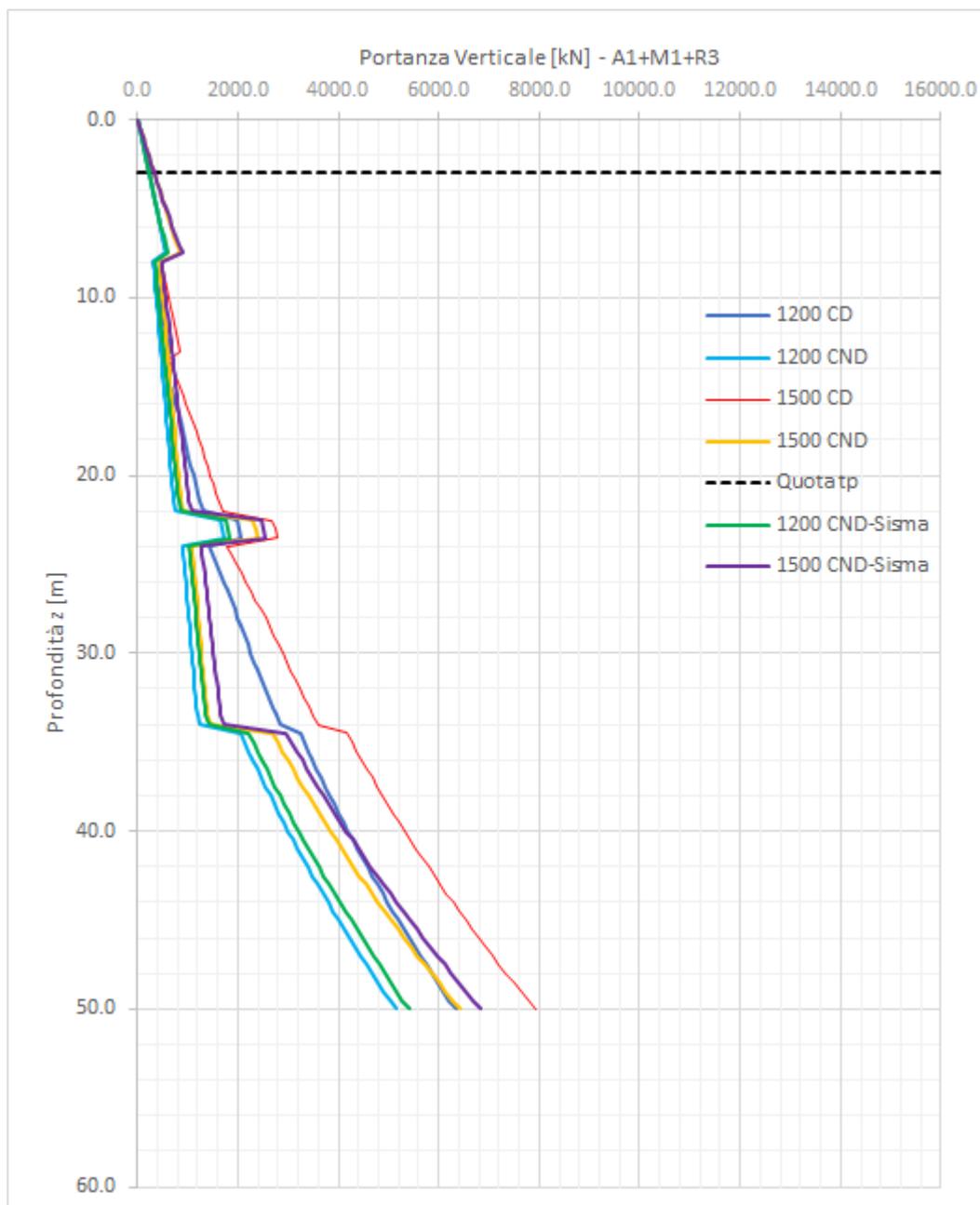
Profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica
Da 0.0 a 7.5	Unità U1
Da 7.5 a 13.0	Unità U1a
Da 13.0 a 22.0	Unità U2a
Da 22.0 a 23.5	Unità U2
Da 23.5 a 34.0	Unità U2a
Da 34.0 a 50.0	Unità U2

I parametri geotecnici sono riportati di seguito:

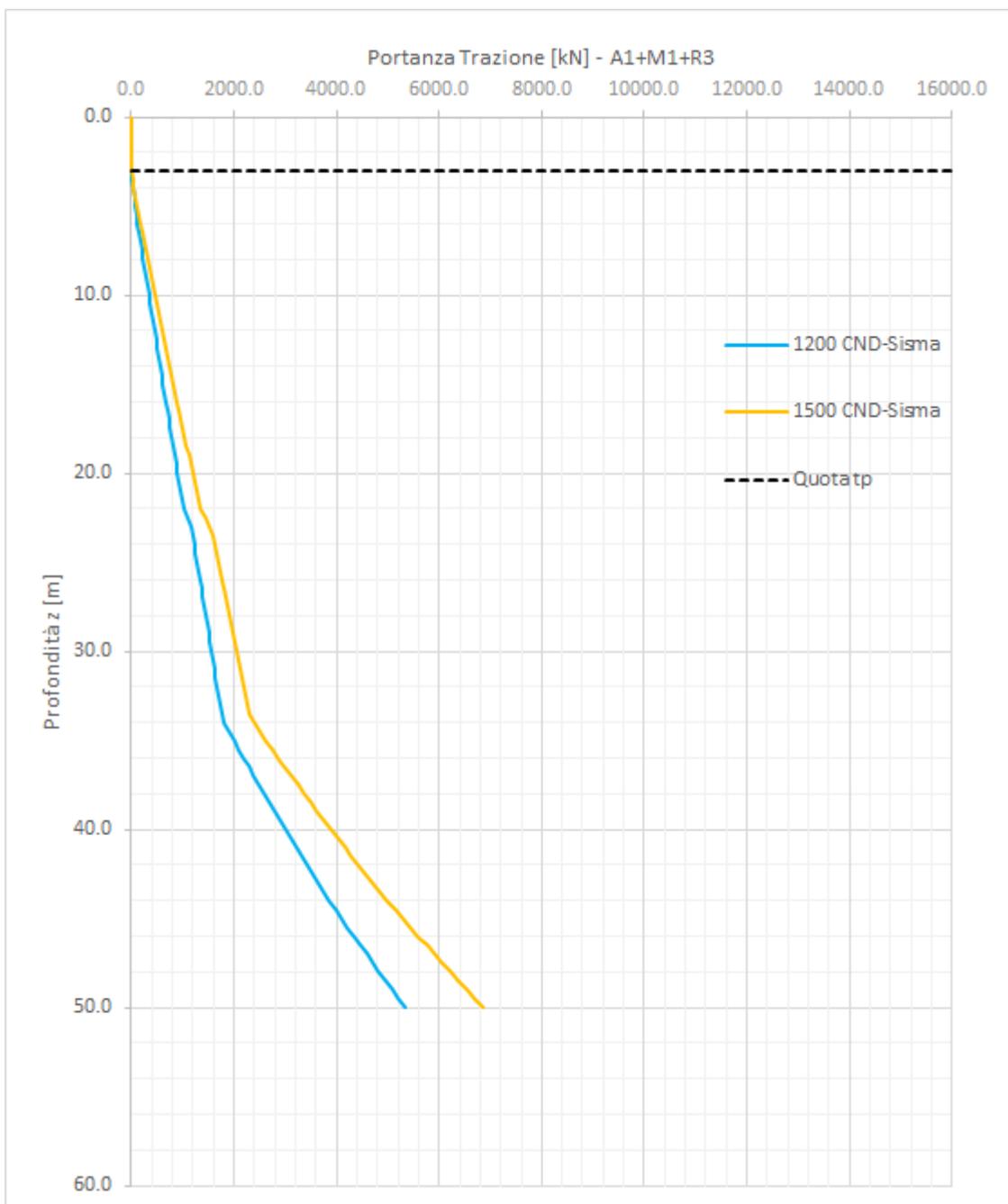
Unità geotecnica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (kN/m <sup>3</sup> )	(N <sub>SPT</sub> ) <sub>m</sub>	cu (kN/m <sup>2</sup> )
Unità U1	18.5	28	13	-
Unità U1a	19.0	21	14	45
Unità U2a	19.5	20	25	45
Unità U2	19.5	29	30	

Per il viadotto sono state svolte valutazioni sul potenziale rischio di liquefazione, in relazione alla presenza di valori di N<sub>SPT</sub> molto bassi (< 10 colpi/30 cm) in corrispondenza di livelli sabbiosi, caratterizzati però da un alto contenuto di fine e sotto falda. A tal proposito si rimanda alla apposita relazione sulla liquefazione e nel seguito si riassumono le conclusioni per la valutazione della potenziale interferenza con i pali.

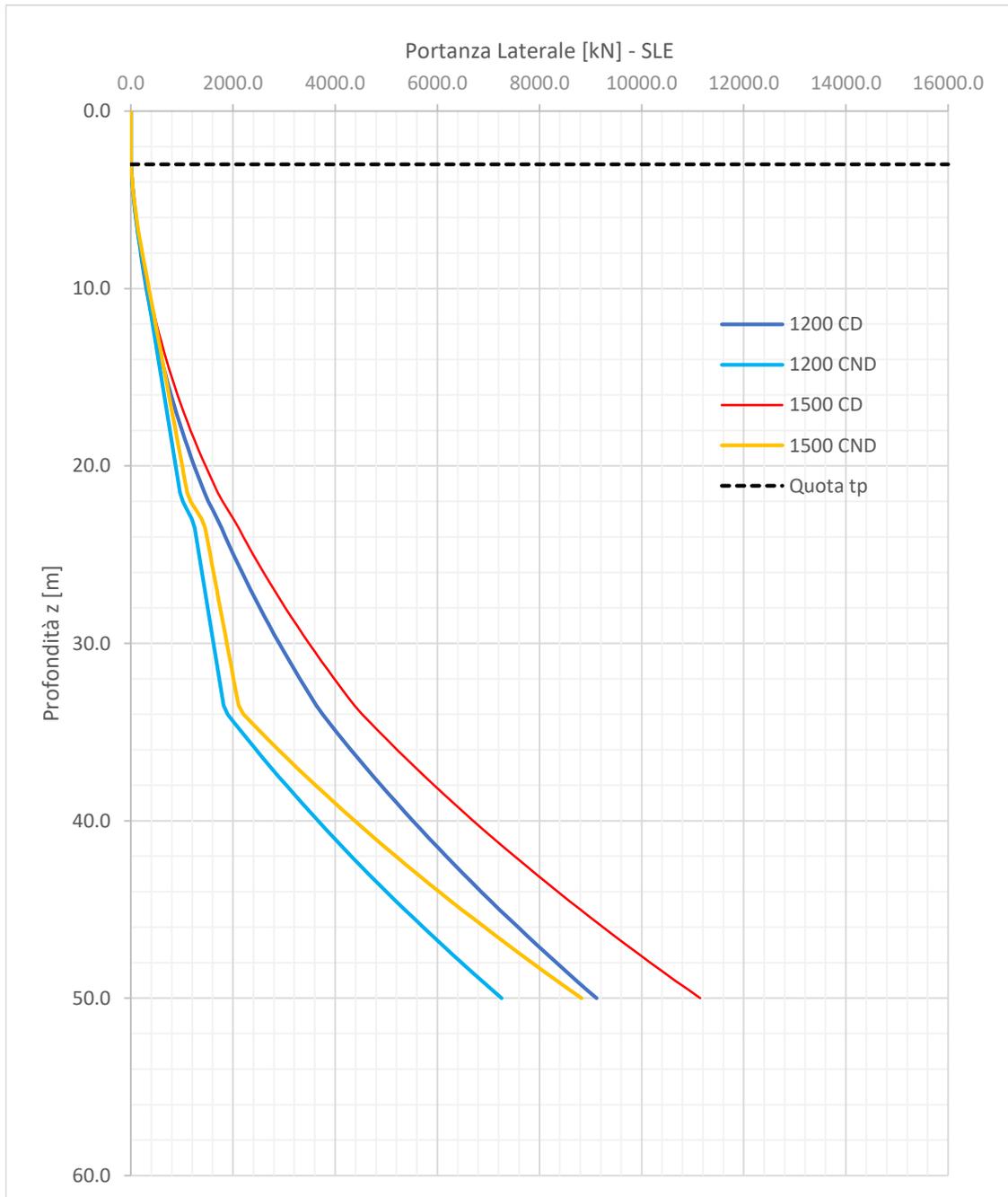
Per queste palificate la verifica di portanza dei pali (per tutte le condizioni di carico statiche e sismiche SLU) va eseguita con le curve di portanza con ipotesi senza liquefazione, poiché in corrispondenza del VI02 per il sondaggio SD35 la frazione fine è superiore al 67% e si esclude quindi il rischio di liquefazione.



**Figura 79. VI02-Portanza Pali (A1+M1+R3) a compressione**



**Figura 80. VI02-Portanza Pali (A1+M1+R3) a trazione**



**Figura 81. VI02-Portanza Pali (SLE) laterale**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	204 di 240

### 10.3.3 Viadotto VI03

La capacità portante dei pali del viadotto è stata valutata con riferimento a quota testa palo a 3 m da p.c. e falda a 3 m da p.c. e con la stratigrafia media cautelativa di seguito riportata.

Profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica
Da 0.0 a 11.0	Unità U1a
Da 11.0 a 21.5	Unità U2a
Da 21.5 a 23.5	Unità U2
Da 23.5 a 28.0	Unità U2b
Da 28.0 a 50.0	Unità U2

I parametri geotecnici sono riportati di seguito:

Unità geotecnica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (kN/m <sup>3</sup> )	(N <sub>SPT</sub> ) <sub>m</sub>	cu (kN/m <sup>2</sup> )
Unità U1a	19.0	20	14	50
Unità U2a	19.5	23	25	50
Unità U2b	19.5	35	45	
Unità U2	19.5	29	30	

Per il viadotto in esame, visto il modello stratigrafico sopra riportato, non sono state svolte valutazioni sul potenziale rischio di liquefazione, poiché in corrispondenza del VI03 sono presenti prevalentemente terreni coesivi si esclude quindi il rischio di liquefazione.

