

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 2**

**LOTTO 3**

**ELABORATI GENERALI - GEOTECNICA - GE**

**Relazione geotecnica generale**

SCALA:

-

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

RS3H   03   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<br><i>Catania Toraldo</i> | Marzo 2020 | S.Vanfiori<br><i>Sanfiori</i> | Marzo 2020 | D.Tiberti<br><i>Tiberti</i> |
|      |                     |         |            |                                     |            |                               |            |                             |
|      |                     |         |            |                                     |            |                               |            |                             |
|      |                     |         |            |                                     |            |                               |            |                             |

File: RS3H.0.3.D.78.RH.GE.00.0.5.001.A

n. Elab.:

ITALERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Prof. Ing. Gerardo Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 12476

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>22</i> |
| 5.2      | LIQUEFAZIONE .....  | 24        |
| <b>6</b> | <b>INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....</b>                                       | <b>25</b> |
| 6.1      | PREMESSA .....  | 25        |
| 6.2      | CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO DEFINITIVO BICOCCA-CATENANUOVA ..... | 25        |
| 6.3      | CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE – PROGETTO PRELIMINARE.....                     | 27        |
|          | <i>Prove di laboratorio.....</i>  | <i>28</i> |
| 6.4      | CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL PROGETTO DEFINITIVO .....                              | 31        |
| 6.4.1    | <i>Prove di permeabilità.....</i>   | <i>34</i> |
| 6.4.2    | <i>Prove di laboratorio.....</i>  | <i>36</i> |
| 6.4.3    | <i>Indagini sismiche.....</i>   | <i>43</i> |
| <b>7</b> | <b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE.....</b>                               | <b>45</b> |
| 7.1      | PREMESSA .....  | 45        |
| 7.2      | RICONOSCIMENTO DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....                                     | 45        |
| 7.3      | CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE .....                     | 47        |
| 7.3.1    | <i>Depositi incoerenti .....</i>  | <i>47</i> |
| 7.3.2    | <i>Depositi coesivi .....</i>   | <i>50</i> |
| 7.3.3    | <i>Caratteristiche di consolidazione.....</i>                                   | <i>53</i> |
| 7.4      | UNITÀ R- TERRENI DI RIPORTO E COLTRE VEGETALE - H .....                         | 54        |
| 7.5      | UNITÀ U1 – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB2.....                                | 55        |
| 7.6      | UNITÀ U1A–DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI-BB3 .....                                | 73        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 7.7       | UNITÀ U2 – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN2 .....                                       | 88         |
| 7.8       | UNITÀ U2A – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN3 .....                                      | 103        |
| 7.9       | UNITÀ U2B – DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – BN1 .....                                      | 121        |
| 7.10      | UNITÀ U3 – FORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO-AZZURRE – FAG .....                            | 127        |
| 7.11      | SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....  | 137        |
| <b>8</b>  | <b>FALDA .....</b>  | <b>140</b> |
| <b>9</b>  | <b>OPERE D'ARTE MAGGIORI .....</b>  | <b>143</b> |
| 9.1       | VIADOTTO VI04 E Nw02 .....  | 143        |
| 9.2       | GALLERIA GA03 E Nw03-Nw04 .....   | 150        |
| <b>10</b> | <b>CAPACITA' PORTANTE PALI/SETTI .....</b>  | <b>158</b> |
| 10.1      | ANALISI AGLI STATI LIMITE .....   | 158        |
| 10.2      | METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE .....  | 161        |
| 10.2.1    | <i>Resistenza a trazione</i> .....  | 164        |
| 10.2.2    | <i>Comportamento di gruppo a carichi verticali</i> .....                                  | 164        |
| 10.2.3    | <i>Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE)</i> .....                                | 165        |
| 10.3      | CAPACITÀ PORTANTE PALI .....  | 166        |
| 10.3.1    | <i>Viadotto VI04</i> .....  | 166        |
| 10.3.2    | <i>GA03 e NV11</i> .....  | 170        |
| 10.3.3    | <i>Riepilogo lunghezze pali Viadotti</i> .....  | 175        |
| 10.4      | CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI .....  | 176        |
|           | <i>Verifica a carico limite orizzontale in terreni potenzialmente liquefacibili</i> ..... | 177        |
| <b>11</b> | <b>PALIFICATE DI FONDAZIONE .....</b>   | <b>178</b> |
| 11.1      | VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO .....                                 | 178        |
|           | <i>MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO</i> .....                                   | 179        |
| 11.2      | ANALISI DEL CEDIMENTO DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA .....                           | 180        |
| 11.2.1    | <i>Calcolo cedimenti palificate</i> .....   | 181        |
| 11.2.2    | <i>Cedimenti differenziali spalla e pila del viadotto Nw03-Nw04</i> .....                 | 184        |
| <b>12</b> | <b>CRITERI PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI DIRETTE .....</b>      | <b>184</b> |
| 12.1      | DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO ALLA WINKLER PER ANALISI STRUTTURALI        | 189        |
| <b>13</b> | <b>PIANO DI POSA .....</b>  | <b>190</b> |
| <b>14</b> | <b>RIUTILIZZO DEI TERRENI DA SCAVO .....</b>  | <b>191</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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 3 di 195 |

15 FOTO CAMPIONI OSSIDATI..... 194



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 4 di 195 |

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si descrivono la caratterizzazione geotecnica per il dimensionamento delle opere relative al Progetto Definitivo del nodo di catania interramento 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 5 di 195 |

## 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 |

|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| Ramo Palermo/Siracusa - Plano-Profilo geotecnico tav 1   | R | S | 3 | H | 0 | 3 | D | 7 | 8 | L | 6 | G | E | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 |
| Ramo Palermo/Siracusa - Plano-Profilo geotecnico tav 2   | R | S | 3 | H | 0 | 3 | D | 7 | 8 | L | 6 | G | E | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 |