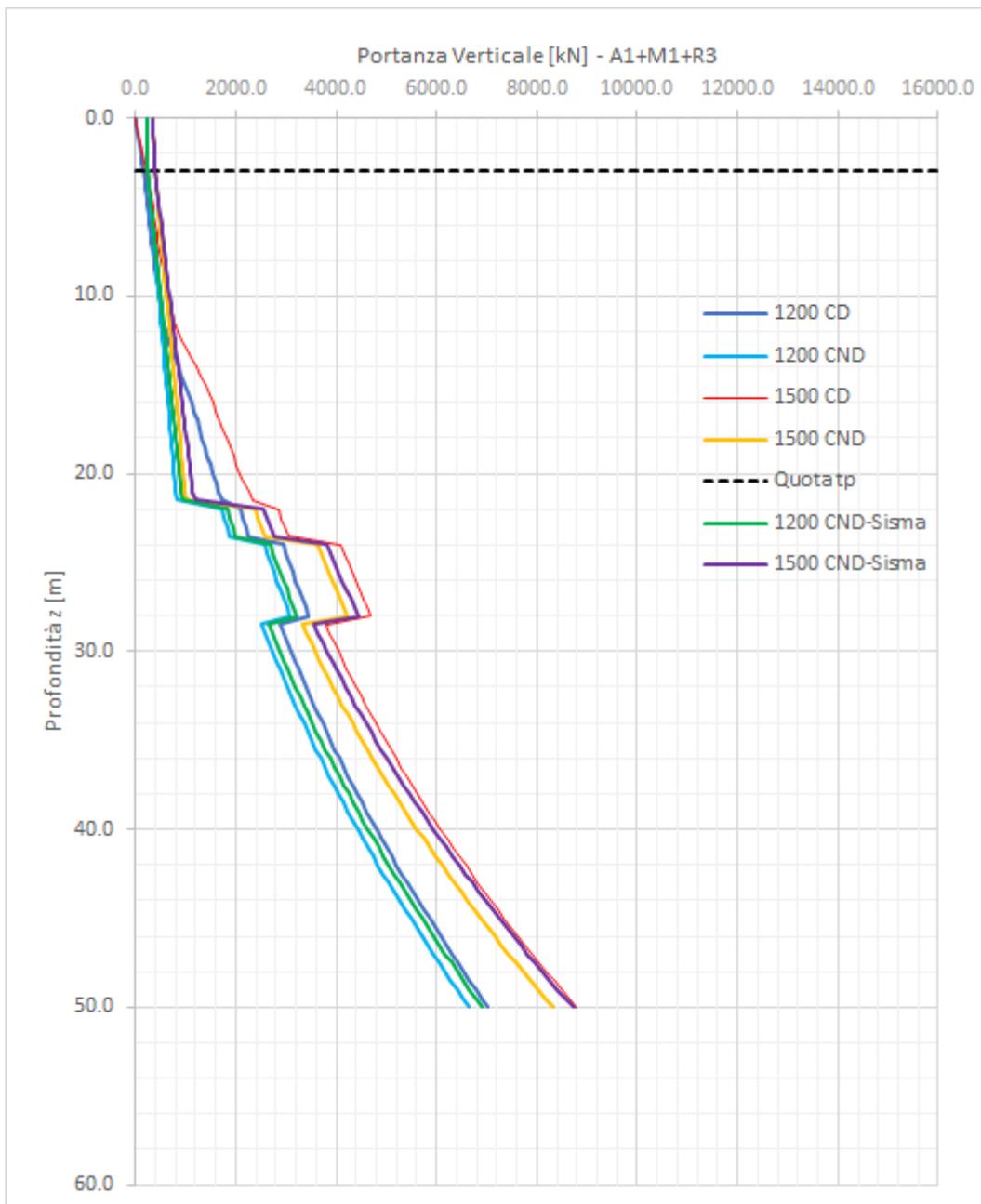


Figura 82. VI03-Portanza Pali (A1+M1+R3) a compressione

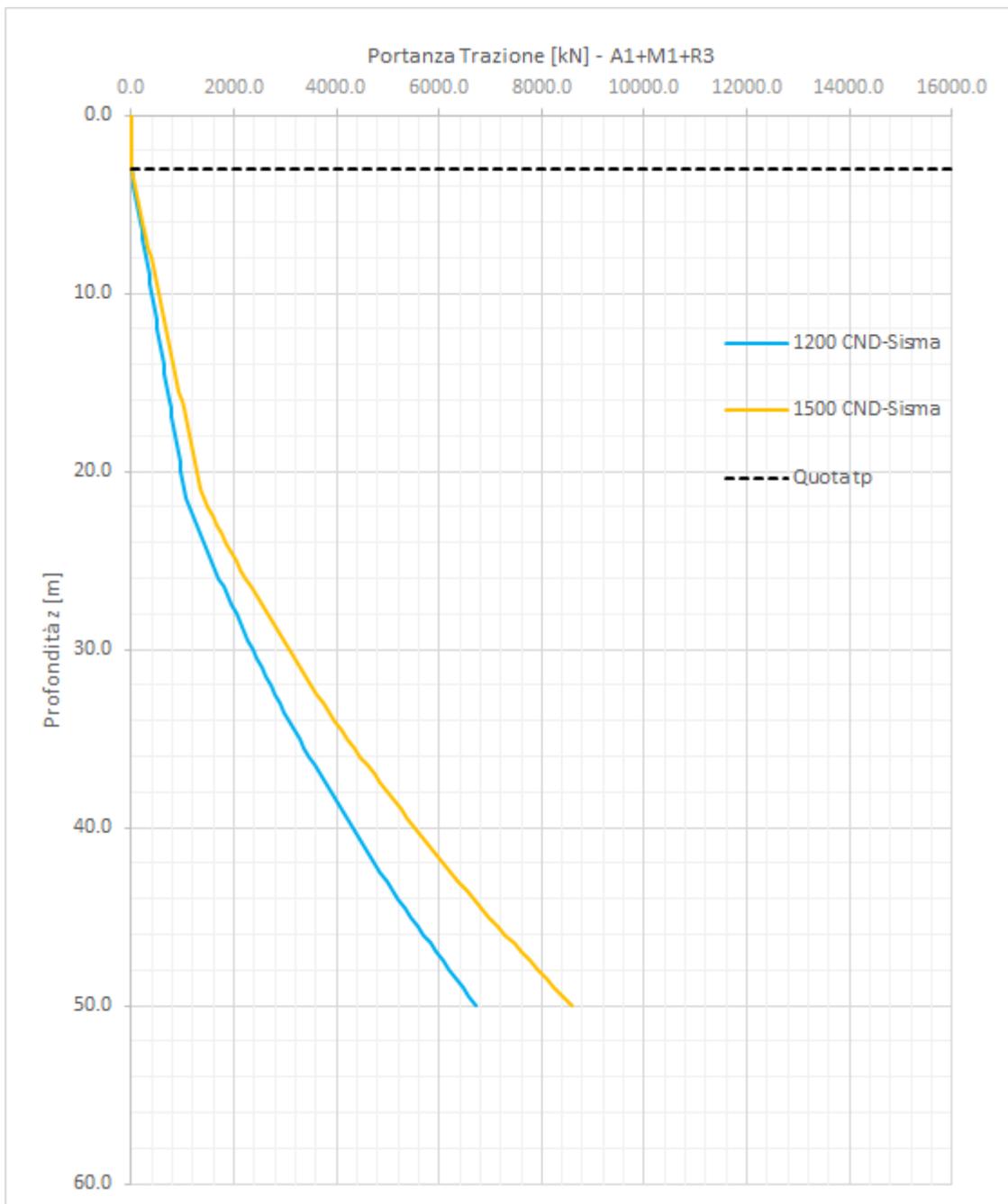
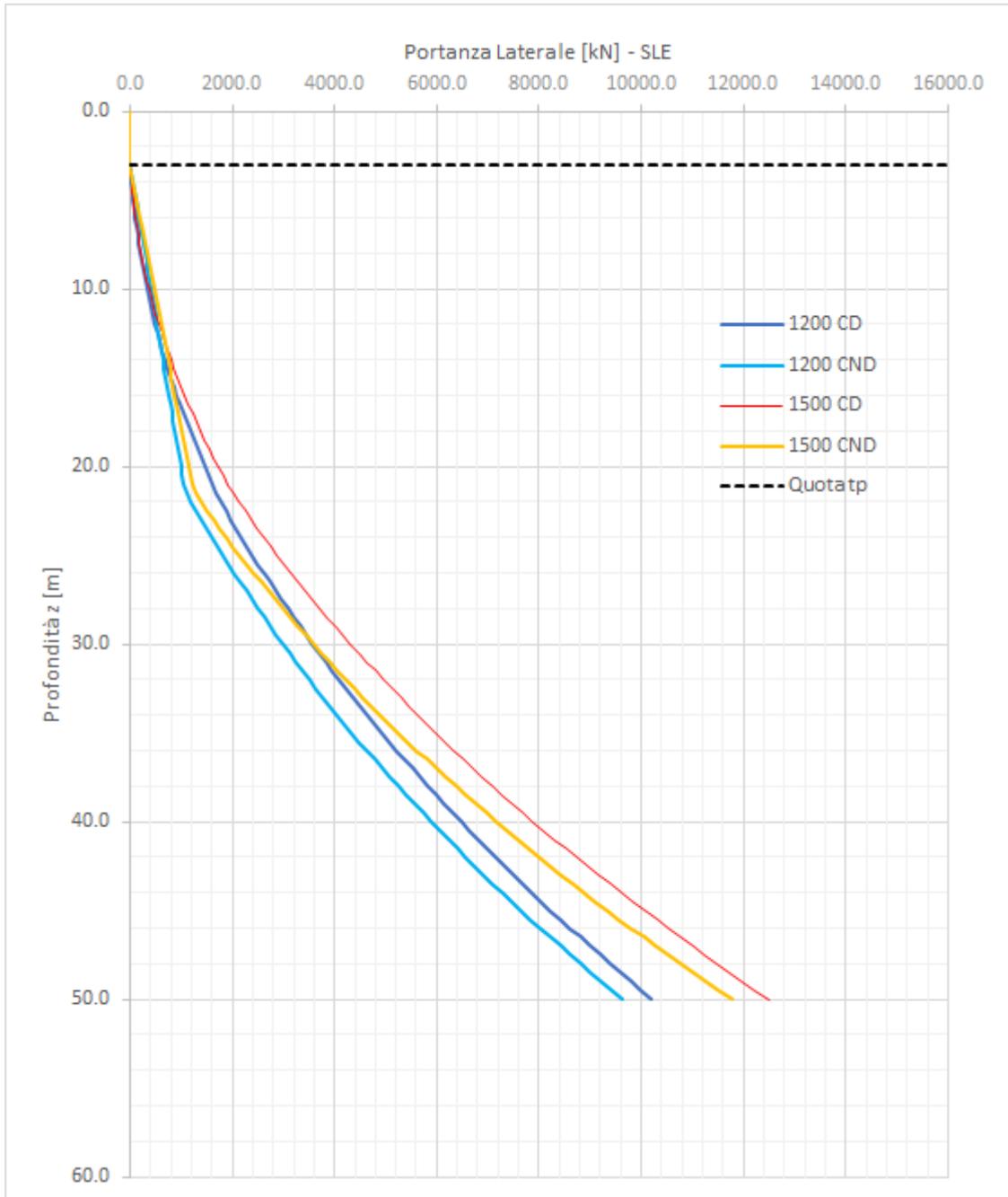


Figura 83. VI03-Portanza Pali (A1+M1+R3) a trazione



**Figura 84. VI03-Portanza Pali (SLE) laterale**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	208 di 240

#### 10.3.4 Riepilogo lunghezze pali Viadotti

OPERA	Parte d'opera	Pali di fondazione
VI02	Spalla	n.12 D1500 L=41m
NW01	Spalla	n.12 D1200 L=43m
IV01	Spalla	n.12 D1200 L=41m
IV01	Pila	n.12 D1500 L=47m
SL05	Scatolare	n.50+48 D1200 L=39m



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	209 di 240

## 10.4 CAPACITÀ PORTANTE SETTI DI DIAFRAMMA DELLA GALLERIA ARTIFICIALE GA01

La capacità portante dei setti è stata valutata per i setti laterali trascurando il tratto di diaframma fino a fondo scavo.

### 10.4.1 GA01

La portanza è stata valutata per spessori di diaframma, 1500 mm.

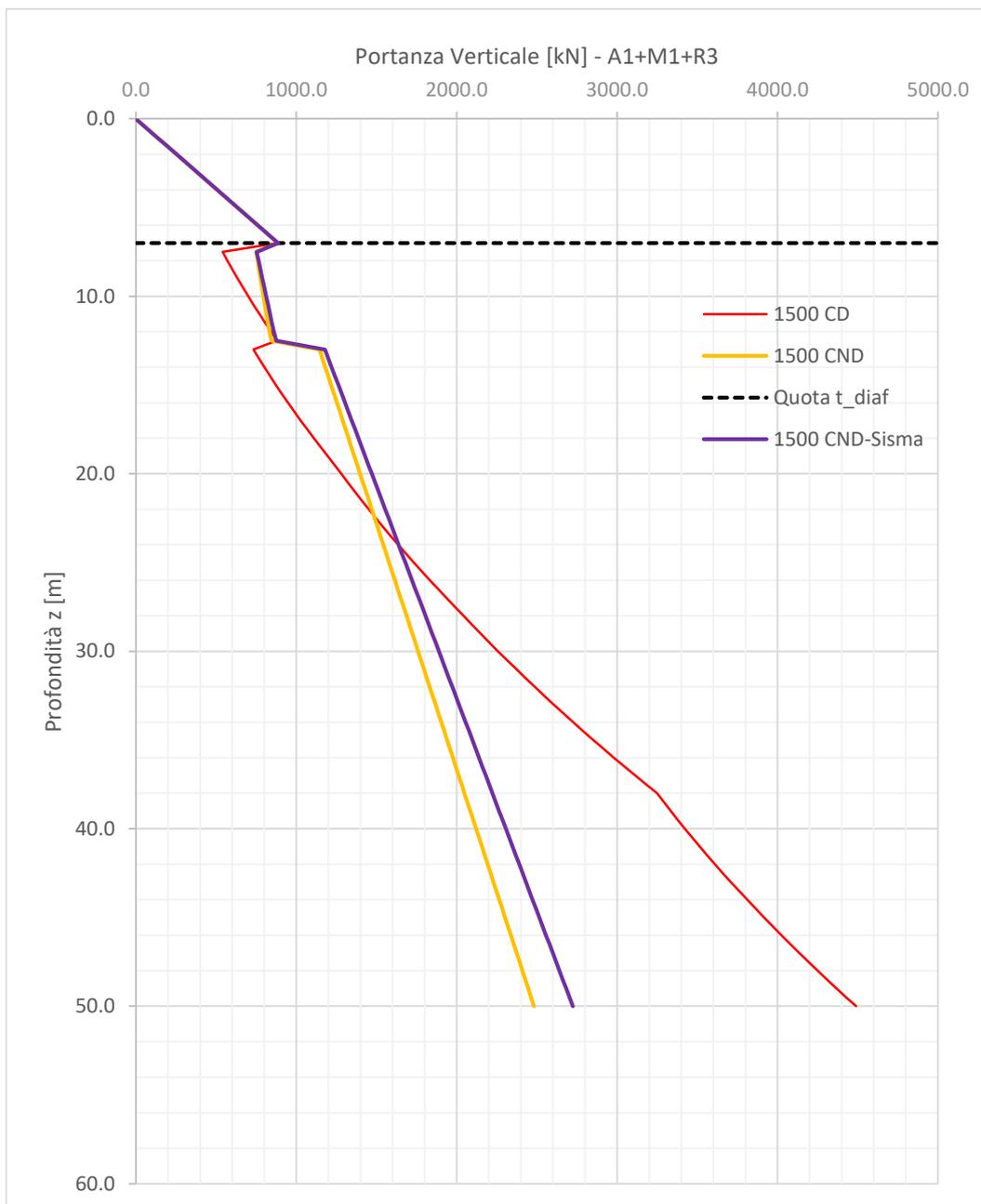
Per la valutazione della portanza dei setti laterali è stato considerato un p.c. fittizio a circa 7.0 m da fondo scavo (circa a metà galleria), quota testa setto a 7.0 m da p.c. fittizio e falda a p.c. fittizio, per tenere in conto un minimo di confinamento tensionale e di portata laterale nella parte del setto sopra lo scavo. Comunque alla lunghezza utile di setto derivante da calcolo verrà aggiunta la lunghezza del tratto di setto da testa a fondo scavo (tratto non portante;  $L_{sNP}$ ), quindi la lunghezza totale di setto è pari a:  $L_{totale} = L_{utile} + L_{sNP}$ .

Nelle seguenti tabelle si riportano la stratigrafia media cautelativa e i parametri geotecnici assunti per valutare i valori di portata di progetto a metro di sviluppo di diaframma, considerando una superficie laterale di perimetro 2 m e come base la superficie di un setto di spessore  $s$  pari a 1.5m e lunghezza 1 m.

Profondità da p.c. fittizio[m]	Unità geotecnica
Da 0.0 a 7.0	Unità U2
Da 7.0 a 16.5	Unità U2a
Da 16.5 a 50.0	Unità U3

I parametri geotecnici sono riportati di seguito:

Unità geotecnica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (kN/m <sup>3</sup> )	$(N_{SPT})_m$	cu (kN/m <sup>2</sup> )
Unità U2	19.5	29	30	
Unità U2a	19.5	24	25	90
Unità U3	20.5	22	33	130



**Figura 85. GA01-Portanza diaframmi 1500mm (A1+M1+R3) a compressione**

## 10.5 CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Bromsper il caso di pali con rotazione in testa impedita.

Le equazioni con cui si determina il carico limite a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato. Per tenere conto degli effetti di gruppo per la verifica a carico limite orizzontale si assuma un coefficiente pari a 0.8.

In terreni coesivi si ha:

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

dove :

H = carico limite orizzontale del palo;

$c_u$  = resistenza non drenata del terreno;

$M_y$  = momento di plasticizzazione del palo;

L = lunghezza del palo;

d = diametro del palo.

In terreni incoerenti si ha (vedasi figura seguente):

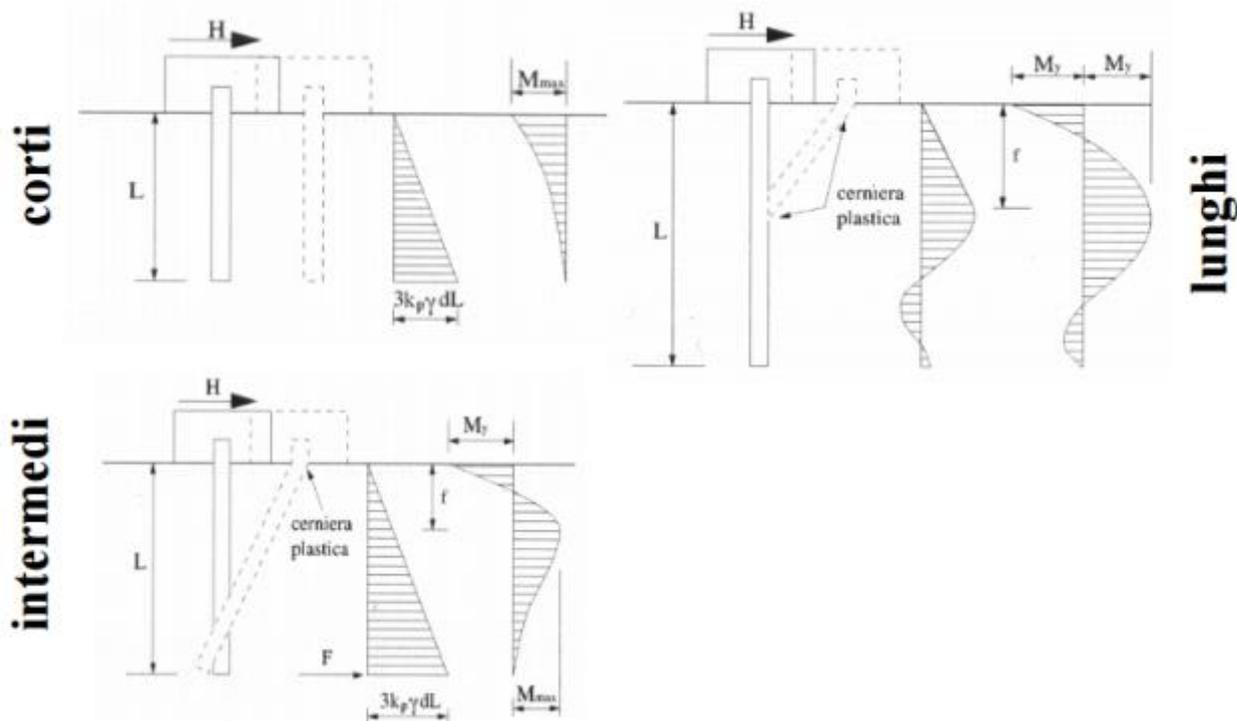
Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

Dove, oltre ai termini già definiti,

$k_p$  = coefficiente di spinta passiva.



Il valore di H dovrà essere confrontato con il massimo valore del taglio agente sul palo al variare delle combinazioni (V<sub>pd</sub>); il valore determinato con la teoria di Broms dovrà essere ridotto secondo quanto prevede la normativa vigente.

$$H \lim = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq V_{pd}$$

dove:

H = valore limite in funzione del meccanismo attivato;

ξ = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate (vedasi Tabella 72);

γ<sub>T</sub> = fattore di resistenza laterale secondo la tabella di seguito riportata.

**Tabella 75 Coefficiente parziale γ<sub>T</sub> per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali**

**Coefficiente parziale (R3)**

$$\gamma_T = 1,3$$

### 10.5.1 Verifica a carico limite orizzontale in terreni potenzialmente liquefacibili

Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, utilizzando il modello stratificato e trascurando lo strato liquefacibile. Tale analisi è riportata nella relazione di calcolo delle fondazioni dei viadotti.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	213 di 240

## 11 PALIFICATE DI FONDAZIONE

### 11.1 VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956), che utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali, ottenuti esprimendo l'equazione della linea elastica attraverso equazioni differenziali funzione del tipo di sollecitazione agente.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del coefficiente di reazione orizzontale palo-terreno ( $k_h$ , che verrà definito nel paragrafo 0), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

$H_0$  = azione tagliante in testa palo [F];

$M_0$  = azione flettente, conseguente ad  $H_0$ , in testa al palo;

$\alpha_m$  = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

$M_{ad}$  = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Per terreni coesivi dove si considera  $k_h$  costante con la profondità, la lunghezza caratteristica vale :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{k_h \cdot D}}$$

Mentre per terreni incoerenti dove si considera  $k_h$  variabile con la profondità, la lunghezza caratteristica vale :

$$\lambda = \sqrt[5]{\frac{EJ}{n_h}}$$

Per le palificate dei viadotti in esame il momento adimensionale ed il valore del parametro  $\alpha_m$  sono stati valutati nel caso di palo in terreno non liquefacibile.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di  $\alpha_m$  e il momento adimensionale lungo il palo per tutti i pali delle opere presenti nella tratta in esame: i pali di ciascuna opera si intestano nell'unità geotecnica U1, corrispondente a un terreno incoerente, per cui il valore di  $\alpha_m$  varia linearmente con la profondità.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	214 di 240

**Tabella 76. Valori di  $\alpha_m p$  e  $M(z)$  per terreni non liquefacibili, VI02 - D=1500 mm**

Palo	$\alpha_m$ [m]
D=1500mm	4.04

Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale

Metodo di Matlock & Reese

Caso di terreno con modulo variabile con la profondità

**Caratteristiche palo**

tipologia (p=palo; m=micropalo)	p
diametro (m)	1.50
lunghezza (m)	L 41.0
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$ 3.122E+07
modulo elastico acciaio (kPa)	
modulo elastico di calcolo (kPa)	E 3.122E+07
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I 0.249
resist. caratt. CIs (MPa)	Rck 30
tratto scalzato (m)	l 0

**Caratteristiche terreno**

coeff. modulo orizzontale (kNm <sup>2</sup> )	$n_h$	5000
fattore di rigidezza (m)	T	4.35
L/T	$\lambda$	9.43
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	9.4

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	0.2
momento di incastro (kNm)	Mt	-1.0

**Risultati**

z/T	z (m)	y (mm)	$\vartheta$ (rad)	M (kNm)	V (kN)	P (kN/m)
0.0	0	0.00	2.63E-09	-0.97	0.24	0.00
-0.1	-0.43	0.00	5.55E-09	-0.87	0.24	0.01
-0.2	-0.87	0.00	1.43E-08	-0.76	0.24	0.01
-0.3	-1.30	0.00	2.89E-08	-0.66	0.23	0.01
-0.4	-1.74	0.00	4.82E-08	-0.56	0.22	0.02
-0.5	-2.17	0.00	7.39E-08	-0.47	0.21	0.02
-0.6	-2.61	0.00	1.01E-07	-0.38	0.20	0.03
-0.7	-3.04	0.00	1.35E-07	-0.29	0.19	0.03
-0.8	-3.48	0.00	1.71E-07	-0.21	0.18	0.03
-0.9	-3.91	0.00	2.10E-07	-0.14	0.16	0.03
-1.0	-4.35	0.00	2.52E-07	-0.07	0.15	0.03
-1.2	-5.22	0.00	3.39E-07	0.05	0.12	0.04
-1.4	-6.09	0.00	4.29E-07	0.14	0.09	0.03
-1.6	-6.95	0.00	5.18E-07	0.20	0.06	0.03
-1.8	-7.82	0.00	6.03E-07	0.24	0.03	0.03
-2.0	-8.69	0.00	6.80E-07	0.26	0.01	0.02
-3.0	-13.04	0.00	9.28E-07	0.18	-0.03	0.00
-4.0	-17.39	0.00	9.70E-07	0.04	-0.03	-0.01
-5.0	-21.73	0.00	9.66E-07	-0.01	0.00	0.00
-6.0	-26.08	0.00	9.51E-07	0.00	0.00	0.00

**Tabella 77. Valori di  $\alpha_m p$  e  $M(z)$  per terreni non liquefacibili, NW01 - D=1200 mm**

Palo	$\alpha_m$ [m]
D=1200mm	3.38

Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale

*Metodo di Matlock & Reese*

Caso di terreno con modulo variabile con la profondità

**Caratteristiche palo**

tipologia (p=palo; m=micropalo)	p
diametro (m)	1.20
lunghezza (m)	L 44.0
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$ 3.122E+07
modulo elastico acciaio (kPa)	
modulo elastico di calcolo (kPa)	E 3.122E+07
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I 0.102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck 30
tratto scalzato (m)	l 0