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 7 di 195 |

### 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 rinvencono 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 rinvencono 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 rinvencono 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |          |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 8 di 195 |

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

| <b>Opera</b> | <b>Progressiva inizio</b> | <b>Progressiva fine</b> | <b>Lotto</b>     |
|--------------|---------------------------|-------------------------|------------------|
| VI04         | 0+400                     | 0+475                   | 3-Bretella PA-SR |
| GA03         | 0+695                     | 0+735                   | 3-Bretella PA-SR |

#### 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.

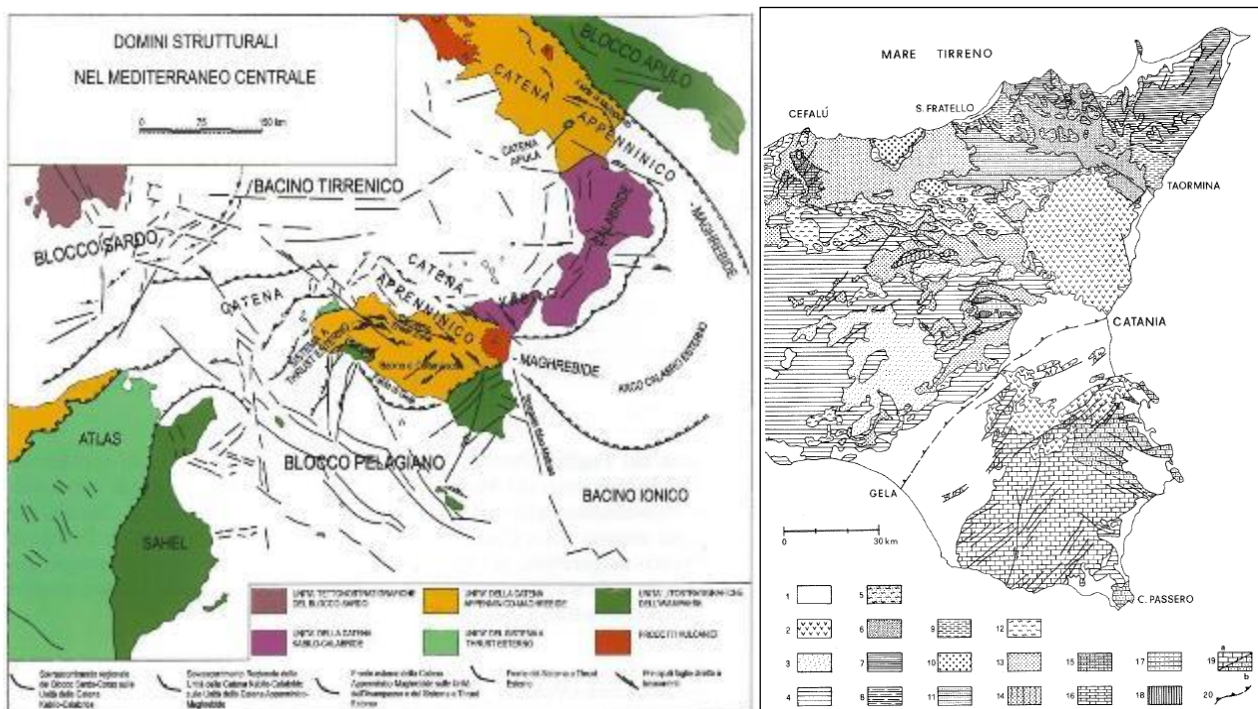
##### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 10 di 195 |

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.

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 nerastri; 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 12 di 195 |

**Depositi continentali e transizionali del Pleistocene superiore – Attuali e recenti:** questi depositi si rinvencono 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 rinvencono 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 rinvencono 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 rinvencono 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 Acquicella, che defluiscono con basso gradiente idraulico dai settori collinari e montuosi più interni verso



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 13 di 195 |

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 tessiture e risultano, molto spesso, fortemente interdigitati 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 rinvencono, 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 progettuale.



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 14 di 195 |

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 sottoterraneo. 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 15 di 195 |

## 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:

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

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                    |

| PROVA        | $V_{s,eq}$ [m/s] | Categoria<br>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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 18 di 195 |

### 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.      |       |       |       |
| S2           | Lotto 2   | interramento PA-CT                 | 37.464721  | 15.047788 | 0.321 | 2.356 | 0.465 |
| S3           | Lotto 2-3 | Bretella CT-SR e<br>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.      |            |       |       |       |    |       |                      |
| 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 S2 con ag massima**

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

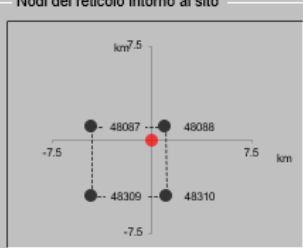
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**




**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione:



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 - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="68"/>   |
|                                 | SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/>  |
| Stati limite ultimi - SLU       | SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |
|                                 | SLC - $P_{VR} = 5\%$  | <input type="text" value="2193"/> |