**Caratteristiche terreno**

coeff. modulo orizzontale (kN/m <sup>3</sup> )	$n_h$	5000
fattore di rigidezza (m)	T	3.64
L/T	$\lambda$	12.10
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	12.1

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	0.3
momento di incastro (kNm)	Mt	-1.0

**Risultati**

z/T	z (m)	y (mm)	$\vartheta$ (rad)	M (kNm)	V (kN)	P (kN/m)
0.0	0	0.00	5.52E-09	-1.00	0.30	0.00
-0.1	-0.36	0.00	1.17E-08	-0.89	0.29	0.01
-0.2	-0.73	0.00	3.01E-08	-0.78	0.29	0.01
-0.3	-1.09	0.00	6.08E-08	-0.68	0.28	0.02
-0.4	-1.45	0.00	1.01E-07	-0.58	0.27	0.03
-0.5	-1.82	0.00	1.55E-07	-0.48	0.26	0.03
-0.6	-2.18	0.00	2.13E-07	-0.39	0.25	0.04
-0.7	-2.55	0.00	2.83E-07	-0.30	0.23	0.04
-0.8	-2.91	0.00	3.59E-07	-0.22	0.22	0.05
-0.9	-3.27	0.00	4.41E-07	-0.14	0.20	0.05
-1.0	-3.64	0.00	5.28E-07	-0.07	0.18	0.05
-1.2	-4.36	0.00	7.12E-07	0.05	0.15	0.05
-1.4	-5.09	0.00	9.01E-07	0.14	0.11	0.05
-1.6	-5.82	0.00	1.09E-06	0.21	0.07	0.05
-1.8	-6.54	0.00	1.27E-06	0.25	0.04	0.04
-2.0	-7.27	0.00	1.43E-06	0.27	0.02	0.03
-3.0	-10.91	0.00	1.95E-06	0.18	-0.04	0.00
-4.0	-14.54	0.00	2.04E-06	0.04	-0.04	-0.01
-5.0	-18.18	0.00	2.03E-06	-0.01	0.00	0.00
-6.0	-21.82	0.00	2.00E-06	0.00	0.00	0.00

**Tabella 78. Valori di  $\alpha_m p$  e  $M(z)$  per terreni non liquefacibili, IV01 - D=1200 mm**

Palo	$\alpha_m$ [m]
D=1200mm	3.38

**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale**
**Metodo di Matlock & Reese**
**Caso di terreno con modulo variabile con la profondità**
**Caratteristiche palo**

tipologia (p=palo; m=micropalo)		p
diametro (m)		1.20
lunghezza (m)	L	41.0
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	3.122E+07
modulo elastico acciaio (kPa)		
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	3.122E+07
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0.102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

**Caratteristiche terreno**

coeff. modulo orizzontale (kN/m <sup>3</sup> )	$n_h$	5000
fattore di rigidità (m)	T	3.64
L/T	$\lambda$	11.28
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	11.3

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	0.3
momento di incastro (kNm)	Mt	-1.0

**Risultati**

z/T	z (m)	y (mm)	$\vartheta$ (rad)	M (kNm)	V (kN)	P (kN/m)
0.0	0	0.00	5.54E-09	-1.00	0.30	0.00
-0.1	-0.36	0.00	1.17E-08	-0.89	0.29	0.01
-0.2	-0.73	0.00	3.02E-08	-0.79	0.29	0.01
-0.3	-1.09	0.00	6.10E-08	-0.68	0.28	0.02
-0.4	-1.45	0.00	1.02E-07	-0.58	0.27	0.03
-0.5	-1.82	0.00	1.56E-07	-0.48	0.26	0.03
-0.6	-2.18	0.00	2.14E-07	-0.39	0.25	0.04
-0.7	-2.55	0.00	2.84E-07	-0.30	0.24	0.04
-0.8	-2.91	0.00	3.60E-07	-0.22	0.22	0.05
-0.9	-3.27	0.00	4.43E-07	-0.14	0.20	0.05
-1.0	-3.64	0.00	5.30E-07	-0.07	0.18	0.05
-1.2	-4.36	0.00	7.15E-07	0.05	0.15	0.05
-1.4	-5.09	0.00	9.05E-07	0.14	0.11	0.05
-1.6	-5.82	0.00	1.09E-06	0.21	0.07	0.05
-1.8	-6.54	0.00	1.27E-06	0.25	0.04	0.04
-2.0	-7.27	0.00	1.43E-06	0.27	0.02	0.03
-3.0	-10.91	0.00	1.95E-06	0.18	-0.04	0.00
-4.0	-14.54	0.00	2.04E-06	0.04	-0.04	-0.01
-5.0	-18.18	0.00	2.04E-06	-0.01	0.00	0.00
-6.0	-21.82	0.00	2.00E-06	0.00	0.00	0.00

**Tabella 79. Valori di  $\alpha_m p$  e  $M(z)$  per terreni non liquefacibili, SL05 - D=1200 mm**

Palo	$\alpha_m$ [m]
D=1200mm	3.38

**Calcolo della deformata e delle sollecitazioni agenti in un palo soggetto a forza orizzontale**

**Metodo di Matlock & Reese**

**Caso di terreno con modulo variabile con la profondità**

**Caratteristiche palo**

tipologia (p=palo; m=micropalo)		p
diametro (m)		1.20
lunghezza (m)	L	39.0
modulo elastico cls (kPa)	$E_c$	3.122E+07
modulo elastico acciaio (kPa)		
modulo elastico di calcolo (kPa)	E	3.122E+07
momento d'inerzia (m <sup>4</sup> )	I	0.102
resist. caratt. Cls (MPa)	Rck	30
tratto scalzato (m)	l	0

**Caratteristiche terreno**

coeff. modulo orizzontale (kN/m <sup>3</sup> )	$n_h$	5000
fattore di rigidezza (m)	T	3.64
L/T	$\lambda$	10.73
coeff. di profondità max	$Z_{max}$	10.7

**Carichi agenti**

carico orizzontale (kN)	Vt	0.3
momento di incastro (kNm)	Mt	-1.0

**Risultati**

z/T	z (m)	y (mm)	$\psi$ (rad)	M (kNm)	V (kN)	P (kN/m)
0.0	0	0.00	5.52E-09	-1.00	0.30	0.00
-0.1	-0.36	0.00	1.17E-08	-0.89	0.29	0.01
-0.2	-0.73	0.00	3.01E-08	-0.78	0.29	0.01
-0.3	-1.09	0.00	6.08E-08	-0.68	0.28	0.02
-0.4	-1.45	0.00	1.01E-07	-0.58	0.27	0.03
-0.5	-1.82	0.00	1.55E-07	-0.48	0.26	0.03
-0.6	-2.18	0.00	2.13E-07	-0.39	0.25	0.04
-0.7	-2.55	0.00	2.83E-07	-0.30	0.23	0.04
-0.8	-2.91	0.00	3.59E-07	-0.22	0.22	0.05
-0.9	-3.27	0.00	4.41E-07	-0.14	0.20	0.05
-1.0	-3.64	0.00	5.28E-07	-0.07	0.18	0.05
-1.2	-4.36	0.00	7.12E-07	0.05	0.15	0.05
-1.4	-5.09	0.00	9.01E-07	0.14	0.11	0.05
-1.6	-5.82	0.00	1.09E-06	0.21	0.07	0.05
-1.8	-6.54	0.00	1.27E-06	0.25	0.04	0.04
-2.0	-7.27	0.00	1.43E-06	0.27	0.02	0.03
-3.0	-10.91	0.00	1.95E-06	0.18	-0.04	0.00
-4.0	-14.54	0.00	2.04E-06	0.04	-0.04	-0.01
-5.0	-18.18	0.00	2.03E-06	-0.01	0.00	0.00
-6.0	-21.82	0.00	2.00E-06	0.00	0.00	0.00



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	218 di 240

### 11.1.1 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno ( $E_{MR}$ ) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo ( $p$ ) ed il corrispondente spostamento orizzontale ( $y$ ):

$$E_{MR} = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito  $K_w [FL^{-3}]$  il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro  $D$  si ha:

$$E_{MR} = k_h \cdot D$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

Per i terreni incoerenti si assume in genere una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$k_h = n_h \cdot z/D \quad [FL^{-2}]$$

dove:

$k_h$  = coefficiente di reazione del terreno;

$z$  = profondità a partire dalla sommità del palo.

Stato addensamento	Sciolto	Medio	Denso
$n_h [N/cm^3]$ , sabbie non immerse	2.5	7.5	20
$n_h [N/cm^3]$ , sabbie immerse	1.5	5	12

Per i terreni coesivi si assume in genere una legge del tipo:

$$k_h = \xi \cdot cu/D, \text{ con } \xi = 400,$$

corrispondenti a valori secanti del modulo  $E_{MR}$  per pali isolati con basse deformazioni.

Per le fondazioni dei viadotti in esame si considera:

- $n_h = 5000 \text{ kN/m}^3$
- testa palo a 3 m dal p.c..

Negli strati di terreno potenzialmente liquefacibili, identificabili nel profilo stratigrafico longitudinale con retino puntinato magenta, si assume modulo di reazione orizzontale del terreno pari a zero. Negli eventuali strati di terreno, interposti tra due livelli potenzialmente liquefacibili, il modulo di reazione orizzontale del terreno è stato cautelativamente abbattuto al 50%.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	219 di 240

## 11.2 ANALISI DEL CEDIMENTO DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA

Per quanto riguarda il calcolo dei cedimenti delle fondazioni, è stata prima di tutto analizzata la risposta del singolo palo considerando i metodi tradizionali proposti in letteratura.

Una descrizione sintetica del metodo utilizzato e delle ipotesi cui fanno riferimento è riportata nel seguito. Quindi dal cedimento del generico palo è stato calcolato il cedimento del gruppo di pali.

Nell'ambito del Metodo di Poulos & Davis (1980), il cedimento di un singolo palo isolato  $w_s$  sotto l'azione di un carico  $Q$  è espresso dalla:

$$w_s = \frac{I_w}{EL} Q$$

nella quale  $I_w$  è un coefficiente d'influenza adimensionale funzione dei parametri  $L/D$  (con  $L$ =lunghezza del palo;  $D$ =diametro del palo), del coefficiente di Poisson del mezzo elastico con cui si rappresenta il terreno e  $K$ . Il terreno è modellato come un mezzo elastico stratificato alla Gibson, di spessore finito  $H$  e modulo crescente con la profondità.  $K$  è il rapporto tra il modulo di rigidezza del palo,  $E_p$  e il Modulo di Young del terreno,  $E$ .

Per il valore prefissato del coefficiente di Poisson  $\nu=0.5$ , per ampi rapporti di  $K$  e fino a valori correnti dei rapporti  $L/D$ , l'andamento di  $I_w$  è approssimativamente asintotico con valori stimabili con la seguente relazione.

$$I_w = 0.5 + \text{Log}(L/D)$$

Il cedimento del singolo palo è stato esteso a quello del gruppo di pali,  $W_{\text{palificata}}$ . Il problema è stato studiato nell'ipotesi che ciascun palo si comporti come un elemento elastico indipendente dagli altri quindi il cedimento di una palificata può essere espresso come prodotto del cedimento del singolo palo per un coefficiente di amplificazione  $R$ , dipendente da fattori essenzialmente geometrici come il numero di pali della palificata  $n$  e il rapporto  $i/D$  ossia il rapporto tra l'interasse e il diametro dei pali. E' possibile stimare un cedimento della palificata massimo.

$$W_{\text{palificata, max}} = n \cdot R_{G, \text{max}} \cdot W_{s, \text{max}}$$

con:

$$R_{G, \text{max}} = (0.5/R) + (0.13/R^2)$$

Per  $R$ , Randolph & Clancy (1993) e Mandolini (1994) hanno proposto la relazione:

$$R = (n \cdot i/L)^{0.5}$$

e con:

$n$ = numero di pali facenti parte della palificata;

$w_{s, \text{max}}$ = cedimento massimo del singolo palo;

$i$ = interasse;

$L$ = lunghezza dei pali.

### 11.2.1 Calcolo cedimenti palificate

Si riportano di seguito i valori dei cedimenti delle palificate di ogni opera, a partire dal calcolo del cedimento massimo del singolo palo come illustrato precedentemente.

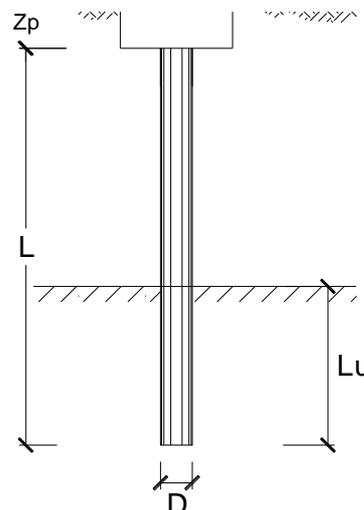
Si riportano inoltre gli scarichi massimi in testa ai pali valutati per la combinazione dei carichi SLE – Rara.

#### VI02

SCARICHI PALI - SPALLA VI02			D (m)	L (m)
N=	<b>3418</b>	KN	1.5	<b>41</b>
V=	<b>410</b>	KN		

#### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.50	(m)
Carico sul palo (P):	3418.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	41.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	28.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	4.5	(m)



#### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D) = 1,77 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{utile} = 5,40 \quad (\text{mm})$$

#### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta p = R_s \cdot \delta = n \cdot R_g \cdot \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n \cdot s / L)^{0,5} \quad R = 1,148$$

Cedimento della palificata

$$\delta p = n \cdot R_g \cdot \delta = 12 \cdot 0,53 \cdot 5,40 = 34,66 \quad (\text{mm})$$

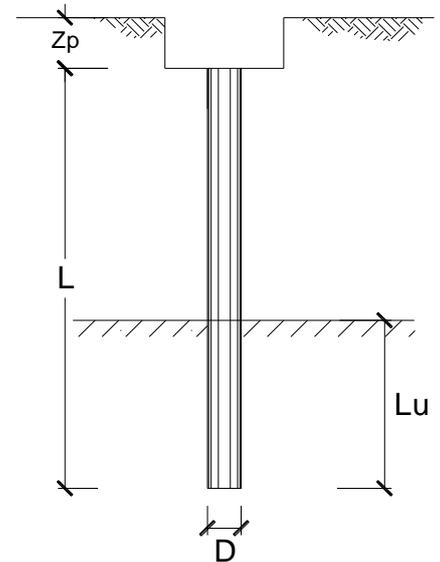
## NW01

SCARICHI PALI - SPALLA NW01			D (m)	L (m)
N=	<b>3154</b>	KN	1.2	44
V=	<b>529</b>	KN		

**OPERA:** 0

### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	3154.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	44.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	31.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)



### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 1.91 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 4.86 \quad (\text{mm})$$

### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 0.991$$

Cedimento della palificata

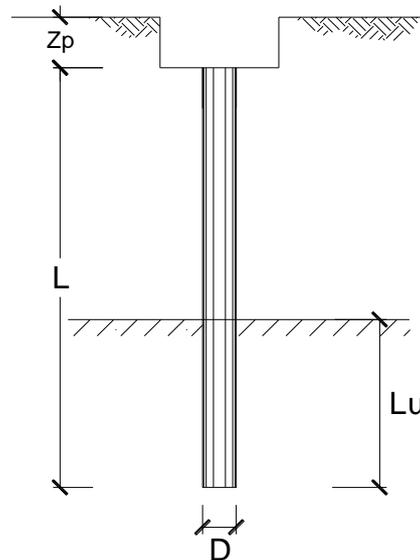
$$\delta_p = n * R_g * \delta = 12 * 0.64 * 4.86 = 37.18 \quad (\text{mm})$$

## IV01 - SPALLA

SCARICHI PALI - SPALLA IV01			D (m)	L (m)
N=	<b>2780</b>	KN	1.2	41
V=	<b>148</b>	KN		

### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	2780.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	41.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	26.50	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)



### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.84 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 4.84 \text{ (mm)}$$

### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 1.026$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 12 * 0.61 * 4.84 = 35.43 \text{ (mm)}$$

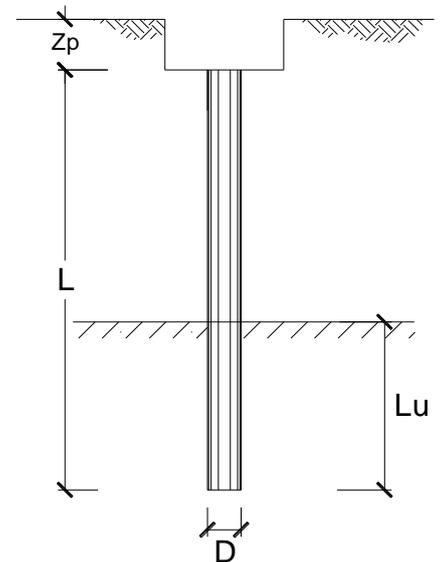
## IV01 - PILA

SCARICHI PALI - PILA IV01			D (m)	L (m)
N=	<b>2907</b>	KN	1.2	47
V=	<b>133</b>	KN		

**OPERA:** 0

### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	2907.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	47.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	32.50	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)



### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 1.93 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 4.32 \quad (\text{mm})$$

### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 0.959$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 12 * 0.66 * 4.32 = 34.38 \quad (\text{mm})$$

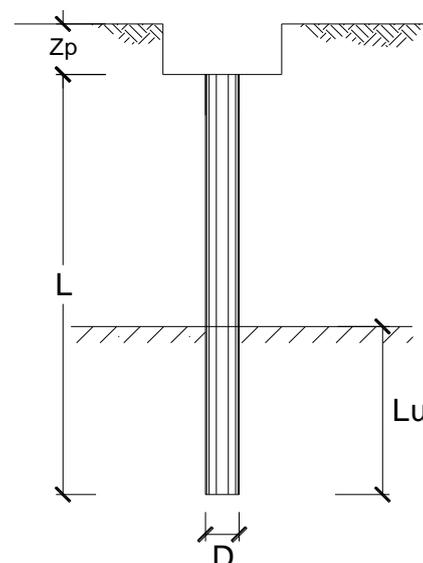
## SL05

SCARICHI PALI - SCATOLARE SL05			D (m)	L (m)
N=	<b>2590</b>	KN	1.2	39
V=	<b>218</b>	KN		

**OPERA:** 0

### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D): **1.20** (m)  
 Carico sul palo (P): **2590.0** (kN)  
 Lunghezza del Palo (L): **39.00** (m)  
 Lunghezza Utile del Palo (Lu): **24.50** (m)  
 Modulo di Deformazione (E): **40.00** (MPa)  
 Numero di pali della Palificata (n): **50** (-)  
 Spaziatura dei pali (s): **3.6** (m)



### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 1.81 (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 4.78 \text{ (mm)}$$

### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 2.148$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 50 * 0.26 * 4.78 = 62.40 \text{ (mm)}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	225 di 240

### 11.2.2 Cedimenti differenziali spalla e pila del viadotto IV01

Nel precedente paragrafo sono stati calcolati i cedimenti di spalle e pile del viadotto IV01, il cedimento della spalla è pari a 35.43 mm e quello della pila è pari a 34.38 mm, di conseguenza il cedimento differenziale è pari 1.05 mm.