**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**LEGENDA GRAFICO**

----- Strategia per costruzioni ordinarie

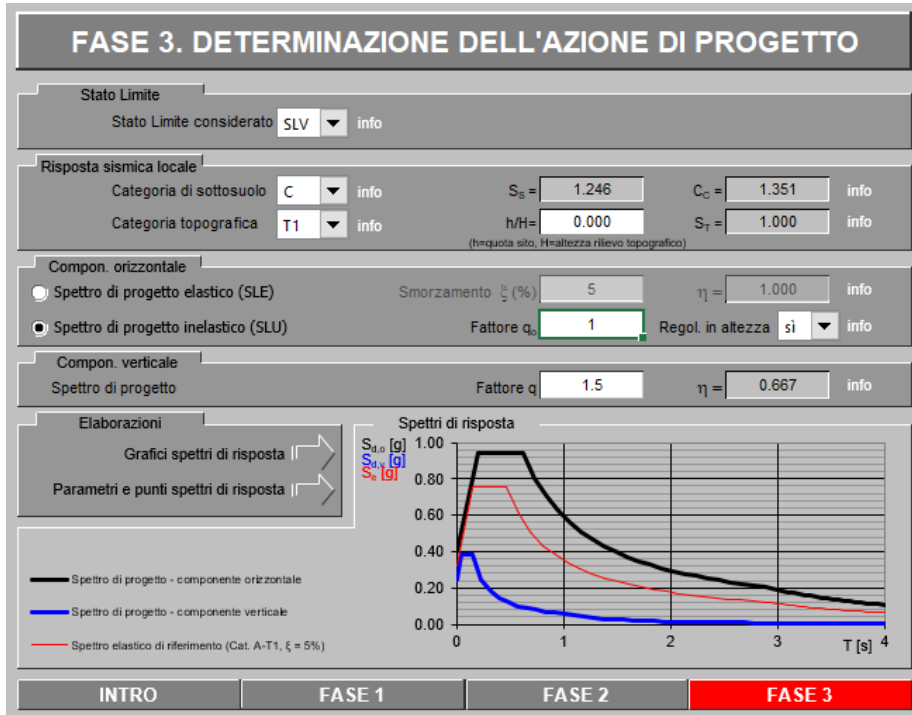
----- Strategia scelta

**Strategia di progettazione**



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Tabella 6 – Spettro di risposta orizzontale allo SLV per Zona S2**



**Tabella 7 – Localizzazione Zona S3 con ag massima**



### 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                        | Stati limite ultimi - SLU                               |
|--|---|
| SLO - $P_{VR} = 81\%$ <input type="text" value="68"/>  | SLV - $P_{VR} = 10\%$ <input type="text" value="1068"/> |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ <input type="text" value="113"/> | SLC - $P_{VR} = 5\%$ <input type="text" value="2193"/>  |

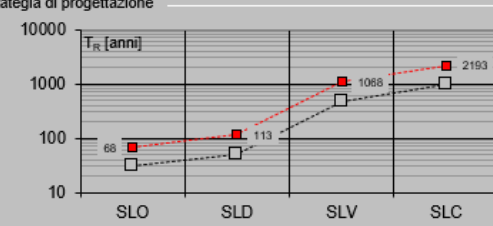
Elaborazioni

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

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Tabella 8 – Spettro di risposta orizzontale allo SLV per Zona S3**

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info  $S_B = 1.231$   $C_U = 1.828$  info

Categoria topografica  info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_s$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q_v$    $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni

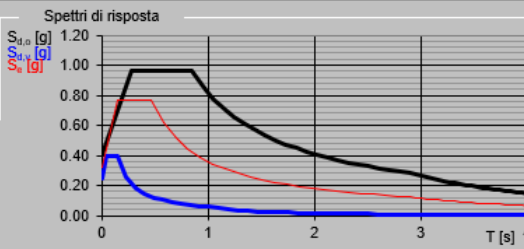
- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