Di seguito si riporta l'estratto del manuale RFI relativo ai requisiti concernenti la deformabilità delle fondazioni:

#### 2.5.1.8.3.2.3 Requisiti concernenti la deformabilità delle fondazioni

Nell'analisi di deformabilità verticale delle fondazioni, i cedimenti differenziali "δ" fra fondazioni adiacenti, calcolati considerando agenti tutte le azioni permanenti con il loro valore caratteristico, dovranno rispettare i seguenti limiti:

$$\delta \leq \frac{L_{med}}{1000} \quad \text{per travi appoggiate;}$$

$$\delta \leq \frac{L_{med}}{3000} \quad \text{per travi continue;}$$

Nel caso in esame risulta  $\delta = 1.05 \text{ mm} < 24 \text{ mm} (=24\text{m}/1000)$  e pertanto la verifica risulta soddisfatta.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	226 di 240

## 12 CRITERI PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI DIRETTE

Il metodo di calcolo della capacità portante adottato è quello descritto in "Lancellotta - Geotecnica - Ed. Zanichelli - 1993" basato sulle indicazioni teoriche di diversi autori (Terzaghi, Meyerhof, Vesic e Brinch Hansen) che fornisce espressioni analitiche generali per la valutazione della pressione limite di rottura del terreno.

$$P_{lim} = 0.5 \gamma' t B' N_g S_g I_g G_g + c' N_c S_c I_c G_c + q' o N_q S_q I_q G_q$$

dove:

- $\gamma' t$  = peso di volume efficace del terreno di fondazione;
- $c', \phi'$  = parametri del terreno di fondazione in condizioni drenate;
- $B'$  = dimensione efficace della fondazione, funzione dell'eccentricità dei carichi;
- $q' o$  = pressione efficace litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione;
- $N_g, N_c, N_q$  = Fattori di capacità portante funzione dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$ ;
- $S_g, S_c, S_q$  = Fattori di forma dipendenti dal rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;
- $D_g, D_c, D_q$  = Fattori di profondità funzione del rapporto fra l'approfondimento del piano di posa e le dimensioni reali della fondazione;
- $I_g, I_c, I_q$  = Fattori di inclinazione del carico dipendenti dall'inclinazione della risultante dei carichi e dall'adesione sull'area efficace della fondazione;
- $G_g, G_c, G_q$  = Fattori di inclinazione del piano campagna;

Altri simboli, impiegati nel seguito:

- $B$  = dimensione reale della fondazione;
- $L$  = dimensione reale trasversale della fondazione rettangolare;
- $A_{ef} = B' \cdot L'$  = area efficace della fondazione
- $D_F$  = profondità di posa della fondazione dal piano di campagna;
- $D_w$  = profondità della falda dal piano di campagna;
- $\gamma_n$  = peso di volume naturale del terreno di fondazione;
- $\gamma'$  = peso di volume efficace del terreno di fondazione;
- $\alpha$  = inclinazione del piano di posa;
- $\beta$  = inclinazione del piano di campagna;
- $c_a$  = coesione di adesione fondazione terreno  $\leq c'$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	227 di 240

- $F_Z$  = carico verticale (applicato al centro dell'impronta di fondazione);
- $F_X$  = carico orizzontale (applicato alla quota di posa della fondazione), parallelo alla direzione di B;
- $F_Y$  = carico orizzontale (applicato alla quota di posa della fondazione); parallelo alla direzione di L;
- $M_X$  = momento flettente (nel piano parallelo alla direzione di B);
- $M_Y$  = momento flettente (nel piano parallelo alla direzione di L).

Vedasi figure esplicative seguenti.

Le dimensioni efficaci della fondazione sono valutate tramite le seguenti espressioni (Meyerhoff, 1953):

$$B' = B - 2 \cdot M_X / F_Z$$

$$L' = L - 2 \cdot M_Y / F_Z$$

Il metodo di calcolo dei fattori di capacità portante è basato sulle indicazioni teoriche di diversi autori (Terzaghi, Meyerhof, Vesic e Brinch Hansen) che fornisce espressioni analitiche generali per la valutazione della pressione limite di rottura del terreno.

Per i fattori di capacità portante  $N_q$  e  $N_c$  si fa riferimento alle espressioni ricavate analiticamente da Prandtl (1921) e Reissner (1924). Per il fattore  $N_\gamma$  si fa riferimento all'espressione proposta da Caquot e Kérisel (1953):

- $N_q = \tan^2(\pi/4 + \varphi'/2) \cdot e^{\pi \tan \varphi'}$
- $N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$
- $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

Per i coefficienti di forma si adottano le seguenti espressioni:

- $s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot (B'/L') \cdot K_p$
- $s_c = 1 + 0.2 \cdot (B'/L') \cdot K_p$
- $s_q = s_g$

in cui:

- $K_p = (1 + \sin \varphi') / (1 - \sin \varphi')$ .

Si assume:

$$B'/L' \leq 1.0.$$

$$s_\gamma = s_c = s_q = 1 \quad \text{per fondazione nastriforme}$$

Per tener conto dell'approfondimento del piano di posa si adottano le seguenti espressioni:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	228 di 240

- $d_\gamma = 1$
- $d_q = 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot k$
- $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$

essendo:

- $k = (DF / B)$  per  $DF / B \leq 1$
- $k = \tan^{-1} (DF / B)$  per  $DF / B > 1$ .

Per tener conto dell'inclinazione del carico si adottano le seguenti espressioni:

- $i_\gamma = [1 - FX / (FZ + Aef \cdot ca \cdot \cot \varphi')]^{m+1}$
- $i_q = [1 - FX / (FZ + Aef \cdot ca \cdot \cot \varphi')]^m$
- $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$
- $m = (2 + B'/L') / (1 + B'/L')$

Per tener conto dell'inclinazione del piano di posa (angolo  $\alpha$ ) si adottano le seguenti espressioni:

- $bq = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi')^2$
- $b_\gamma = bq$
- $bc = bq - (1 - bq) / (N_c \cdot \tan \varphi')$

Per tener conto dell'inclinazione del piano campagna (angolo  $\beta$ ) si adottano le seguenti espressioni:

- $gq = (1 - \tan \beta)^2$
- $g_\gamma = gq$
- $gc = gq - (1 - gq) / (N_c \cdot \tan \varphi')$ .

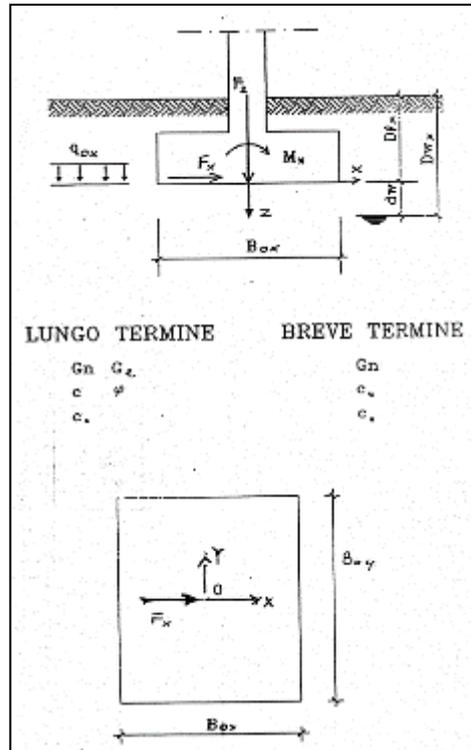


Figura 86 Schema per la verifica della capacità portante

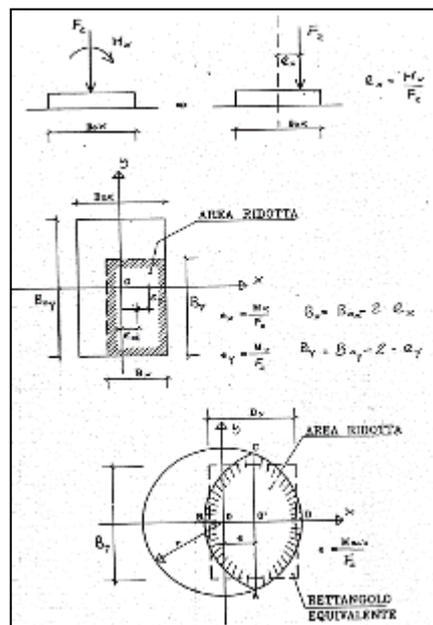


Figura 87. Aree di impronta ridotte in presenza di carichi eccentrici (Meyerhof, 1953)

## 12.1 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO ALLA WINKLER PER ANALISI STRUTTURALI

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno (assunto pari a  $E_0/5$ , dove  $E_0$  è il modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni);

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

$c_t$  = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

**Tabella 80. Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler**

Fondazione Rigida	$c_t$
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L é il lato maggiore della fondazione.	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	231 di 240

### 13 PIANO DI POSA

In seguito all'esecuzione dei pozzetti esplorativi e con riferimento alle indagini ad oggi disponibili, sono stati definiti gli spessori di terreno vegetale e quindi il trattamento idoneo per la formazione del piano di posa.

Lo spessore minimo per la formazione del rilevato ferroviario (e stradale per le viabilità secondarie) è di 0.50 m (scotico): dovrà comunque essere asportato tutto lo spessore di terreno vegetale. Qualora, raggiunto il piano di posa previsto, si rinvenisse ancora coltre vegetale o comunque terreno rammollito, non idoneo ai requisiti progettuali quale piano di posa, si dovrà provvedere a bonifica e sostituzione con materiale idoneo.

Per le trincee, il terreno in situ a fondo scavo potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4 della classificazione UNI 11531-1/2014. Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione non dovrà essere inferiore a 40 MPa. In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere sulla sommità dello strato supercompattato un modulo di 80 MPa misurato con prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa – 0.35 MPa.

Nella seguente tabella si riassumono gli spessori di scotico+bonifica previsti lungo lo sviluppo del tracciato ferroviario e relative anche alle viabilità presenti in tali tratte:

		da pk	a pk	Scotico [cm]	Bonifica [cm]
MACRO FASE 1	<b>STAZIONE FONTANAROSSA</b>	0+000	1+307	-	-
	<b>FERROVIA INTERRAMENTO LINEA PA-CT</b>	0+000	0+100	-	-
		0+100	0+500	-	50
		2+200	2+700	50	50
	<b>BRETELLA CT-SR (COMPENSIVO FASCI A/P)</b>	0+000	0+300	-	-
		0+300	1+250	50	-
		1+350	2+925	50	20
		2+950	3+200	50	50
		3+200	3+370	-	-
	<b>COLLEGAMENTO FASCIO A/P - INTERPORTO</b>	0+000	0+500	50	20
		0+600	1+050	50	-
		1+050	1+150	-	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	232 di 240

Per la viabilità occorre prevedere:

		Scotico [cm]	Bonifica [cm]
<b>MACRO FASE 1</b>	<b>NV01</b>	-	-
	<b>NV02</b>	50	-
	<b>NV03</b>	-	-
	<b>NV04</b>	50	20
	<b>NV05</b>	50	50
	<b>NV06</b>	50	-
	<b>NV07</b>	50	20
	<b>NV08</b>	50	-



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	233 di 240

## 14 RIUTILIZZO DEI TERRENI DA SCAVO

Secondo la recente normativa in materia ambientale, le terre e le rocce provenienti da attività di scavo (TRS) non sono classificate come rifiuti e pertanto, a seguito di determinate verifiche condotte in seno al piano di gestione e riutilizzo delle TRS, possono essere reimpiegate quali materiali da costruzione per rilevati, trincee, riempimenti.

I requisiti fisico-meccanici dei terreni richiesti per la costruzione delle varie tipologie di opere in terra sono forniti dalla classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006), in conformità della quale sono stati identificati alcuni campioni di terreno prelevati dalle cassette dei sondaggi. In questo modo si è potuta valutare la possibilità del reimpiego, da un punto di vista geotecnico, dei terreni appartenenti alle singole unità geotecniche quale materiale da costruzione per le opere in progetto e la destinazione più appropriata.

Nella tabelle seguenti sono mostrate le unità per cui sono state eseguite prove di classificazione sulle terre.

**Tabella 81. Classificazione per unità U1**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	Classificazione AASHTO
		da (m)	a (m)	media (m)		
SD07	C1	6	6.5	6.25	U1	A-6
SD11	C1	4	4.4	4.2	U1	A-4
SD14	C1	3.4	3.8	3.6	U1	A-6
SD17	C1	4.2	4.7	4.45	U1	A-4
SD18	C1	3.3	3.8	3.55	U1	A-6
SD20	C1	4	4.4	4.2	U1	A-7-6
SD20	C2	10	10.4	10.2	U1	A-7-6
SD24	C1	4	4.5	4.25	U1	A-6
SD26	C1	5	5.5	5.25	U1	A-6
SD28	C1	4.1	4.6	4.35	U1	A-4
SD30	C1	4	4.5	4.25	U1	A-7-6
SD33	C1	4	4.5	4.25	U1	A-7-5
SD34	C1	3.7	4.2	3.95	U1	A-4
SD35	C1	4	4.5	4.25	U1	A-4
SD39	C1	4	4.5	4.25	U1	A-7-6
SD40	C1	3	3.5	3.25	U1	A-4
PZ3	CR2	2	2.2	2.1	U1	A-2-4
PZ4	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	A-2-4
PZ4	CR2	2	2.2	2.1	U1	A-1-b
PZ5	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	A-4
PZ6	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	A-6
PZ6	CR2	2	2.2	2.1	U1	A-4
PZ7	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	A-6
PZ7	CR2	2	2.2	2.1	U1	A-2-4
PZ8	CR1	0.5	0.7	0.6	U1	A-4
PZ8	CR2	2	2.2	2.1	U1	A-2-4

**Tabella 82. Classificazione per unità U1a**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	Classificazione AASHTO
		da (m)	a (m)	media (m)		
SD11	C2	11.5	11.9	11.7	U1a	A-7-6
SD15	C1	3	3.5	3.25	U1a	A-7-5
SD15	C2	6	6.5	6.25	U1a	A-4
SD17	C2	13	13.5	13.25	U1a	A-7-6
SD19	C1	4	4.5	4.25	U1a	A-4
SD21	C1	3	3.5	3.25	U1a	A-7-6
SD22	C1	4	4.5	4.25	U1a	A-7-6
SD23	C1	3.5	4	3.75	U1a	A-7-6
SD23	C2	10	10.5	10.25	U1a	A-7-6
SD25	C1	4.5	5	4.75	U1a	A-7-6
SD27	C1	3.75	4.2	3.975	U1a	A-7-6
SD28	C2	9.7	10.2	9.95	U1a	A-6
SD29	C1	4.5	5	4.75	U1a	A-6
SD29	C2	10	10.5	10.25	U1a	A-6
SD36	C1	3	3.5	3.25	U1a	A-4
SD37	C1	4.2	4.7	4.45	U1a	A-7-6
SD39	C2	12	12.7	12.35	U1a	A-7-6
PZ3	CR1	0.5	0.7	0.6	U1a	A-7-6
PZ5	CR2	2	2.2	2.1	U1a	A-4

**Tabella 83. Classificazione per unità U2**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	Classificazione AASHTO
		da (m)	a (m)	media (m)		
SD11	C3	20.5	20.9	20.7	U2	A-4
SD17	C3	30	30.5	30.25	U2	A-4
SD18	C2	14.1	14.6	14.35	U2	A-2-4
SD24	C2	15	15.5	15.25	U2	A-6
SD24	C3	20.5	21	20.75	U2	A-7-6
SD25	C3	23.5	24	23.75	U2	A-6
SD27	C2	15	15.4	15.2	U2	A-6
SD30	C3	32.5	33	32.75	U2	A-6
SD31	C2	22.2	22.7	22.45	U2	A-6
SD31	CR2	42.6	43	42.8	U2	A-6
SD31	CR3	49.5	50	49.75	U2	A-3
SD33	C2	16	16.4	16.2	U2	A-6
SD34	C2	12	12.7	12.35	U2	A-4
SD36	C2	14	14.5	14.25	U2	A-4
SD37	C3	23	23.5	23.25	U2	A-6
SD40	C2	10	10.5	10.25	U2	A-7-6

**Tabella 84. Classificazione per unità U2a**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	Classificazione AASHTO
		da (m)	a (m)	media (m)		
SD04	C1	10	10.5	10.25	U2a	A-7-5
SD07	C2	15.5	16	15.75	U2a	A-7-6
SD13	C2	15	15.5	15.25	U2a	A-7-6
SD13	C3	25	25.5	25.25	U2a	A-7-6
SD14	C2	6	6.5	6.25	U2a	A-6
SD14	C3	11.5	12	11.75	U2a	A-7-6
SD14	C4	23.5	24	23.75	U2a	A-7-5
SD15	C3	12	12.5	12.25	U2a	A-6
SD18	C3	22	22.5	22.25	U2a	A-7-6
SD19	C2	17.6	18.1	17.85	U2a	A-7-6
SD21	C3	17.6	18	17.8	U2a	A-7-5
SD21	C4	24.7	25.2	24.95	U2a	A-7-5
SD22	C2	16	16.5	16.25	U2a	A-7-5
SD22	C3	27	27.5	27.25	U2a	A-7-6
SD23	C3	22	22.5	22.25	U2a	A-7-6
SD25	C2	21	21.5	21.25	U2a	A-7-6
SD28	C3	20.6	21	20.8	U2a	A-7-6
SD29	C3	22	22.5	22.25	U2a	A-7-6
SD30	C2	17	17.5	17.25	U2a	A-7-5
SD34	C3	24.2	24.7	24.45	U2a	A-7-6
SD35	C2	15	15.5	15.25	U2a	A-7-6
SD35	C3	27.5	28	27.75	U2a	A-7-5
SD36	C3	23.2	23.7	23.45	U2a	A-7-6
SD37	C2	13.5	14	13.75	U2a	A-7-6
SD39	C3	23.4	23.8	23.6	U2a	A-7-6

**Tabella 85. Classificazione per unità U3**

Sondaggio	Campione	profondità			Unità	Classificazione AASHTO
		da (m)	a (m)	media (m)		
SD04	C2	25	25.5	25.25	U3	A-7-6
SD04	C3	39	39.5	39.25	U3	A-7-5
SD07	C3	22	22.5	22.25	U3	A-7-5
SD07	C4	30	30.5	30.25	U3	A-7-6
SD11	C4	30	30.4	30.2	U3	A-7-6
SD19	C3	45.3	45.8	45.55	U3	A-6
SD26	C3	44	44.4	44.2	U3	A-7-6
SD40	C3	27	27.5	27.25	U3	A-7-6



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	236 di 240

## 15 TRATTAMENTO A CALCE

Per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati ferroviari RI04,RI05 e RI07, si prevede il riutilizzo, previo trattamento a calce, di una quota parte dei materiali prodotti dallo scavo della galleria GA01 e dei materiali prodotti dallo scavo delle trincee previste in progetto (TR02 e TR03).

Il trattamento di stabilizzazione consiste nel miscelare al terreno una certa percentuale di calce, definita tramite prove di laboratorio e verifica mediante campo prova, al fine di avere una miscela terreno-acqua-calce, idonea ai requisiti progettuali.

Nel caso in esame, quota parte dei terreni provenienti dallo scavo delle gallerie sono di natura argilloso limosa appartenenti al gruppo A7-6 ed hanno un indice di plasticità maggiore di 10%, come si evidenzia dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Alle profondità di interesse non sono state eseguite apposite analisi per la determinazione del contenuto di sostanze organiche e del contenuto di solfati, che per poter essere trattati a calce devono essere rispettivamente inferiori al 2% ed al 0.25%.

Allo stesso modo, i terreni provenienti dallo scavo delle trincee, in particolare le WBS TR02 (compresa tra il km 0+500 e il km 0+922), e TR03 (compresa tra il km 1+837 e il km 2+200), sono di natura argilloso limosa appartenenti ai gruppi A6 e A7-6 ed hanno un indice di plasticità maggiore di 10%, come si evidenzia dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Alle profondità di interesse non sono state eseguite apposite analisi per la determinazione del contenuto di sostanze organiche e del contenuto di solfati, che per poter essere trattati a calce devono essere rispettivamente inferiori al 2% ed al 0.25%.

Nel seguito verranno descritte, con riferimento a quanto riportato nel capitolato generale tecnico delle opere civili RFI DTC SI GE SP IFS 003A Utilizzo di aggregati riciclati e Trattamenti con calce per opere in terra, le prove di identificazione delle terre da trattare e lo studio di laboratorio con le miscele sperimentali, finalizzate al campo prova, le metodologie di realizzazione del campo prova e relative finalità ed i controlli finali da eseguire.

Complessivamente si prevede di riutilizzare (previo trattamento a calce) circa 144.000mc di materiale per la formazione dei rilevati ferroviari RI04,RI05 e RI07.

Si sottolinea che, per la realizzazione del corpo dei rilevati ferroviari/stradali, è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intero corpo del rilevato ad esclusione dello strato anticapillare e dello strato supercompattato. Inoltre, secondo quanto specificato nel capitolato generale tecnico delle opere civili RFI DTC SI GE SP IFS 003A Utilizzo di aggregati riciclati e Trattamenti con calce per opere in terra, devono essere realizzati due strati di supercompattato da 30 cm di spessore in luogo di uno.