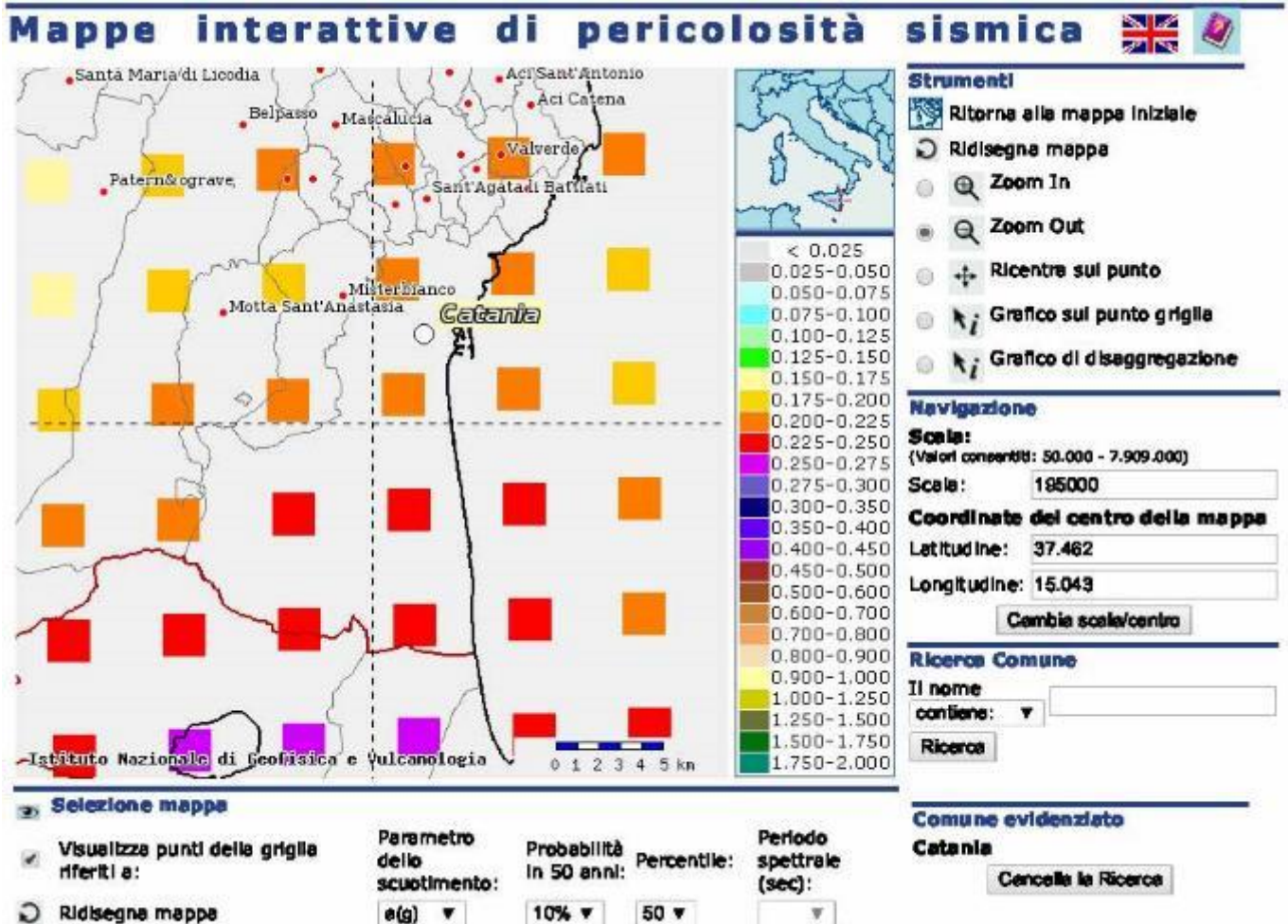
Spettri di risposta

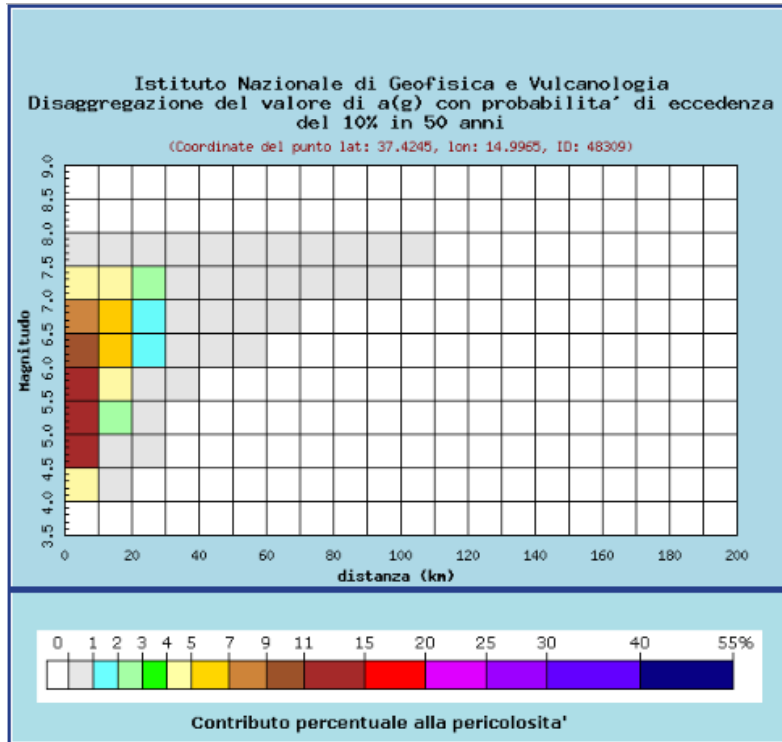


INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### 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 ag 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 vale medio di  $M = 5.95$ .





| Distanza in km | Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni<br>(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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 24 di 195 |

## 5.2 LIQUEFAZIONE

Il problema della liquefazione viene affrontato negli elaborati progettuali

- RS3H.0.0.D.78.RH.GE.00.0.5.001 “Relazione generale su fenomeno della liquefazione”
- RS3H.0.3.D.78.RH.GE.00.0.5.002 “Relazione degli interventi di mitigazione liquefazione”
- RS3H.0.3.D.78.CL.NW.00.0.0.004 “NW03 – NW04 Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni”
- RS3H.0.3.D.78.CL.GA.03.0.0.002 “GA03 Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni” .



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 25 di 195 |

## 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 26 di 195 |

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

**Tabella 9. Sondaggi Bicocca-Catenanuova**

| Sondaggio | Profondità | Lotto | Progressiva                           | Progressiva                   | Data esecuzione |            | Strumentazione | Coordinate          |             |                    |               |
|-----------|------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|---------------|
|           |            |       | BD/BP INTERRAMENTO<br>PALERMO-CATANIA | BRETELLA CATANIA-<br>SIRACUSA |                 |            |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             | Quota<br>sondaggio | Quota terreno |
|           |            |       | (km)                                  | (km)                          |                 |            |                | Nord                | Est         | (m slm)            | (m slm)       |
|           | (m)        | N.    |                                       |                               | dal             | al         |                |                     |             |                    |               |
| 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 27 di 195 |

### 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 mrelalizzati nella campagna indagini “interporto 2010”;
- 5 sondaggi a carotaggio continuo, denominati BH2,BH3,BH4,BH5 e BH7 di lunghezza pari a 30 mrelalizzati nella campagna indagini “Interporto 2013”;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1e e S2e di lunghezza pari a 30 mrelalizzati 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.

**Tabella 10. Caratteristiche dei sondaggi delle campagne geognostiche pregresse**

| Sondaggio | Profondità | Lotto | Progressiva                        | Progressiva               | Progressiva               | Data esecuzione |            | Strumentazione | Coordinate          |             |                 |               |
|-----------|------------|-------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|------------|----------------|---------------------|-------------|-----------------|---------------|
|           |            |       | RD/SP INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA | BRETELLA CATANIA-SIRACUSA | BRETELLA PALERMO-SIRACUSA |                 |            |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             | Quota sondaggio | Quota terreno |
|           |            |       | (km)                               | (km)                      | (km)                      |                 |            |                | Nord                | Est         | (m slm)         | (m slm)       |
| 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      | 04/04/2010 | 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          |