Per il caso in esame si prescrive una miscelazione in sito del terreno e calce e successiva compattazione. Tale tecnica prevede la successione delle fasi operative di seguito elencate:

- Stabilizzazione granulometrica;
- Spandimento della calce;
- Immissione dell'acqua di aggiunta;
- Miscelazione;
- Compattazione.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	237 di 240

## 15.1 PROVE DI IDENTIFICAZIONE DELLA TERRA DA TRATTARE

Le prove di laboratorio, preparative per il campo prova, da eseguire sui terreni presenti in sito da trattare con calce sono le seguenti:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto di sostanze organiche;
- tenore in solfati;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg ed indice di plasticità;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale,  $W_{opt}$  e densità secca massima,  $\gamma_{d,max}$ );
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice di portanza CBR con imbibizione in acqua a 96 ore (dopo 4 giorni);
- analisi chimico-fisiche dell'acqua di falda: sali disciolti, PH.

Sui campioni preparati al contenuto d'acqua ottimale  $W_{n,opt}$ , saranno eseguite le seguenti prove:

- compressione a espansione laterale libera e taglio diretto.

## 15.2 STUDIO IN LABORATORIO DELLA MISCELA TERRENO-ACQUA-CALCE

Lo scopo dello studio sperimentale delle miscele in laboratorio è quello di determinare il quantitativo minimo di calce necessario ad ottenere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Le percentuali sono da intendersi riferite al peso del terreno naturale prima del trattamento e del costipamento. Per lo studio della miscela "ottimale" per il trattamento del terreno verranno analizzate tre miscele, in particolare si potranno considerare per il trattamento a calce:

- miscela con il 2.0% in peso del legante;
- miscela con il 2.5% in peso del legante;
- miscela con il 3.0% in peso del legante.

Per ciascuna miscela sperimentale si dovranno eseguire le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale,  $W_{opt}$  e densità secca massima,  $\gamma_{d,max}$ );
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice CBR con imbibizione a 96 hr (4 giorni), per tempi di maturazione pari a 7 giorni e a 28 giorni;
- Compressione semplice a 7 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d'acqua (W%):  $W_{opt}$ ,  $W_{opt}+2\%$ ,  $W_{opt}-2\%$  (dove  $W_{n,opt}$  è il contenuto d'acqua ottimale);
- Compressione semplice a 28 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d'acqua (W%):  $W_{opt}$ ,  $W_{opt}+2\%$ ,  $W_{opt}-2\%$ ;
- Inoltre, nel caso di miscele per corpo del rilevato, prova di taglio in cella triassiale CID su tre provini a



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	238 di 240

28 gg di maturazione.

In fase di indagine sono richieste anche le analisi chimico-fisiche dell'acqua utilizzata nella preparazione degli impasti.

### 15.3 REALIZZAZIONE DEL CAMPO PROVA

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali, sulla base dei risultati delle sperimentazioni di laboratorio, sarà scelta la miscela ottimale per calce da testare sul campo prova; verrà quindi predisposto un campo prova con le seguenti finalità:

- verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio;
- controllo delle attrezzature, dei metodi di miscelazione e di compattazione;
- definizione delle fasi e dei metodi delle lavorazioni, con particolare riferimento all'apporto di calce;
- schemi di miscelatura (numero di passate del Pulvimixer ottimali necessari ad ottenere la granulometria prevista) e rullatura (numero di passate del rullo), in relazione alle attrezzature adottate;
- la definizione delle modalità di controllo dei limiti di accettabilità dei tenori di umidità dei terreni posti in opera e delle miscele terreno-calce, prima della rullatura finale.

L'ubicazione del campo prova, le dimensioni e le modalità esecutive del rilevato saranno concordate con la Committenza. Si prevede comunque un campo prova di dimensioni in sommità 4mx50 m di lunghezza utile e realizzato con le stesse modalità di esecuzione del rilevato.

Si precisano i controlli da effettuare su ognuno degli strati finiti:

- Dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio.
- Prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua del terreno e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
- Dopo la miscelazione dovrà essere nuovamente controllato il contenuto d'acqua e verranno eseguiti prelievi per l'esecuzione di prove di classificazione, prove Proctor e CBR e prove geotecniche.
- La miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati.
- Il prodotto finale dovrà essere controllato mediante prove di carico su piastra (da 30 cm). Le misure andranno effettuate almeno a tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), dopo 24 ore e a 7 gg su almeno 5 punti appartenenti al medesimo strato omogeneo (in termini di composizione e modalità di compattazione) e solo sull'ultimo strato del corpo di rilevato, a 28 gg dalla compattazione.
- In prossimità dei punti di determinazione del modulo di deformazione, determinazione della densità in sito e del contenuto in acqua, subito dopo aver eseguito la compattazione.
- A 28 gg dalla compattazione, sull'ultimo strato del corpo del rilevato prelievo di tre campioni indisturbati da sottoporre a prova di taglio in cella triassiale (CID); le prove verranno eseguite sia sui provini tal quali che dopo 5 cicli di imbibizione (4 gg.) ed essiccamento (24 ore) e completa saturazione per almeno 7 giorni.

I risultati ottenuti con il campo prova dovranno confermare quelli dello studio sperimentale in laboratorio. Nel caso in cui i requisiti minimi previsti da progetto non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra-calce fino al raggiungimento dei requisiti minimi richiesti.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova ed in ogni caso dovrà essere approvata da Committente.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione geotecnica generale – Lotto 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 RH	GE00 05 001	A	239 di 240

I campi prova costituiranno il riferimento per la realizzazione del corpo dei rilevati, pertanto negli elaborati finali dei campi prova dovranno essere chiaramente specificate le modalità realizzative da riprodurre in corso d'opera.

#### 15.4 PARAMETRI DI RESISTENZA DEI TERRENI TRATTATI A CALCE PER IL CORPO DEI RILEVATI FERROVIARI/STRADALI

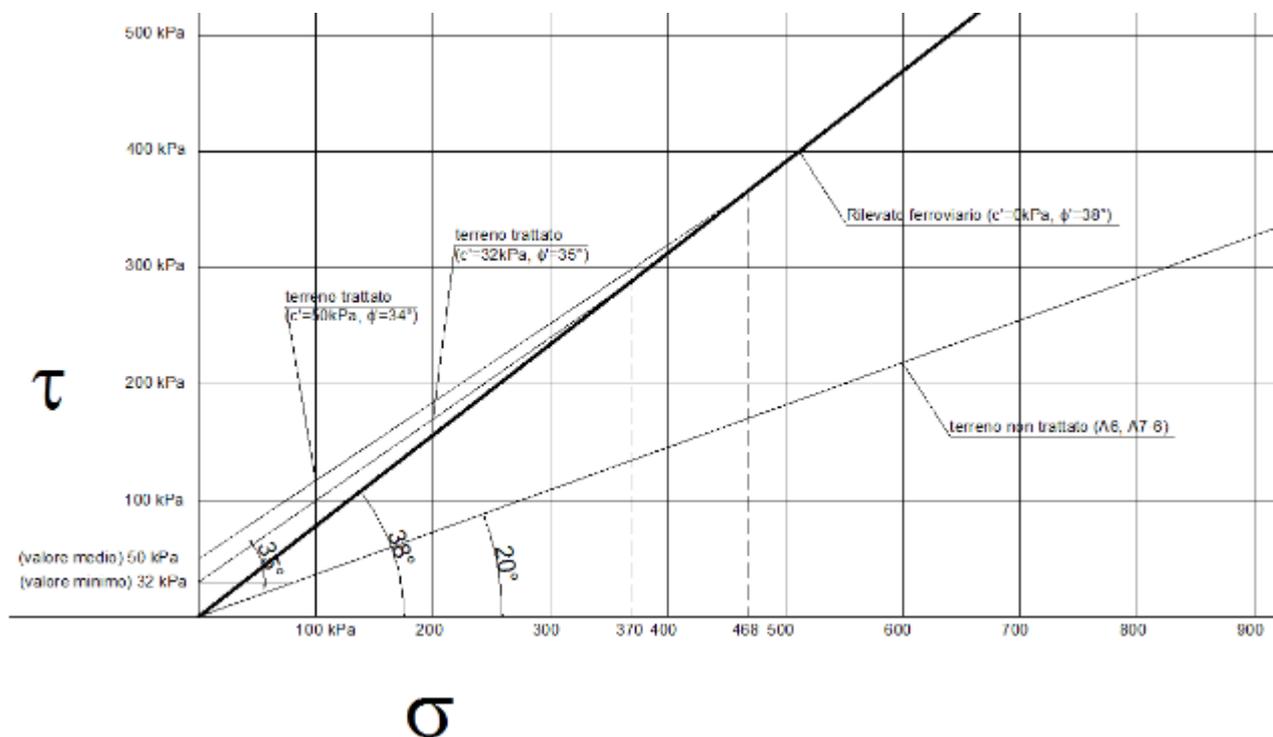
Per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati ferroviari, si prevede il riutilizzo, previo trattamento a calce, dei materiali prodotti dallo scavo della galleria artificiale.

Per una stima dei parametri di resistenza da associare ai terreni trattati a calce, si può fare riferimento a documentazioni bibliografiche su esperienze maturate per terreni simili in condizioni analoghe, vedasi ad esempio il documento allegato A. Per i rilevati ferroviari della linea Bologna-Verona, si è verificato un notevole aumento delle caratteristiche di resistenza dei terreni con un trattamento a calce, in percentuale 2% CaO. In particolare si trattava di terreni A6, A7-6, simili a quelli in esame, caratterizzati da parametri di resistenza in condizioni naturali di 50 kPa per la coesione non drenata, angolo di resistenza al taglio poco superiore a 20° associato a coesione nulla. Con il trattamento a calce eseguito si è misurata una coesione drenata tra 32 e 75 kPa, associati a valori dell'angolo di resistenza al taglio rispettivamente di 35 e 34° e resistenza al taglio non drenata tra 332 e 446 kPa.

Quindi dalle esperienze note, si osserva che le prove di laboratorio eseguite su terreni trattati, quali quelli del caso in esame, comportano un aumento sia dell'angolo di resistenza al taglio, che della coesione, pervenendo a caratteristiche di resistenza generalmente superiori a quelle assegnate ai rilevati ferroviari classici (nell'ambito delle tensioni verticali di riferimento), come si osserva dalle seguente figura.

Nel caso in esame, si è scelto di assumere per le caratteristiche meccaniche dei rilevati trattati a calce, i parametri di resistenza del terreno di riporto classico per rilevato ferroviario ( $c'=0$  kPa,  $\varphi'=38^\circ$ ) riportate nel Manuale di progettazione delle opere civili RFI DTC SI CS MA IFS 001C. Si rimandano alle successive fasi progettuali, determinazioni più accurate dei parametri geotecnici caratteristici, attraverso apposite indagini eseguite sul campo prova previsto per il trattamento dei terreni dello specifico sito in oggetto.

Cautelativamente, anche le verifiche di stabilità globale dei rilevati in condizioni sismiche vengono svolte con i parametri di resistenza drenati.



**Figura 88 – Confronto parametri di resistenza terreno: terreno naturale non trattato, terreno trattato a calce e riporto ferroviario classico**

COSTRUZIONE DEI RILEVATI TRA CREVALCORE E NOGARA

# I rilevati ferroviari DELLA BOLOGNA-VERONA

DOTT. GEOL. STEFANO CIUFEJNI, DOTT. GEOL. RENATO BRIGANTI, ING. STEFANO SDOGA\*  
DOTT. GEOL. FRANCO ORI\*\*

## Premessa

Per la costruzione dei rilevati del raddoppio della linea Bologna-Verona sono stati recuperati tutti i terreni provenienti sia da scavi di sbancamenti, fondazioni superficiali ecc. sia quelli provenienti dallo scavo dei pali di fondazione.

Essendo prevalentemente rappresentati da terreni plastici sono stati stabilizzati con ossido di calcio.

Questa nuova organizzazione delle lavorazioni ha permesso notevoli vantaggi:

- è stato risolto il problema della messa a discarica del materiale proveniente dagli scavi;
- è stato ridotto drasticamente l'impatto della circolazione dei veicoli connessi al cantiere con la viabilità esistente, sia per quanto riguarda i mezzi in uscita dal cantiere per il trasporto a discarica sia quelli connessi alla costruzione dei rilevati;
- sono state, in questo modo, recepite le indicazioni degli Enti Locali sul riutilizzo, quanto più possibile, di materiali provenienti da altre lavorazioni;
- è stata ridotta al minimo la quantità di materiale da estrarre da cava.

Nel presente articolo verranno esaminati gli studi preliminari eseguiti per verificare la fattibilità tecnica del riutilizzo dei terreni pro-

venienti dallo scavo dei pali con fanghi bentonitici mediante la stabilizzazione con ossido di calcio.

Saranno poi presentati gli studi e i risultati ottenuti in laboratorio per lo studio delle miscele con particolare riguardo alla percentuale di ossido di calcio e di acqua da utilizzare per i gruppi principali di terreni presenti nell'area di intervento (A4 e A6/A7-6).

Successivamente saranno presentati i risultati dei campi prova eseguiti e le scelte conseguenti.

Infine saranno analizzati i risultati delle prove di densità in sito e delle prove di carico su piastra eseguite per il controllo delle lavorazioni sui circa 50 km di rilevati realizzati tra Crevalcore e Nogara.

La stabilizzazione delle terre è un'ottima alternativa all'impiego dei materiali pregiati tradizionali, specie nelle opere in cui ne sono richieste grosse quantità, con tutte le prerogative necessarie.

Ecco l'esempio della costruzione di rilevati ferroviari tra Crevalcore e Nogara con terreni plastici, provenienti da scavi, stabilizzati con ossido di calcio

## La stabilizzazione a calce

Come oramai è largamente risaputo, la stabilizzazione a calce delle terre argillose e limo-argillose consiste nella miscelazione di queste con calce (ossido calcio e/o idrossido di calcio) ed eventualmente con acqua, nelle quantità opportune in modo da modificarne le caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica.

La calce è il primo vero legante prodotto dall'uomo, l'impasto di terra reattiva e calce è stato usato per costruire e gli antichi Romani, sapienti costruttori, realizzarono anche le prime strade con fondazioni stabilizzate con la calce. L'effetto della calce produce il migliora-

\* ITALFERR SPA

\*\* C.G.G. GEOTECHNICAL ANALYSIS SRL,  
PONTECCHIO MARCONI (BO)

mento della lavorabilità delle terre fini plastiche, l'energica riduzione dei rigonfiamenti, l'eliminazione della possibile contaminazione dello strato trattato da parte di particelle fini limo-argillose presenti nelle terre naturali sottostanti, l'incremento delle resistenze all'erosione e al gelo-disgelo, e non ultimo l'indurimento lento e graduale e il conseguente aumento della capacità portante, sia a breve che a lungo termine, della terra dovuto allo svolgersi di reazioni pozzolaniche cementanti.

La calce aerea può essere impiegata sia nella forma di calce viva macinata oppure in quella di calce idrata in polvere, l'esperienza ha fatto privilegiare la prima.

Miscelata con la terra umida, la calce viva in polvere fine, reagisce subito con l'acqua e sviluppa calore e l'umidità del terreno si riduce in funzione della quantità di calce aggiunta, oltre che della temperatura ambiente.

In questo modo le particelle argillose perdono la capacità di trattenere l'acqua e si aggregano in grumi stabili. La terra passa dallo stato plastico a quello solido, diventa subito lavorabile, può essere facilmente stesa in strati e costipata alle densità prescritte.

Il considerevole incremento della coesione e dell'angolo di attrito interno delle terre argillose trattate con la calce si traduce in un aumento di portanza degli strati costipati.

Ma oltre a questi effetti immediati si hanno anche graduali reazioni nel tempo avvengono tra le terre e la calce.

La nota reazione di indurimento delle pozzolane con la calce è basata sulla formazione di silicoalluminati di calcio con caratteristiche cementanti.

Analoghe reazioni si sviluppano nel corso di mesi tra i minerali argillosi e la calce.

Le trasformazioni immediate (scambio cationico) e a medio-lungo termine (reazioni pozzolaniche) indotte dalla calce sono permanenti.

Risalgono agli anni cinquanta i primi importanti lavori di stabilizzazione ben documentati che dimostrano la validità

della tecnica e la durabilità delle opere. Dal 1973 l'Italia dispone del Bollettino Ufficiale CNR n. 36, che disciplina l'uso delle terre argillose trattate con calce per costruzioni stradali.

Alcune significative esperienze di lavori ferroviari furono svolte fino dalla metà degli anni '80 del secolo scorso, soprattutto per la bonifica degli strati di posa dei rilevati.

### Gli studi preliminari per il riuso dei terreni contenenti fanghi bentonitici

Come detto prima dell'inizio delle lavorazioni sono stati eseguiti degli studi preliminari per la verifica della fattibilità del riuso dei terreni provenienti dagli scavi compresi quelli provenienti dalla realizzazione dei pali di grande diametro eseguiti con l'impiego di fanghi bentonitici. È stata scelta una zona in cui sia la stratigrafia che le caratteristiche dei terreni fossero rappresentative per tutta l'estensione dell'intervento ed il programma di indagine è stato suddiviso in due fasi distinte.

Nella prima fase si è proceduto al prelievo di numerosi campioni in profondità con sondaggi a carotaggio continuo al fine di verificare la tipologia dei terreni costituenti il sottosuolo della zona.

Dopo aver verificato che le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni non cambiano con la profondità e che questi non sarebbero stati idonei ad essere riutilizzati tali e quali per la realizzazione dei rilevati, si è passati alla sperimentazione per verificare la possibilità di procedere alla loro stabilizzazione con ossido di calcio.

Sono stati, quindi, analizzati e trattati con ossido di calce sia i terreni così come sono, simulando i materiali di risulta degli scavi superficiali (plinti di fondazione ecc.), sia quelli "inquinati" dalla presenza della bentonite utilizzata per la perforazione dei pali di fondazione.

Su di un campione prelevato in superficie dopo aver eseguito le prove di classificazione si è proceduto alla sua essicca-

zione e frantumazione in modo da poter suddividere il campione in varie parti omogenee.

Il campione originario è stato quindi suddiviso in tre parti denominate rispettivamente W - A - B.

Il campione W, rappresentato da terreno tale e quale è stato poi ulteriormente suddiviso in tre parti a ciascuna delle quali è stata aggiunta una quantità crescente di ossido di calcio; ottenendo i tre campioni seguenti:

- **W1** = Terreno miscelato con il 2.0% di ossido di calcio.

- **W2** = Terreno miscelato con il 2.5% di ossido di calcio.

- **W3** = Terreno miscelato con il 3.0% di ossido di calcio.

Ai campioni A e B è stata aggiunta, oltre alla calce, la bentonite per simulare, come detto i terreni provenienti dallo scavo dei pali.

Quindi dopo aver aggiunto al campione A una percentuale di bentonite pari allo 0.5% sul peso del terreno secco, questo è stato suddiviso in tre porzioni, a ciascuna delle quali è stata aggiunta una quantità crescente di ossido di calcio ottenendo i tre campioni seguenti:

- **A1** = Terreno miscelato con lo 0.5% di bentonite e 2.0% di ossido di calcio.

- **A2** = Terreno miscelato con lo 0.5% di bentonite e 2.5% di ossido di calcio.

- **A3** = Terreno miscelato con lo 0.5% di bentonite e 3.0% di ossido di calcio.

Analogamente si è proceduto con il campione B aggiungendo al terreno una percentuale di bentonite pari al 1.0% ed ottenendo i seguenti tre campioni:

- **B1** = Terreno miscelato con 1.0% di bentonite e 2.0% di ossido di calcio.

- **B2** = Terreno miscelato con 1.0% di bentonite e 2.5% di ossido di calcio.

- **B3** = Terreno miscelato con 1.0% di bentonite e 3.0% di ossido di calcio.

Su ciascuno dei campioni così ottenuti sono state eseguite le seguenti prove:

- Analisi granulometrica per vagliatura per via umida e per sedimentazione.

- Determinazione dei limiti di Atterberg.

- Prova di compattazione AASHTO Standard.