### 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 11. Laboratorio campagna geognostica progressa**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | AGI/S    |          |          |            |          | ASTM     |          |          |            |          |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(m) |       | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) |
| 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    |

| 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 (t/m <sup>2</sup> ) | K (t/m <sup>2</sup> ) | Press (kPa) |
| BH2       | CI1      | 20.09        | 31     | 24     | 7      | 19.9                          | 16.4                            | 25                              | 5              | 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             | 6.6E-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        | 12.4            |           |                  |                        |                       |             |
| 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 09              | 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 31 di 195 |

#### 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.



**Tabella 12. 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |           |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 33 di 195 |

| Sondaggio | Profondità | Lotto | Data esecuzione |            | Strumentazione | Coordinate          |             | Quota sondaggio | Quota terreno |
|-----------|------------|-------|-----------------|------------|----------------|---------------------|-------------|-----------------|---------------|
|           |            |       |                 |            |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             |                 |               |
|           |            |       |                 |            |                | Nord                | Est         |                 |               |
|           | (m)        | N.    | dal             | al         |                |                     |             | (m slm)         | (m slm)       |
| 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 34 di 195 |

### 6.4.1 Prove di permeabilità

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

**Tabella 13. Prove di permeabilità campagna geognostica del P.D.**

| Sondaggio | Lefranc          |                  |                  |                  |                  | Tasca prova (m da p.c.) |       |       | Unità | Permeabilità k (m/s) | Data prova |            |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------|-------|-------|----------------------|------------|------------|
|           | Progressiva (km) | Progressiva (km) | Progressiva (km) | Progressiva (km) | Progressiva (km) | Lotto                   | 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 35 di 195 |

|      |             |             |             |                      |             |     |      |      |       |     |          |            |
|------|-------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|-----|------|------|-------|-----|----------|------------|
| 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 36 di 195 |

#### 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.



|      |     |       |       |        |     |       |       |       |       |       |      |       |        |        |       |
|------|-----|-------|-------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|-------|
| 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

|      |     |      |       |        |     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-----|------|-------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 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 |
| SD27 | CR1 | 10   | 10.4  | 10.2   | U2a |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |
| SD27 | CR2 | 20   | 20.4  | 20.2   | U2b | 14.26 | 45.79 | 21.51 | 39.95 | 18.44 | 13.67 | 44.51 | 17.06 | 41.81 | 24.75 |
| 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 | 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 |
| 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 |
| SD28 | CR1 | 13   | 13.4  | 13.2   | U1a |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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  |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| SD29 | CR2 | 28.4 | 28.7  | 28.55  | U2b | 6.67  | 58.26 | 22.51 | 35.07 | 12.56 | 5.54  | 54.89 | 21.58 | 39.57 | 17.99 |
| 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 |
| SD30 | CR1 | 6.1  | 6.7   | 6.4    | U1a |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SD30 | CR2 | 11.3 | 11.6  | 11.45  | U2  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |
| SD30 | CR3 | 18.3 | 18.6  | 18.45  | U2a |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| SD31 | C3  | 34.5 | 35    | 34.75  | U2  | 0.02  | 92.26 |       | 7.73  |       | 0     | 91.61 |       | 8.39  |       |
| 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 | 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 | 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  |
| SD34 | CR1 | 9.3  | 9.7   | 9.5    | U1  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 | 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |
| 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 |
| 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 | 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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  |
| 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 |
| 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 |
| 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  |
| SD40 | CR2 | 17.7 | 18    | 17.85  | U2  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 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 |

(\*) segue da pagina precedente



| Sondaggio | Campione | acqua+limiti |     |     |     | peso specifico       |                      |                      | compressione semplice |              |       | taglio diretto |         | compr. triassiale |         |       |             |       | prova edometrica |                      |        |       | Colonna Risonante. | Classificazione |
|-----------|----------|--------------|-----|-----|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------|-------|----------------|---------|-------------------|---------|-------|-------------|-------|------------------|----------------------|--------|-------|--------------------|-----------------|
|           |          | W            | Wl  | Wp  | Ip  | $\gamma$             | $\gamma_s$           | $\gamma_d$           | $\sigma_c$            | $\epsilon_v$ | Cuu   | c'             | $\phi'$ | c'                | $\phi'$ | Ccu   | $\phi_{cu}$ | Cuu   | Eed              | Cv                   | K      | Press | Gmax               | AASHTO          |
|           |          | (%)          | (%) | (%) | (%) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kPa)                 | (%)          | (kPa) | (kPa)          | (°)     | (kPa)             | (°)     | (kPa) | (°)         | (kPa) | (kPa)            | (cm <sup>2</sup> /s) | (cm/s) | (kPa) | (MPa)              |                 |
| 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      |              |     |     |     |                      |                      | 25.8                 |                       |              |       |                |         |                   |         |       |             |       |                  |                      |        |       |                    |                 |
| SD04      | C1       | 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 15. 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |           |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 44 di 195 |

| PROVA        | $V_{s,eq}$ [m/s] | Categoria<br>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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 45 di 195 |

## 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 46 di 195 |

**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.

### 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 esposte.

##### 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:

$$D_R = (10.297+N_{SPT} \cdot 2.4142) - (N_{SPT})^{2 \cdot 0.0181}$$

##### 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):

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





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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 48 di 195 |

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}$$

per sabbie fini

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}$$

per sabbie grosse

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

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

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

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

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

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

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

### Correlazioni dirette tra $\gamma_e$ 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.
- dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT.

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 16);

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 16)).