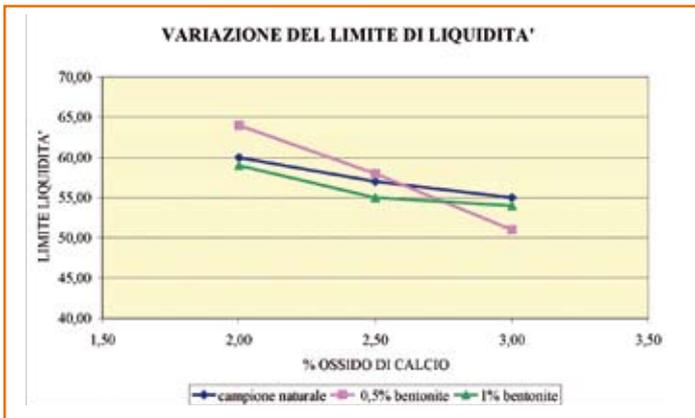


Figura 1 - Variazione limite di liquidità in funzione dell'aggiunta di calce

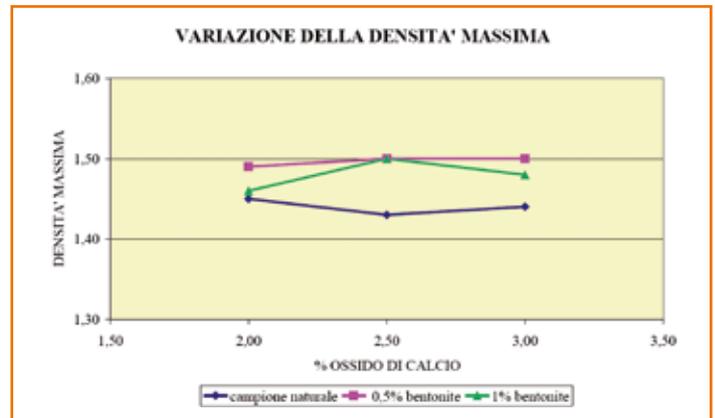


Figura 2 - Variazione della densità secca massima in funzione dell'aggiunta di calce

CaO (%)	campione naturale	0,5% bentonite	1% bentonite
2,00	60,00	64,00	59,00
2,50	57,00	58,00	55,00
3,00	55,00	51,00	54,00

Tabella 1 - Variazione limite di liquidità in funzione dell'aggiunta di calce

CaO (%)	campione naturale	0,5% bentonite	1% bentonite
2,00	1,45	1,49	1,46
2,50	1,43	1,50	1,50
3,00	1,44	1,50	1,48

Tabella 2 - Variazione della densità secca massima in funzione dell'aggiunta di calce

• Prova di compressione semplice su provini compattati in laboratorio con energia AASHTO Standard ed umidità ottimale e stagionati a temperatura ed umidità controllata per sette giorni (almeno due provini per ogni campione).

### I risultati ottenuti

I risultati ottenuti sono riassunti nelle tabelle e grafici sopra riportati.

Dal complesso delle prove eseguite è possibile trarre le seguenti conclusioni.

L'aggiunta di ossido di calcio al terreno addizionato con bentonite porta ad una diminuzione dei valori del limite di liquidità e dell'indice di plasticità e contemporaneamente la frazione fine diminuisce notevolmente.

I valori della densità secca massima tendono ad aumentare con la presenza di bentonite nella miscela, così come i valori del contenuto ottimale in acqua. All'aumentare del contenuto in bentonite i valori della resistenza a compressione presentano una modesta diminuzione, comunque tale da non inficiare i risultati del trattamento a calce.

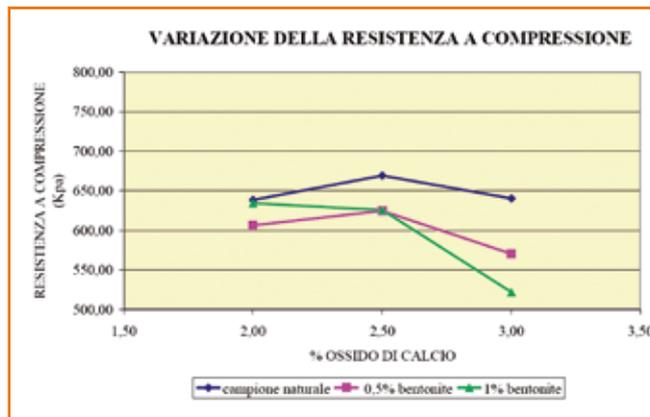


Figura 3 - Variazione della resistenza a compressione in funzione dell'aggiunta di calce

CaO(%)	campione naturale	0,5% bentonite	1% bentonite
2,00	638,26	606,26	634,22
2,50	669,25	624,57	625,62
3,00	640,35	570,21	521,92

Tabella 3 - Variazione della resistenza a compressione (Kpa) in funzione dell'aggiunta di calce

Con la sperimentazione eseguita è stato dimostrato che la bentonite non impedisce la fattibilità del trattamento a calce dei terreni, infatti, come detto in precedenza la variazione della resistenza a compressione subisce una diminuzione di circa il 10% per valori di calce vicini a quelli da utilizzare.

Sulla base di questi risultati è stato previsto il recupero anche dei terreni provenienti dallo scavo dei pali di fonda-

zione anche se "inquinati" con bentonite.

L'unica limitazione posta, tenendo conto della possibile non omogeneità del contenuto in bentonite, è stata quella di utilizzare questi terreni per il riempimento dei cassonetti di bonifica, pertanto i materiali contenenti bentonite dovevano essere stoccati separatamente da quelli provenienti dagli scavi superficiali.

Verificata la fattibilità del processo, è stata sviluppata la sperimentazione così come previsto nelle prescrizioni e normative in vigore, sia in laboratorio che in campi prova per lo studio delle miscele da utilizzare per la messa in opera del materiale.

### Lo studio delle miscele

L'intervento analizzato come detto riguarda la realizzazione dei rilevati nel tratto della nuova linea ferroviaria tra Crevalcore e Nogara, per una lunghezza complessiva di circa 50 km, la cui gran parte è realizzata su rilevato.

Il volume di terreno necessario tra bonifica del piano di posa e corpo rilevato supera il milione di metri cubi, mentre il

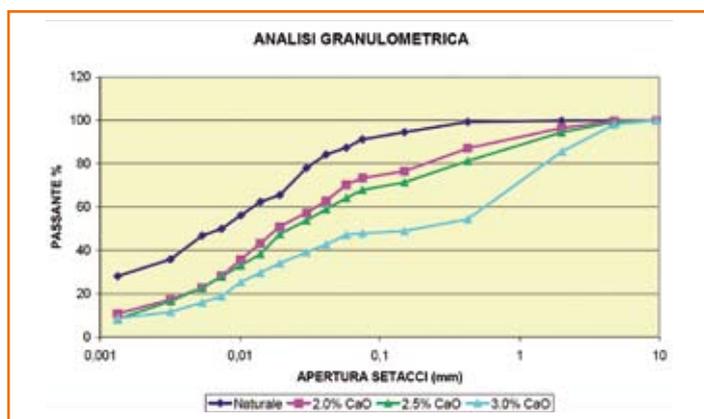


Figura 4a - Analisi granulometriche terreni tipo A<sub>6</sub>-A<sub>7.6</sub>-A<sub>7.5</sub>

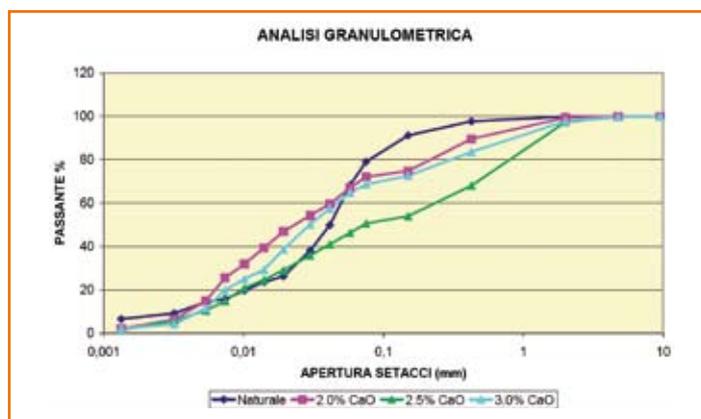


Figura 4b - Analisi granulometriche terreni tipo A<sub>4</sub>

CaO (%)	WI A6/A7-6 (%)	WI A4 (%)
0	40,00	26,00
2,00	45,00	25,00
2,50	45,00	28,00
3,00	42,00	28,00

Tabella 4 - Andamento dei limiti di Atterberg

Figura 5 - Andamento del limite di liquidità

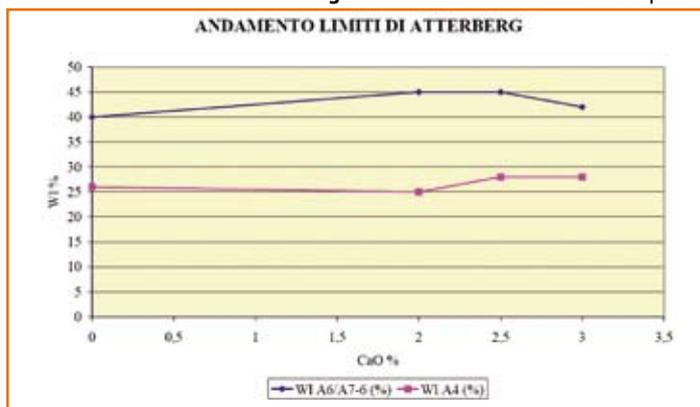


Tabella 5a - Prove di costipamento (AASHTO Mod) terreni tipo A<sub>6</sub>-A<sub>7.6</sub>-A<sub>7.5</sub>

Naturale		CaO 2.0%		CaO 2.5%		CaO 3.0%	
W(%)	γ <sub>d</sub>						
9,67	16.669	9,01	15.720	8,97	15.808	8,76	15.657
12,38	17.079	11,97	16.005	12,11	15.971	11,8	15.957
15,03	17.007	15,25	16.409	14,47	16.081	14,5	16.215
18,05	16.690	17,91	16.770	18,07	16.445	17,77	16.455
21,67	15.983	20,76	16.149	20,77	16.418	20,65	16.437
		22,59	15.855	23,4	15.784	23,02	15.941

Tabella 5b - Prove di costipamento (AASHTO Mod) terreni tipo A<sub>4</sub>

Naturale		CaO 2.0%		CaO 2.5%		CaO 3.0%	
W(%)	γ <sub>d</sub>						
9,36	17.660	7,53	16.691	7,64	16.279	7,95	16.342
12,38	17.946	10,32	16.909	10,68	16.950	10,54	16.782
15,09	17.905	13,39	17.281	13,42	17.393	13,45	17.306
17,81	17.004	16,36	17.528	16,19	17.416	16,32	17.256
		19,39	16.629	19,24	16.648	19,3	16.605
		22,12	15.693	21,93	15.786	21,91	15.760

terreno da portare a discarica, tra quello proveniente dagli scavi per le fondazioni delle opere d'arte e dalla bonifica del piano di imposta dei rilevati, sarebbe stato di circa 600.000 m<sup>3</sup>.

Come detto la stabilizzazione a calce avrebbe permesso di recuperare tutto questo materiale con una drastica riduzione dell'impatto sul territorio riducendo la circolazione dei mezzi pesanti.

Per le quantità mancanti sono state analogamente utilizzate terre provenienti da scavi eseguiti per la costruzione di altre nuove opere (casce di espansione, costruzione nuovo porto sul Canal Bianco ad Ostiglia, ecc.) nei pressi della nuova linea ferroviaria riducendo al minimo la fornitura da cave di prestito.

Sulla base degli studi preliminari e delle esperienze maturate sono state modificate e adattate le specifiche esistenti, soprattutto nell'ottica dell'uso delle terre stabilizzate con calce per la realizzazione del corpo dei rilevati oltre che per la bonifica del piano di posa.

In particolare è stato scelto che la densità secca massima fosse determinata con la prova di costipamento secondo la AASHTO modificata.

Tale scelta è stata frutto sia delle esperienze maturate, in quanto la densità in sito, laddove la prova di costipamento era stata eseguita con la AASTHO standard, superava il 100%, sia alla luce del fatto che la densità massima standard varia tra l'85% e il 97% della densità massima

modificata, passando da terreni fini a quelli granulari.

Inoltre essendo prevista anche la realizzazione del rilevato con terre stabilizzate con ossido di calcio sono state eseguite prove di taglio in cella triassiale del tipo CID a 28 giorni di maturazione su una serie di campioni ottenuti costipando la miscela terra/calce con energia AASHTO modificata e umidità pari a quella ottimale, minore e maggiore del 2% rispetto a quella ottimale, sia "tal e quali" che dopo completa saturazione in acqua (per un tempo massimo di 7 giorni).

Analogamente, sono stati determinate, mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati dal terreno trattato, le caratteristiche meccaniche



## *Soluzioni giuste per lavori di finitura eccellenti*

Ogni nostro prodotto è la giusta soluzione ad una specifica esigenza applicativa: **GIUSTOFOND** e **GIUSTOMALT** sono le nostre nuove soluzioni per lavori di finitura. Giustofond è il legante per sottofondi ideato per il confezionamento di massetti, mentre Giustomalt è il cemento da muratura per il confezionamento di malte da intonaco ed allettamento. Per ottenere i migliori risultati scegli sempre il giusto prodotto per ciascuna applicazione ed esigenza progettuale.

[www.holcim.it](http://www.holcim.it)



 **Holcim**<sup>®</sup>

Prodotti di qualità, servizi di elevato livello.



Crushing Plant

**CRIFI**  
SRL

Via S.Gervasio • 61037 Mondolfo (PU)  
Tel. 0721/959931 Fax 0721/957132

**IMPIANTI E MACCHINE  
PER LA FRANTUMAZIONE**

ASSISTENZA • SERVIZIO RICAMBI



Mulini ad impatto della serie  
CMP, MPS e MP SG



Vagli vibranti della serie VS



Recuperatrici a tazze

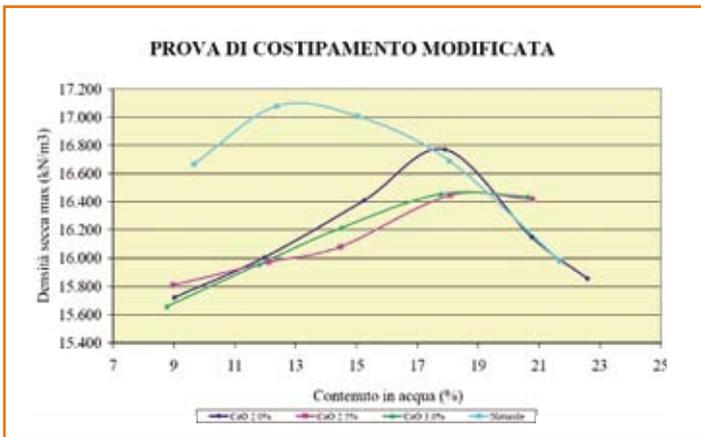


Figura 6a - Prove di costipamento (AASHTO Mod) terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

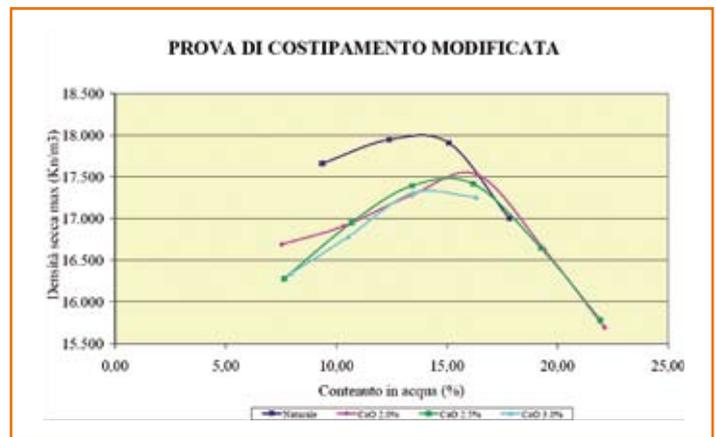


Figura 6b - Prove di costipamento (AASHTO Mod) terreni tipo  $A_4$

in termini di coesione e angolo di attrito interno, in condizioni drenate e non ( $c'$ ,  $\phi'$ ,  $c_u$ ). Le prove sono state eseguite su campioni maturati per 28 giorni sia "tal quali" sia dopo 5 cicli di imbibizione ed essiccamento, ciascuno composto da completa imbibizione d'acqua per almeno 4 giorni ed essiccamento per 24 ore in forno a 105°C.

Sui campioni trattati come per la ricerca delle caratteristiche meccaniche, sono state eseguite prove di creep in cella triassiale, con pressioni di carico pari al 90% del carico massimo medio di rottura, registrato con le prove precedenti.

Per la caratterizzazione dei terreni di imposta dei rilevati, lungo il tracciato della nuova linea ferroviaria, sono stati eseguiti circa 150 pozzetti geognostici, la cui profondità era generalmente intorno al metro.

Per verificare la possibilità di utilizzare per la formazione del corpo dei rilevati

i terreni provenienti dai maggiori scavi previsti dal progetto per le fondazioni delle opere d'arte sono stati eseguiti anche alcuni saggi approfonditi fino a circa 3.50 – 4.00 rispetto all'attuale piano di campagna. Sui campioni prelevati sono stati eseguite prove di laboratorio per individuare le miscele terre/calce da provare poi su appropriati campi prova.

Di seguito sono descritte le prove eseguite sia in laboratorio che nei campi prova ed i risultati ottenuti.

**Prove di laboratorio**

Le indagini di laboratorio sono state eseguite in due fasi distinte.

**Prima fase**

Nella prima fase di indagine su tutti i campioni prelevati nei vari saggi sono state eseguite le seguenti prove:

- analisi granulometrica per via umida ai setacci con aperture da 2.00 mm –

0.425 mm – 0.075 mm [ASTM D422-63(R02)];

- determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità [CNR-UNI 10014];
- classificazione [CNR-UNI 10006];
- contenuto in sostanze organiche [ASTM D 2974 – (00)].

Da queste analisi è emerso che circa il 60% dei campioni sono classificabili come  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$  ed il restante 40% come  $A_4$ .

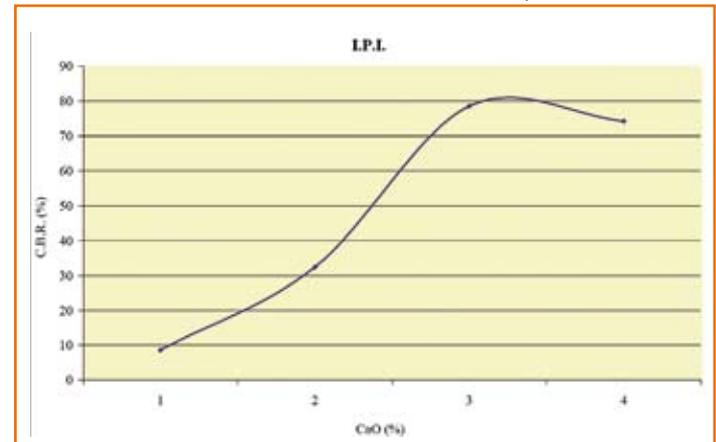
Il valore dell'indice di plasticità risulta compreso tra 5 e 9 per i terreni appartenenti al gruppo  $A_4$ , mentre per i terreni appartenenti ai gruppi  $A_6-A_{7.6}$  il valore dell'indice di plasticità risulta compreso tra 11 e 38.

Le prime prove hanno dimostrato che anche i terreni di tipo  $A_4$ , avendo un IP elevato potevano essere stabilizzati con ossido di calce. Tenendo conto, quindi, della loro estensione si è ritenuto opportuno verificare, con uno studio

Figura 7a - Indice di portanza immediata terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$



Figura 7b - Indice di portanza immediata terreni tipo  $A_4$



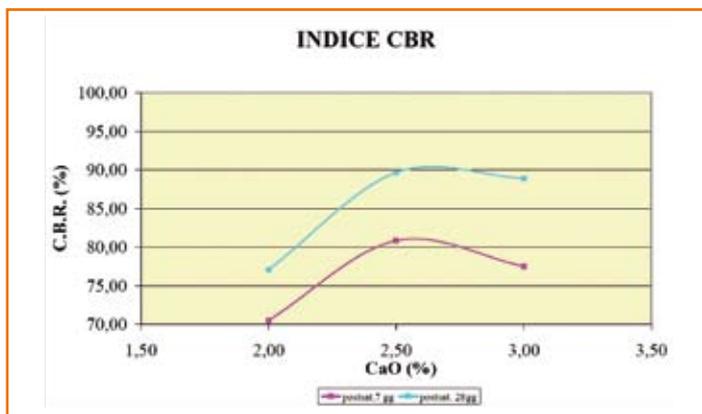


Figura 8a - Indice C.B.R. terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

Tabella 6a - Indice C.B.R. terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

Postsatur. - 7 gg + 4 gg		Postsatur. - 28 gg + 4 gg	
C.B.R. (%)	CaO (%)	C.B.R. (%)	CaO (%)
70,50	2,00	77,05	2,00
80,83	2,50	89,64	2,50
77,50	3,00	88,89	3,00

approfondito, anche per questi terreni la possibilità di un loro riuso dopo averli stabilizzati con calce.

Essendo la bonifica del piano di posa eseguita stabilizzando terreni in sito è stata redatta una planimetria con riportate le aree aventi terreni appartenenti allo stesso gruppo.

Nella seconda fase gli studi e le prove sono stati, quindi, sviluppati su due tipi di campioni risultanti rispettivamente dalla miscelazione di tutti i campioni appartenenti al gruppo  $A_4$  prelevati dai vari saggi e dalla miscelazione di tutti i campioni appartenenti ai gruppi  $A_6 - A_{7.6}$  ed  $A_{7.5}$ .

Tabella 7a - Resistenza a compressione terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

Matur. 24 ore		Matur. 7 gg		Matur. 28 gg	
ELL	CaO	ELL	CaO	ELL	CaO
(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
821,86	2,00	909,61	2,00	1081,62	2,00
856,20	2,50	993,45	2,50	1191,20	2,50
892,37	3,00	970,17	3,00	1148,8	3,00

Figura 9a - Resistenza a compressione terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

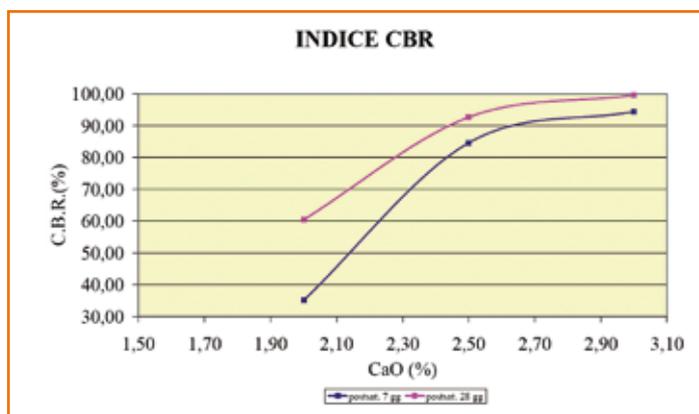
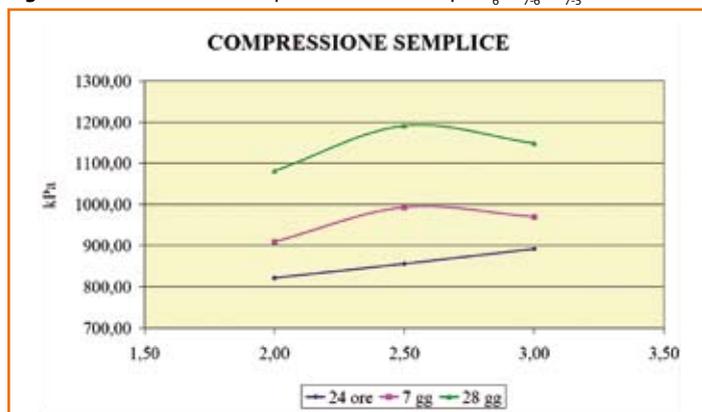


Figura 8b - Indice C.B.R. terreni tipo  $A_4$

Tabella 6b - Indice C.B.R. terreni tipo  $A_4$

Postsatur. - 7 gg + 4 gg		Postsatur. - 28 gg + 4 gg	
C.B.R. (%)	CaO (%)	C.B.R. (%)	CaO (%)
35,08	2,00	60,43	2,00
84,60	2,50	92,66	2,50
94,42	3,00	99,54	3,00

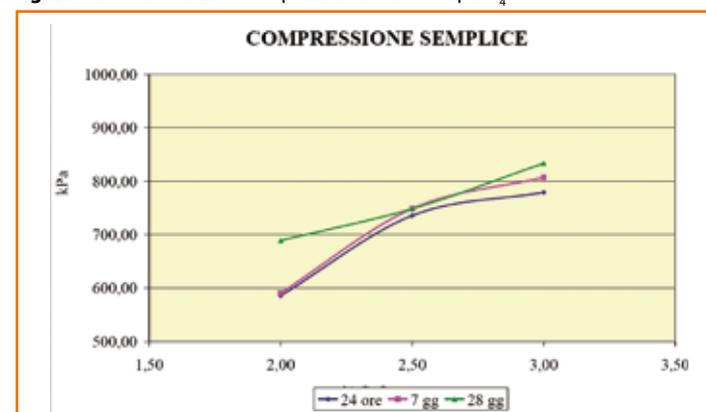
### Seconda fase:

A seguito dei risultati ottenuti nella prima fase di indagine, come già accennato, si è proceduto alla miscelazione preliminare di tutti i campioni appartenenti al gruppo  $A_4$  prelevati dai vari saggi eseguiti ed alla miscelazione di tutti i campioni appartenenti ai gruppi  $A_6 - A_{7.6}$

Tabella 7b - Resistenza a compressione terreni tipo  $A_4$

Matur. 24 ore		Matur. 7 gg		Matur. 28 gg	
ELL	CaO	ELL	CaO	ELL	CaO
(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
585,34	2,00	590,51	2,00	688,86	2,00
735,53	2,50	748,57	2,50	748,47	2,50
779,10	3,00	807,07	3,00	833,56	3,00

Figura 9b - Resistenza a compressione terreni tipo  $A_4$



ed  $A_{7,5}$  in maniera tale da ottenere due campioni omogenei ( $A_4$  e  $A_6-A_{7,6}-A_{7,5}$ ) sui quali si sono eseguite inizialmente le seguenti prove:

- determinazione dei limiti di Atterberg;
- analisi granulometrica per via umida con setacci e con aerometro;
- determinazione del contenuto in sostanze organiche;
- determinazione del contenuto in solfati;
- determinazione del contenuto in nitrati;
- determinazione del consumo iniziale di calce (CIC);
- prova di costipamento AASHTO Modificato;
- determinazione dell'indice di portanza immediata (IPI);
- determinazione dell'indice CBR post-saturazione.

Accertato che i campioni così ottenuti risultavano adatti ad essere miscelati con calce, si è provveduto, per ciascuno dei due campioni, a realizzare tre diverse miscele con contenuto di calce crescente (2.0% - 2.5% - 3.0%); su tali miscele, ottenute dalla miscelazione dei terreni con ossido di calcio (CaO) ed acqua, si sono eseguite le seguenti prove:

- determinazione dei limiti di Atterberg;
- analisi granulometrica per via umida con setacci e con aerometro;
- prova di costipamento AASHTO Modificata;
- determinazione dell'indice di portanza immediata (IPI);
- determinazione dell'indice CBR post-saturazione a 7 e 28 giorni di maturazione;
- determinazione del rigonfiamento;
- determinazione della resistenza a compressione dopo 24 ore, 7 e 28 giorni di maturazione;
- prove triassiali CD con diversi tenori di umidità (Wott, Wott+2%, Wott-2%) a 28 giorni di maturazione su campioni "tal quali" e dopo completa immersione per 7 giorni in acqua.

I risultati delle prove eseguite sono riassunti nelle tabelle e grafici precedenti.

Dall'analisi dei risultati delle prove eseguite in laboratorio è emersa chiaramente l'idoneità di entrambi i tipi litologici esaminati ad essere stabilizzati con calce ed al fine di verificare in scala reale quanto emerso in laboratorio, per completare lo studio è stata eseguita la terza ed ultima fase con la realizzazione dei campi prova.

### I campi prova

I due campi prova, come detto uno per ognuna delle tipologie dei terreni riscontrati, sono stati eseguiti in due zone aventi le medesime caratteristiche dei terreni utilizzati nello studio.

Sulla base di quanto emerso dalle prove di laboratorio le percentuali in peso di ossido di calcio utilizzata sono state del 2.0 e 2,5%.

Quindi entrambi i campi prova sono stati divisi in due quadranti per testare 2 diverse percentuali di calce da utilizzare, aventi, alla base, una lunghezza di 50 m e una larghezza di circa 23 m.

L'obiettivo dei campi prova era quello di testare la fattibilità della stabilizzazione a calce sia dei terreni per la bonifica del piano di imposta, che di quelli per la costruzione del rilevato.

Per la realizzazione del campo prova sono state eseguite le stesse operazioni previste per la realizzazione dei rilevati che sono qui riassunte:

- scotico del terreno interessato dal campo per una profondità di 30 cm ed allontanamento del terreno di risulta;
- fresatura del terreno di base per una profondità di 50 cm, fino a che le zolle abbiano una dimensione tale che tutto il terreno risulti passante al setaccio con aperture da 40 mm (figura 10);
- controllo dell'umidità del terreno fresato;
- taratura della spandicalce al fine di ottenere il dosaggio di calce voluto;
- determinazione degli schemi di rullatura in area adiacente al campo prova;
- spandimento della calce (figura 11) ed ulteriore fresatura (figura 12) del terreno al fine di ottenere una miscelazione omogenea e comunque fino a che tutto il terreno miscelato non risulti passante al setaccio da 25 mm;
- controllo dell'umidità della miscela terra-calce;
- compattazione dello strato di terreno in sito così ottenuto, con passaggi di rullo a piastre e successivi passaggi di rullo liscio sia in conformazione statica che vibrante, così come previsto dallo

Figura 10 - Fresatura terreno in sito





Figura 11 - Spandimento della calce



Figura 12 - Miscelazione terreno/calce

schema precedentemente determinato (figura 13);

- esecuzione delle prove di controllo previste;
- realizzazione del secondo strato del cassonetto di bonifica e degli altri 3 strati successivi, dello spessore di 30 cm, con terreno miscelato con ossido di calcio in un' area adiacente al campo prova.

Appare evidente che dovendo eseguire le prove di controllo in giorni successivi alla messa in opera del terreno stabilizzato gli strati successivi a quello di bonifica in sito avevano una larghezza decrescente lasciando una striscia dello

strato sottostante accessibile per l'esecuzione delle prove.

L'ammorsamento degli strati successivi è stato garantito dalla rugosità della superficie superiore degli strati sottostanti dovuta alle impronte dei tasselli del rullo (figura 14).

#### Determinazione dello schema di rullatura

Come detto un passaggio molto importante è stato determinare lo schema di rullatura che è stato utilizzato sia nel campo prova che nelle successive fasi costruttive del rilevato.

In una zona limitrofa al campo prova è stato stabilizzato con calce uno strato di terreno dello spessore di 0.50 m e su di esso sono stati sperimentati diversi schemi di rullatura eseguendo diverse prove di carico su piastra dopo diversi passaggi di rullo al fine di poter determinare il numero ottimale di passate del rullo stesso necessario per ottenere i risultati richiesti.

I risultati di tali verifiche sono riportati nel grafico di figura 15 dove in ascissa sono riportate il numero di passate e il ordinate il valore del Modulo di deformazione.

Figura 13 - Compattazione con rullo tassellato



Figura 14





# Produzioni di calcestruzzi certificati

www.grafacom.it



Ricerca, sviluppo tecnologico, processi innovativi e qualità eccellente, sono gli obiettivi di un'azienda leader i cui progetti, al servizio del mondo del "calcestruzzo", offrono affidabilità di prestazioni, economicità del servizio e sicurezza per gli operatori.

Un'ampia gamma di impianti sono la proposta CIFA per soddisfare qualsiasi necessità di installazione e capacità produttiva, nel rispetto dell'impatto ambientale. La soluzione ideale per produrre calcestruzzi di qualità certificata.



**tecnologia per**  
**materiali perfetti**



**IMPIANTI E MACCHINE PER IL TRATTAMENTO DEGLI INERTI**

i nostri frantoi, mulini,  
sfangatrici, vagli, alimentatori  
ci permettono  
di costruire per voi  
impianti per realizzare un prodotto unico

**OMIG S.r.l.**

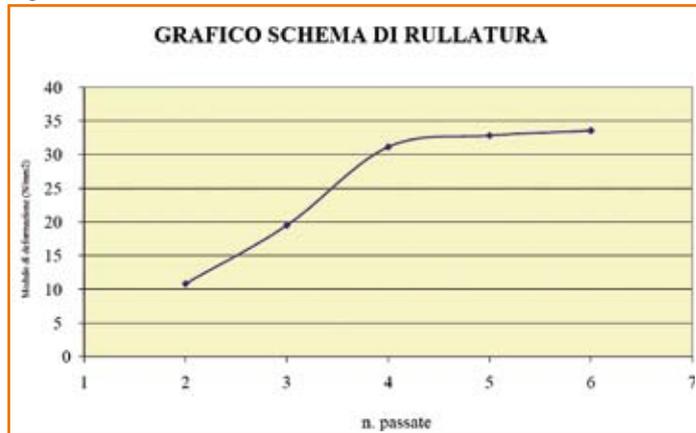
Via Fiagnano, 3

48024 S. Martino in Pedriolo (Bologna) - Italy

tel. +39 051 949641 - fax +39 051 940731

e-mail: [ufficio@omig.biz](mailto:ufficio@omig.biz) - [www.omig.biz](http://www.omig.biz)

Figura 15



Le passate, intese come una andata e un ritorno fanno riferimento a quelle del rullo tassellato; ad esso sono sempre da aggiungere due passate di rullo gommato per la regolarizzazione del piano di lavoro.

Sulla base dei risultati ottenuti lo schema di rullatura prescelto è risultato il seguente:

- n° 4 passate di rullo compatattore da 20 t con tamburo tassellato;
- n° 2 passate di rullo gommato (o liscio) da 21 t.

**Prove di controllo in sito**

Allo scopo di verificare i risultati ottenuti con la stabilizzazione a calce in sito, e per poterli confrontare con quelli ottenuti in laboratorio, si sono eseguite diverse prove a diversi tempi di maturazione della miscela terra-calce.

Le prove sono state eseguite in numero di 5 per ogni percentuale di calce utilizzata e su ogni strato nella fascia che sarebbe rimasta esposta in modo da poter confrontare tra loro i risultati ottenuti a diversi tempi di maturazione nelle stesse posizioni.

Le prove eseguite sono state:

- determinazione della densità in sito con volumometro a sabbia (CNR BU N. 22 – 1972), (figura 17), eseguita immediatamente dopo la compattazione;
- prove di carico su piastra con diametro pari a 30 cm per ogni settore e con doppio ciclo di carico con la determinazione di  $Md_1$  e  $Md_2$  (CNR BU N. 146 – 1992) (figura 18). Su tutti gli strati le prove sono state eseguite immediatamente dopo la compattazione, dopo 24 ore, dopo 3 gg e dopo 7 gg. Solo sull'ultimo strato del rilevato sono state ripetute dopo 30 gg dalla compattazione;
- determinazione dell'indice CBR in sito (ASTM D 4429 – 93); in posizioni prossime a quelle dove si sono eseguite le prove di carico su piastra, e con le stesse cadenze.

La determinazione del grado di costipamento è stata eseguita riferendo la densità secca ottenuta in campo mediante il

risultati nettamente superiori a quanto richiesto, infatti che già immediatamente dopo la compattazione il modulo  $Md_1$  è superiore a 350 N/mm<sup>2</sup> e che dopo 7 giorni di maturazione esso raggiunge valori superiori a 70 N/mm<sup>2</sup> per il primo strato di bonifica e superiori a 85 N/mm<sup>2</sup> per il secondo strato.

Per quanto riguarda le prove di densità in sito, esse hanno

evidenziato che con gli schemi di rullatura proposti si ottengono sempre valori di addensamento superiori al 90% della densità secca massima determinata in laboratorio.

Anche per la realizzazione del rilevato, da un esame dei risultati delle prove eseguite, emerge che già con il 2.0% (sul peso secco del terreno) di ossido di calcio si sono ottenuti risultati nettamente superiori a quanto richiesto, è risultato infatti che già immediatamente dopo la compattazione il modulo  $Md_1$  è superiore a 35 N/mm<sup>2</sup> e che dopo 7 giorni di maturazione esso raggiunge valori superiori a 60 N/mm<sup>2</sup>.

La densità in sito è risultata superiore al 96% della densità secca massima determinata in laboratorio.

**Terreni A4**

Da un esame dei risultati delle prove eseguite sul piano di imposta dei rilevati emerge che i terreni del tipo A4 già con il 2.0% (sul peso secco del terreno) di ossido di calcio danno risultati nettamente superiori a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche; risulta infatti che già immediatamente dopo la compattazione il modulo  $Md_1$  è superiore a 45 N/mm<sup>2</sup> e che dopo 7 giorni di maturazione esso raggiunge valori superiori a 90 N/mm<sup>2</sup>. Per quanto riguarda le prove di densità in sito, esse hanno evidenziato che con gli schemi di rullatura proposti si ottengono sempre valori di addensamento superiori al 95% della densità secca massima determinata in laboratorio.

Analogamente anche per la realizza-



Figura 16 - Esecuzione prova per la determinazione densità in sito

volumometro a sabbia alla densità secca massima determinata in laboratorio durante la fase di studio preliminare mediante la prova di costipamento Proctor Modificata.

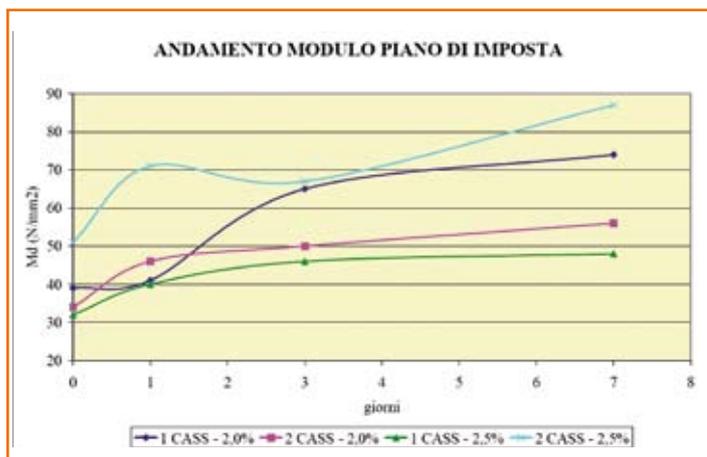
Di seguito sono riportati i risultati delle prove sui 2 campi prova.

**Terreni tipo A6-A7-6-A7-5**

Analogamente ai terreni del tipo precedente già con il 2.0% (sul peso secco del terreno) di ossido di calcio si ottengono

Figura 17 - Esecuzione prova su piastra





**Figura 18** - Grafico andamento Modulo di deformazione piano di imposta rilevato per terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

zione del rilevato, sempre con le terre appartenenti al gruppo A4 con il 2.0% (sul peso secco del terreno) di ossido di calcio si ottengono risultati nettamente superiori a quanto richiesto: si sono avuti infatti, già immediatamente dopo la compattazione il modulo  $Md_1$  è superiore a 45 N/mm<sup>2</sup> e che dopo 7 giorni di maturazione esso raggiunge valori superiori a 60 N/mm<sup>2</sup> (figura 20).

I valori della densità sono risultati per tutti gli strati oltre il 96% della densità massima determinata in laboratorio.

In entrambi i campi prova eseguiti per le 2 tipologie di terreni non sono state rilevate sostanziali differenze nei risultati ottenuti con le due diverse percentuali di calce, si è deciso, pertanto di stabilizzare le terre per la bonifica del piano di posa e del corpo del rilevato con il 2% di calce viva.

Completato il ciclo di prove in sito, e deciso quale miscela utilizzare, dall'ultimo strato del rilevato di prova sono stati prelevati alcuni campioni indisturbati di terreno stabilizzato per l'esecuzione in laboratorio delle seguenti prove:

- Prove triassiali consolidate isotropicamente e drenate per la determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci.
- Prove triassiali non consolidate e non drenate per la determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni totali.
- Prove di creep in cella triassiale.