**Tabella 16 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente  $f_A$  (funzione dell'epoca geologica del deposito)**

| $f_A$ | Olocene | Pleistocene |
|-------|---------|-------------|
|       | 1,0     | 1,3         |

**Tabella 17 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.

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

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

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;
- grado di saturazione;



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 51 di 195 |

- 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

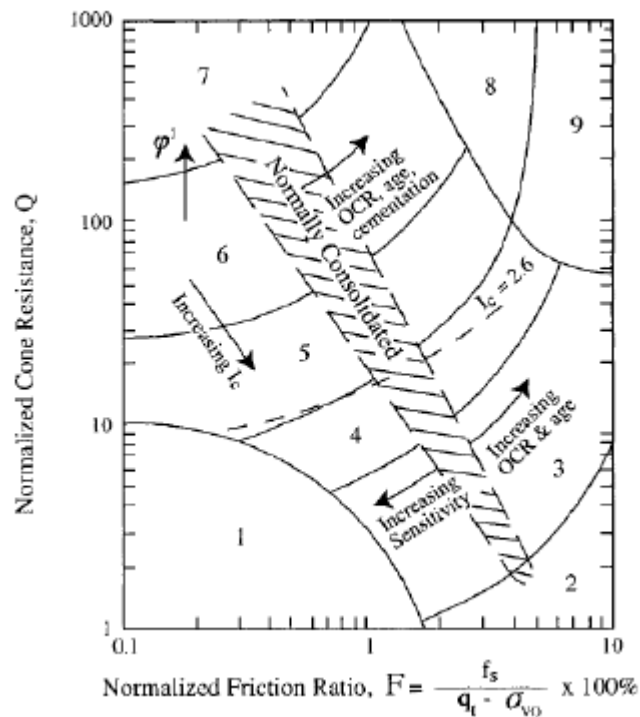
entrambe le variabili in scala logarimica. la classificazione viene fatta attraverso il calcolo dell'indice del terreno  $I_c$  con la seguente relazione:

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

dove F e Q valgono rispettivamente:

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

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



### 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 ( $E_0$ ).

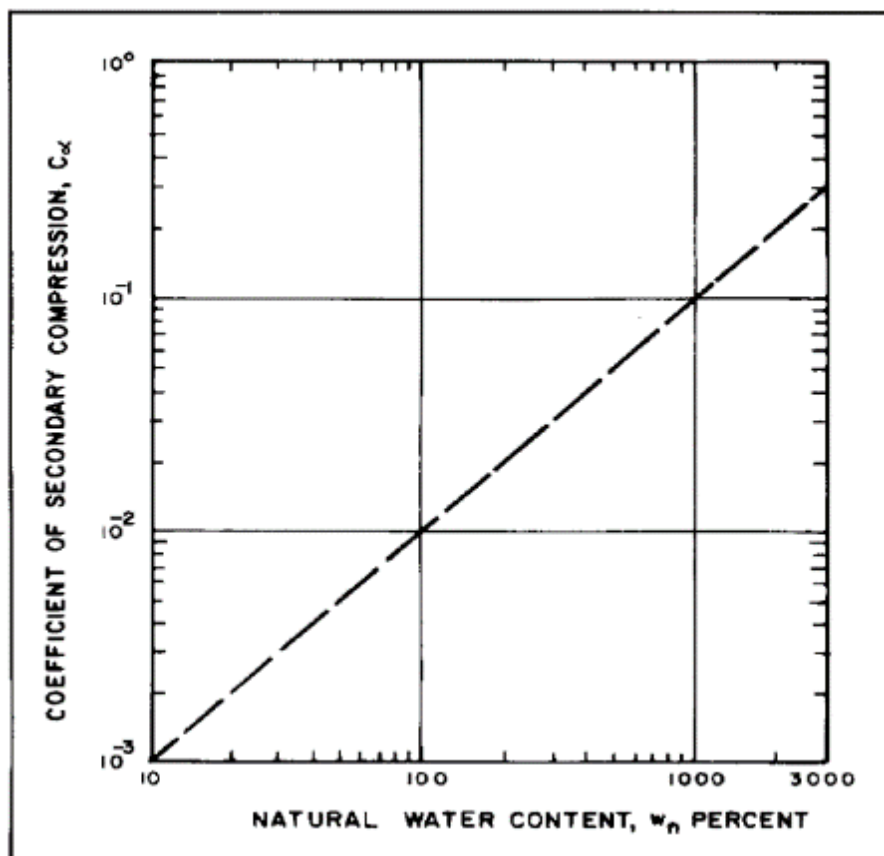
Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

### 7.3.3 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  $w_n$ .



#### 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 18. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U1.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Progressiva                         | Progressiva           | Progressiva             | Progressiva                   | Fonda       | Profondità | Numero colpi              |     |     | N <sub>60</sub> |     |
|-----------|--------|-------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------|------------|---------------------------|-----|-----|-----------------|-----|
|           |        |       | SEMPRE INTERRAMENTO PALERMO-CATANIA | STAZIONE FONTANAROSSA | STAZIONE COVER SIRACUSA | SEMPRE COLLEGAMENTO AEROPORTO |             |            | STAZIONE PALERMO SIRACUSA | (m) | (m) |                 |     |
|           |        |       | (km)                                | (km)                  | (km)                    | (km)                          | (m)         | (m)        |                           |     |     |                 |     |
| SD04      | SPT_01 | 2     | 2 + 025,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 1.2        | 1.5                       | 2   | 3   | 3               | 6   |
| SD04      | SPT_02 | 2     | 2 + 025,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 1.2        | 0.5                       | 1   | 1   | 2               | 3   |
| SD07      | SPT_01 | 2     | 1 + 575,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 3.1        | 1.5                       | 4   | 5   | 6               | 11  |
| SD07      | SPT_02 | 2     | 1 + 575,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 3.1        | 0.5                       | -   | -   | -               | 100 |
| SD07      | SPI_03 | 2     | 1 + 575,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 3.1        | 7.5                       | 3   | 6   | 3               | 11  |
| SD11      | SPT_02 | 2     | 0 + 850,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 5.9        | 4.5                       | 2   | 2   | 5               | 7   |
| SD11      | SPT_03 | 2     | 0 + 850,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 5.9        | 7.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD13      | SPT_01 | 2     | 1 + 775,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 3          | 1.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD13      | SPT_02 | 2     | 1 + 775,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 3          | 0.5                       | 2   | 1   | 3               | 5   |
| SD14      | SPT_01 | 2     | 1 + 350,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 1.80       | 1.5                       | 2   | 2   | 4               | 6   |
| SD14      | SPT_02 | 2     | 1 + 350,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 1.80       | 0.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD17      | SPI_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 0 + 325,000             | 0                             | 0           | 2.22       | 0.5                       | 3   | 3   | 22              | 21  |
| SD18      | SPT_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 250,000 | 0.9        | 1.5                       | 2   | 3   | 4               | 7   |
| SD18      | SPI_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 250,000 | 0.9        | 0.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD20      | SPI_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 475,000 | 2.80       | 1.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD20      | SPI_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 475,000 | 2.80       | 4.5                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| SD19      | SPT_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 475,000 | 2.80       | 7.5                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| 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   |
| SD20      | SPT_02 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 1 + 625,000             | 0 + 300,000 / 0 + 225,000     | 1 + 525,000 | 2.5        | 0.5                       | 2   | 1   | 3               | 5   |
| SD20      | SPT_03 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 1 + 625,000             | 0 + 300,000 / 0 + 225,000     | 1 + 525,000 | 2.5        | 7.5                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| SD21      | SPT_01 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 2 + 225,000             | 0                             | 2 + 125,000 | 2.5        | 1.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD21      | SPI_02 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 2 + 225,000             | 0                             | 2 + 125,000 | 2.5        | 0.3                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD22      | SPT_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 000,000             | 0                             | 0           | 3          | 1.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD24      | SPT_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 575,000 / 0 + 500,000     | 0           | 0.85       | 1.5                       | 1   | 4   | 4               | 8   |
| SD24      | SPI_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 575,000 / 0 + 500,000     | 0           | 0.85       | 0.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD24      | SPI_03 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 575,000 / 0 + 500,000     | 0           | 0.85       | 7.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD24      | SPT_04 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 575,000 / 0 + 500,000     | 0           | 0.85       | 10.5                      | 1   | 3   | 4               | 7   |
| SD24      | SPT_05 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 575,000 / 0 + 500,000     | 0           | 0.85       | 13.5                      | 1   | 2   | 2               | 4   |
| SD26      | SPT_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 375,000 | 9.4        | 1.5                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| SD26      | SPT_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 375,000 | 9.4        | 0.5                       | 3   | 4   | 6               | 10  |
| SD26      | SPI_03 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 375,000 | 9.4        | 7.5                       | 3   | 6   | 9               | 12  |
| SD26      | SPT_04 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 375,000 | 9.4        | 10.5                      | 3   | 6   | 11              | 20  |
| SD27      | SPI_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 650,000 | 6.1        | 1.5                       | 2   | 2   | 2               | 4   |
| SD27      | SPT_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 650,000 | 6.1        | 0.7                       | 3   | 4   | 4               | 5   |
| SD27      | SPT_03 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 650,000 | 6.1        | 7.4                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD28      | SPI_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 100,000 | 2.65       | 0.6                       | 1   | 2   | 2               | 4   |
| SD28      | SPT_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 100,000 | 2.65       | 7.5                       | 3   | 4   | 4               | 8   |
| SD29      | SPI_01 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 525,000 / 0 + 300,000     | 1 + 725,000 | 3.1        | 1.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD30      | SPI_01 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 2 + 725,000             | 0                             | 2 + 625,000 | 2.75       | 1.5                       | 1   | 2   | 2               | 4   |
| SD30      | SPT_02 | 2,3   | 0                                   | 0                     | 2 + 725,000             | 0                             | 2 + 625,000 | 2.75       | 0.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD31      | SPI_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 400,000 / 0 + 475,000     | 0           | 2.25       | 1.5                       | 1   | 2   | 2               | 4   |
| SD31      | SPT_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 400,000 / 0 + 475,000     | 0           | 2.25       | 4.5                       | 2   | 2   | 2               | 4   |
| SD31      | SPT_03 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 400,000 / 0 + 475,000     | 0           | 2.25       | 7.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD31      | SPT_04 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0 + 400,000 / 0 + 475,000     | 0           | 2.25       | 10.5                      | 2   | 3   | 4               | 7   |
| SD33      | SPT_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 200,000 | 2.15       | 1.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD33      | SPI_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 200,000 | 2.15       | 0.5                       | 3   | 3   | 4               | 7   |
| SD33      | SPT_03 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 1 + 200,000 | 2.15       | 7.5                       | 2   | 2   | 2               | 4   |
| SD34      | SPI_01 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 900,000 | 2.15       | 1.5                       | 2   | 2   | 2               | 4   |
| SD34      | SPT_02 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 900,000 | 2.15       | 0.5                       | 3   | 4   | 4               | 8   |
| SD34      | SPT_03 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 900,000 | 2.15       | 7.5                       | 1   | 2   | 2               | 4   |
| SD34      | SPT_04 | 3     | 0                                   | 0                     | 0                       | 0                             | 0 + 900,000 | 2.15       | 10.5                      | 1   | 2   | 3               | 5   |
| SD35      | SPT_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 2 + 525,000             | 0                             | 0           | 1.75       | 1.5                       | 2   | 3   | 2               | 5   |
| SD35      | SPI_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 2 + 525,000             | 0                             | 0           | 1.75       | 0.5                       | 2   | 3   | 4               | 7   |
| SD35      | SPT_03 | 2     | 0                                   | 0                     | 2 + 525,000             | 0                             | 0           | 1.75       | 7.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD36      | SPI_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 075,000             | 0                             | 0           | 3.25       | 1.4                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD36      | SPT_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 075,000             | 0                             | 0           | 3.25       | 0.5                       | 3   | 4   | 4               | 8   |
| SD37      | SPI_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 1 + 575,000 / 1 + 150,000     | 0           | 6          | 3                         | 3   | 3   | 4               | 7   |
| SD37      | SPT_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 0                       | 1 + 575,000 / 1 + 150,000     | 0           | 6          | 5.3                       | 2   | 2   | 2               | 4   |
| SD38      | SPT_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 350,000             | 0                             | 0           | 4          | 1.5                       | 2   | 2   | 3               | 5   |
| SD38      | SPT_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 350,000             | 0                             | 0           | 4          | 0.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD38      | SPT_03 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 350,000             | 0                             | 0           | 4          | 7.5                       | 3   | 7   | 9               | 18  |
| SD38      | SPI_04 | 2     | 0                                   | 0                     | 3 + 350,000             | 0                             | 0           | 4          | 10.5                      | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD40      | SPI_01 | 1     | 0                                   | 0                     | 0 + 725,000             | 0                             | 0           | 7.5        | 1.5                       | 1   | 1   | 3               | 4   |
| SD40      | SPT_02 | 1     | 0                                   | 0                     | 0 + 725,000             | 0                             | 0           | 7.5        | 0.5                       | 2   | 3   | 3               | 5   |
| SD40      | SPT_03 | 1     | 0                                   | 0                     | 0 + 725,000             | 0                             | 0           | 7.5        | 7.5                       | 1   | 7   | 11              | 18  |
| SD38      | SPT_02 | 2     | 0 + 350,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 6.2        | 5.8                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| SD38      | SPT_01 | 2     | 0                                   | 0                     | 0 + 625,000             | 0                             | 0           | 5          | 1.7                       | 2   | 3   | 5               | 8   |
| SD38      | SPT_02 | 2     | 0                                   | 0                     | 0 + 625,000             | 0                             | 0           | 5          | 5.7                       | 3   | 3   | 24              | 23  |
| 57        | SPT_01 | 2     | 1 + 175,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 5          | 2.6                       | 5   | 8   | 11              | 19  |
| 58        | SPT_01 | 2     | 1 + 100,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 5          | 2.6                       | 5   | 7   | 7               | 14  |
| RS3H      | SPT_02 | 2     | 0 + 450,000                         | 0                     | 0                       | 0                             | 0           | 10.4       | 6.2                       | 3   | 4   | 7               | 11  |