#### Prove triassiali

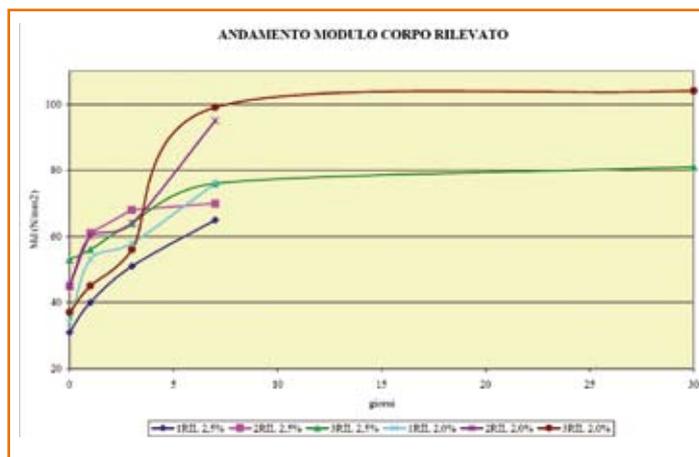
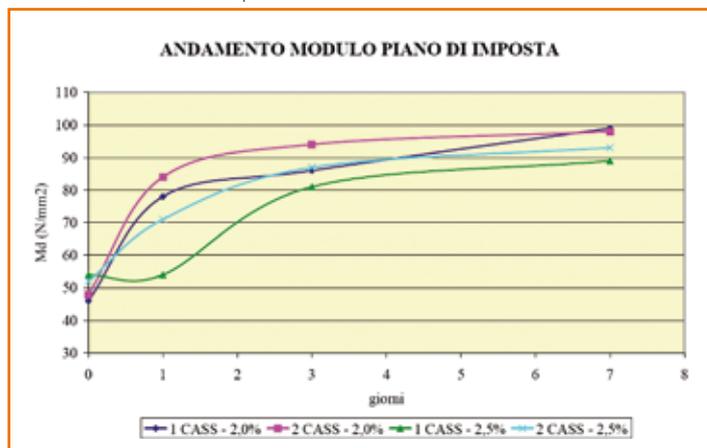
Come detto dall'ultimo strato si sono prelevati dei blocchi di terreno stabilizzato e da questi sono stati ricavati diversi

provini per le prove triassiali (diametro di 3.81 cm e altezza di 7.62 cm) mediante carotiere da laboratorio a pareti sottili con corona diamantata.

Su questi provini così ottenuti si sono eseguite le seguenti prove:

- prove triassiali non consolidate e non drenate su provini nelle condizioni in cui sono stati prelevati;
- prove triassiali non consolidate e non drenate su provini sottoposti a 5 cicli di imbibizione ed essiccamento (ciascuno composto da completa imbibizione in acqua per 4 giorni ed essiccamento in forno alla temperatura di 105° per 24 ore) e successiva saturazione in acqua per 7 giorni;
- prove triassiali consolidate e drenate su provini nelle condizioni in cui sono stati prelevati;

**Figura 20** - Grafico andamento Modulo di deformazione piano di imposta rilevato per terreni tipo  $A_4$



**Figura 19** - Grafico andamento Modulo di deformazione strati rilevato per terreni tipo  $A_6-A_{7.6}-A_{7.5}$

**Figura 21** - Grafico andamento Modulo di deformazione strati rilevato per terreni tipo  $A_4$



Campione	% CaO	c' (KPa)	$\varphi'$ (° sess.)	$c_u$ (KPa)
A <sub>4</sub> TQ	2.0	57	34	672
A <sub>4</sub> R	2.0	77	30	547
A <sub>6</sub> -A <sub>7-6</sub> -A <sub>7-5</sub> TQ	2.0	32	35	446
A <sub>6</sub> -A <sub>7-6</sub> -A <sub>7-5</sub> R	2.0	75	34	332

**Tabella 8** - Risultati prove triassiali (dove: TQ = campione nelle condizioni di prelievo e R = campione sottoposto a cicli di imbibizione ed essiccamento e successiva saturazione)

Campione	% CaO	Carico Vert. (KPa)	Def. Max (mm)
A <sub>4</sub> TQ	2.0	650	1.075
A <sub>4</sub> R	2.0	600	1.090
A <sub>6</sub> -A <sub>7-6</sub> -A <sub>7-5</sub> TQ	2.0	600	1.235
A <sub>6</sub> -A <sub>7-6</sub> -A <sub>7-5</sub> R	2.0	550	1.120

**Tabella 9** - Risultati prove di creep (dove: TQ = campione nelle condizioni di prelievo e R = campione sottoposto a cicli di imbibizione ed essiccamento e successiva saturazione)

- prove triassiali consolidate e drenate su provini sottoposti a 5 cicli di imbibizione ed essiccamento (ciascuno composto da completa imbibizione in acqua per 4 giorni ed essiccamento in forno alla temperatura di 105° per 24 ore) e successiva saturazione in acqua per 7 giorni;
- prove di creep in cella triassiale su provini nelle due diverse condizioni sopra illustrate e sottoposti ad un carico verticale pari a circa il 90% del carico di rottura determinato nelle precedenti prove triassiali.

Nelle tabelle 8 e 9 sono riportati i risultati delle suddette prove.

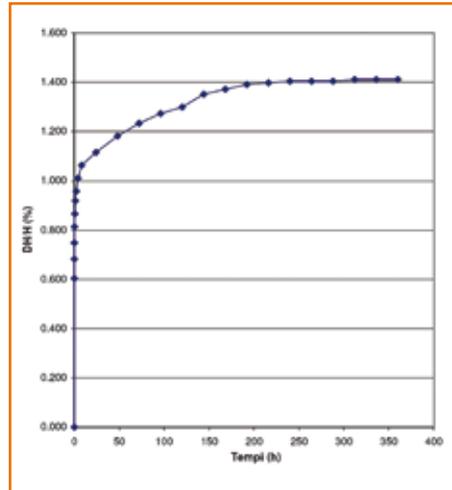
Tenuto conto che i terreni naturali avevano una coesione non drenata ( $C_u$ ) di circa 50 Kpa, una coesione drenata di circa 0 Kpa e un angolo di attrito in condizione drenate di poco superiore a 20° si può osservare come la stabilizzazione a calce porta ad un notevole aumento della resistenza al taglio di picco.

L'immersione in acqua del terreno stabilizzato non comporta un sostanziale decadimento delle sue caratteristiche tecniche. Infine i campioni hanno dimostrato, in campo statico, un ottimo comportamento e soprattutto si presentano assolutamente stabili anche in presenza di acqua (figure 22 e 23).

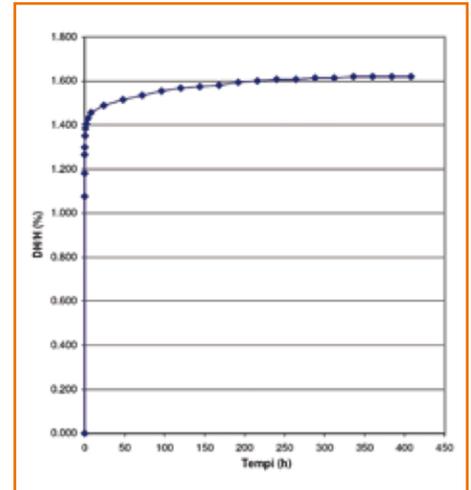
### La realizzazione dei rilevati - Studio delle miscele

Sulla base degli studi e delle prove in laboratorio e in campo, i rilevati della nuova linea Bologna – Verona tra Crevalcore e Nogara, sono stati eseguiti, come detto con terre stabilizzate a calce.

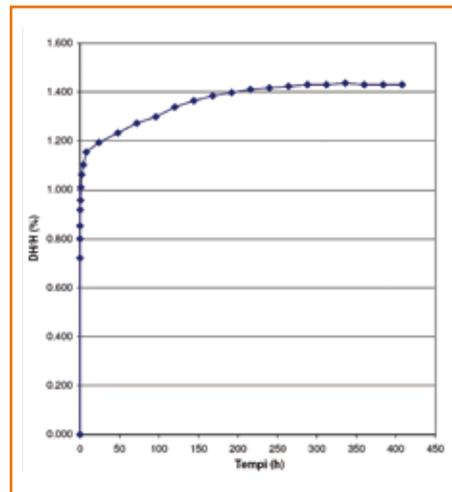
Per il controllo della corretta esecuzione sono state eseguite circa 2000 prove su piastra e circa 1.900 prove di densità in sito.



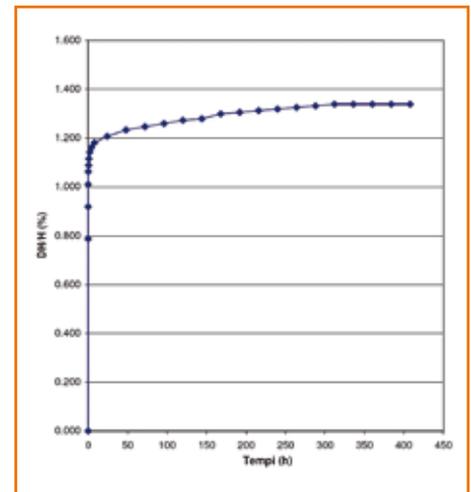
**Figura 22a** - Grafico prova di creep eseguita su provini di terreno A<sub>4</sub> tal e quali



**Figura 22b** - Grafico prova di creep eseguita su provini di terreno A<sub>6</sub>-A<sub>7-6</sub>-A<sub>7-5</sub> tal e quali



**Figura 23a** - Grafico prova di creep eseguita su provini di terreno A<sub>4</sub> dopo cicli di imbibizione ed essiccamento e successiva saturazione per 7 giorni



**Figura 23b** - Grafico prova di creep eseguita su provini di terreno A<sub>6</sub>-A<sub>7-6</sub>-A<sub>7-5</sub> dopo cicli di imbibizione ed essiccamento e successiva saturazione per 7 giorni

Le prove sono state eseguite su tutti gli strati e generalmente entro le 24 ore dalla fine della compattazione.

Di seguito sono analizzati i risultati ottenuti, sono stati considerati anomali e non considerati per il calcolo della media sia i valori troppo elevati che quelli che non hanno dato i risultati richiesti.

Infatti, quando sono stati registrati risultati al di sotto di quelli richiesti è stata ripetuta la rullatura nel tratto tra due prove successive positive, e successivamente, per controllo, è stata rifatta la prova nella posizione iniziale.

Va infine rilevato che mentre ad un valore inferiore a quello richiesto del

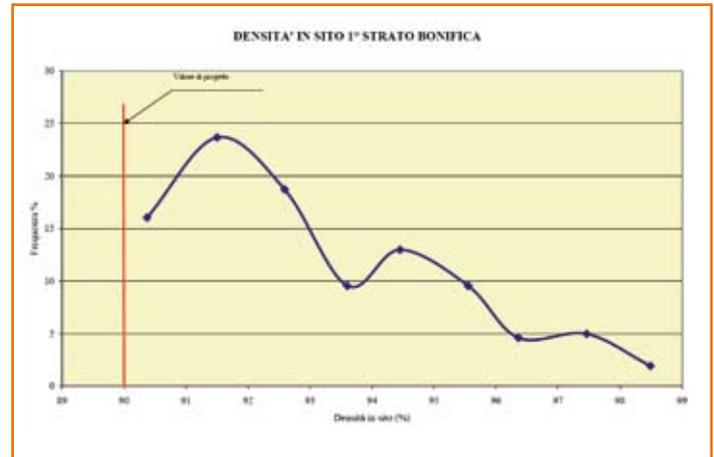
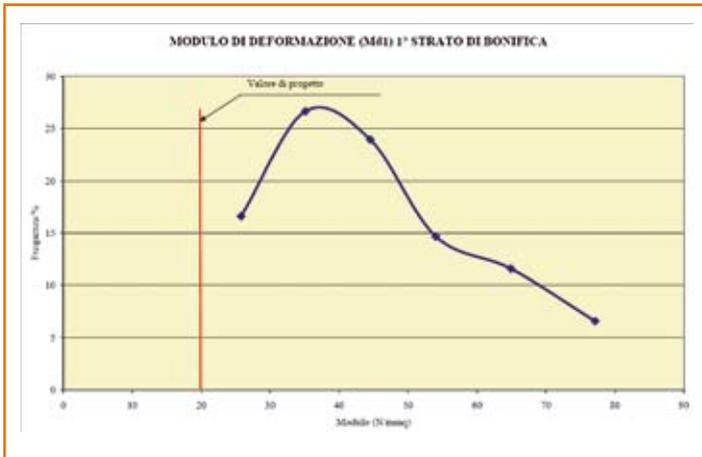


Figura 24 - Andamento modulo di deformazione nel primo strato di bonifica

Figura 25 - Andamento densità in sito nel primo strato di bonifica

modulo di deformazione corrisponde un valore inferiore al minimo richiesto per la densità in sito, non è sempre vero il contrario, infatti in alcuni casi mentre il modulo di deformazione superava, anche se di poco, il valore richiesto la densità in sito risultava essere inferiore a quella di progetto.

Di seguito sono analizzati i risultati delle prove eseguite.

### 1° strato di bonifica

Nel primo strato di bonifica sono state eseguite circa 300 prove su piastra con solo 7 risultati negativi.

La media del modulo di deformazione  $Md_1$  è stata di 44,69 N/mm<sup>2</sup>, con una deviazione standard di 14,61 N/mm<sup>2</sup>.

In figura 24 è riportato la distribuzione del modulo di deformazione.

Le prove di densità in sito in questo strato

sono state circa 280 e i risultati negativi sono stati 16.

Il valore medio è stato di 93,07% con una deviazione standard di 2,15%.

Nella figura 25 è riportato il grafico con l'andamento della densità in sito per il primo strato di bonifica.

### 2° strato di bonifica

Anche nel secondo strato di bonifica sono state eseguite circa 300 prove su piastra con solo 8 risultati negativi.

La media del modulo di deformazione  $Md_1$  è stata di 48,45 N/mm<sup>2</sup>, con una deviazione standard di 17,91 N/mm<sup>2</sup>.

In figura 26 è riportato la distribuzione del modulo di deformazione.

Le prove di densità in sito in questo strato sono state circa 230 e i risultati negativi sono stati solamente 2.

Il valore medio è stato di 93,80% con una

deviazione standard di 2,32%.

Nella figura 27 è riportato il grafico con l'andamento della densità in sito per il primo strato di bonifica.

### Corpo del rilevato

Nel corpo del rilevato sono state eseguite circa 1350 prove su piastra con 67 risultati negativi.  $Md_1$  è stata di 71,74 N/mm<sup>2</sup>, con una deviazione standard di 22,08 N/mm<sup>2</sup>.

In figura 28 è riportato la distribuzione del modulo di deformazione.

Le prove di densità in sito in questo strato sono state circa 1340 e i risultati negativi sono stati 111.

Il valore medio è stato di 97,80% con una deviazione standard di 2,32%.

Nella figura 29 è riportato il grafico con l'andamento della densità in sito per il corpo del rilevato.

Figura 26 - Andamento modulo di deformazione nel secondo strato di bonifica

Figura 27 - Andamento densità in sito nel secondo strato di bonifica

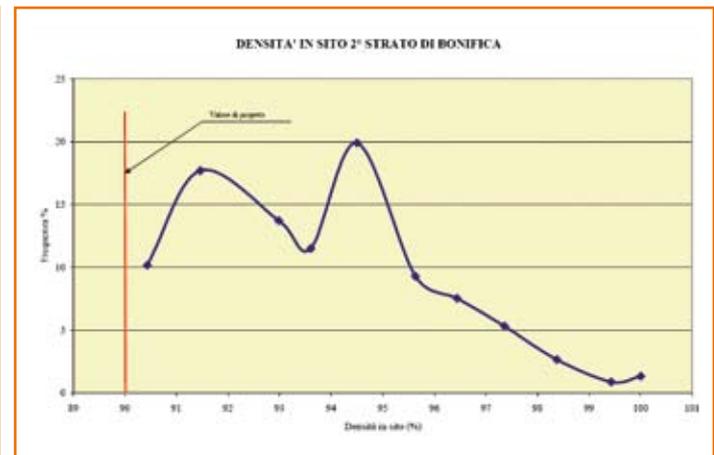
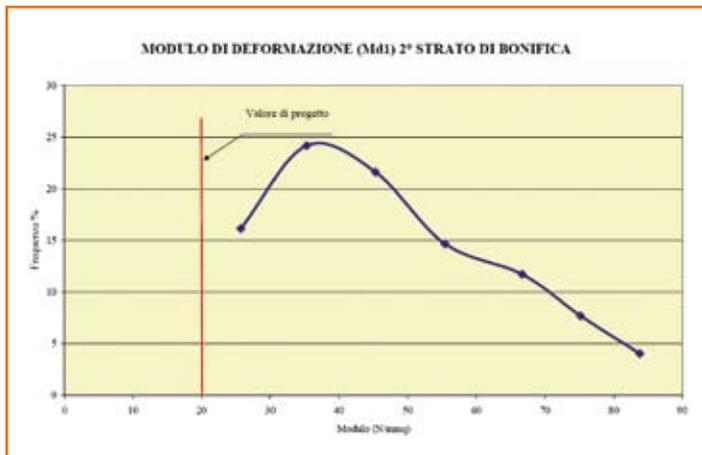




Figura 28 - Andamento modulo di deformazione nel corpo del rilevato

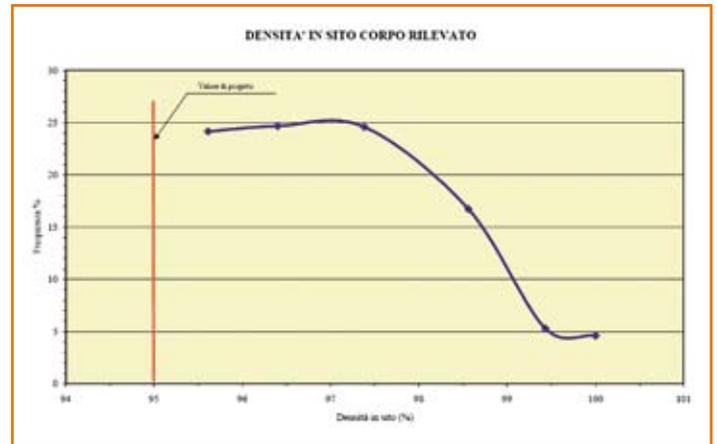


Figura 29 - Andamento densità in sito nel corpo del rilevato

### Conclusioni

Per la costruzione dei rilevati del raddoppio della linea Bologna – Verona sono stati recuperati tutti i terreni provenienti sia da scavi di sbancamento, fondazioni superficiali ecc., compresi quelli provenienti dallo scavo dei pali di fondazione. Questa esperienza ha confermato come la stabilizzazione delle terre sia un’ottima alternativa all’impiego dei materiali

pregiati tradizionali, specie nelle opere in cui ne sono richieste grosse quantità, con tutte le prerogative già sottolineate in fase introduttiva.

Resta peraltro necessario lo sviluppo di approfonditi studi per la verifica della fattibilità e la presenza in cantiere di una figura professionale con conoscenze specifiche della tecnica, che pianifichi adeguatamente lo svolgimento dei lavo-

ri e la loro corretta esecuzione. Occorre programmare e sviluppare un controllo continuo per la verifica delle lavorazioni per correggere immediatamente eventuali anomalie.

Se queste fasi saranno rispettate si può avviare un percorso virtuoso con notevoli benefici sia dal punto di vista ambientale che economico per la realizzazione di grandi e piccole opere. ■

# Tagliato su misura

IMF 132: impianto mobile di frantumazione secondaria e terziaria progettato e costruito sulle tue esigenze



Disponibile anche a noleggio

**O.L.F.**

DAI CREATORI DEL MARTELLO INTELLIGENTE

# INDECODZILLA

HP 18000

IL DEMOLITORE PIÙ GRANDE DEL MONDO



## LE DIMENSIONI CONTANO

CON I SUOI 4,6 METRI DI ALTEZZA E 11.050 KG DI PESO, IL NUOVO INDECO HP 18000 È IL PIÙ GRANDE DEMOLITORE MAI APPARSO SUL MERCATO. GRAZIE ANCHE ALLA SUA AVANZATISSIMA TECNOLOGIA È IN GRADO DI SCARICARE SU DI UN UTENSILE DEL DIAMETRO DI BEN 250 MM, UNA POTENZA DISTRUTTIVA MAI VISTA. ANCORA UNA VOLTA, ALLA INDECO, PENSIAMO ALLE COSE CHE CONTANO, DAVVERO.



YOUR PARTNERS IN DEMOLITION

[www.indeco.it](http://www.indeco.it)