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:

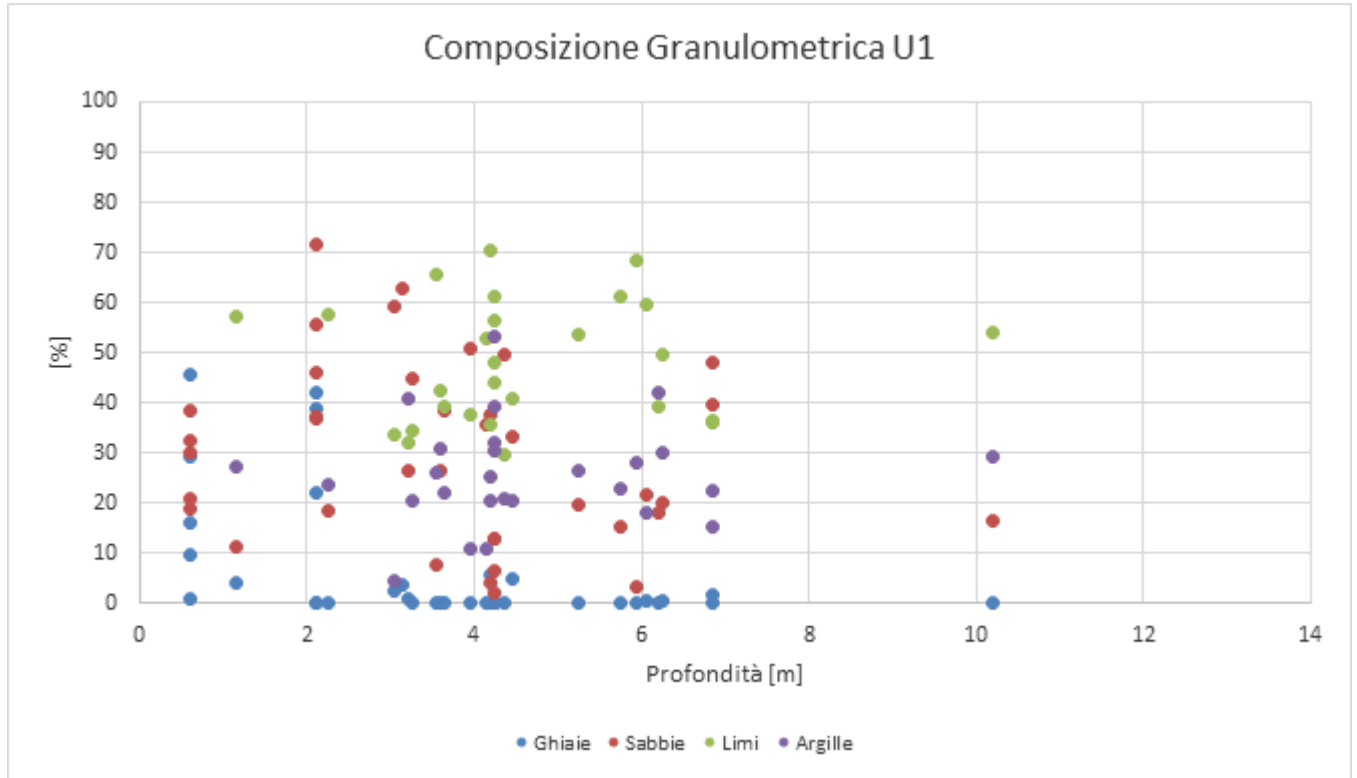
- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 45;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 3 e 72;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 21 e 98.

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:

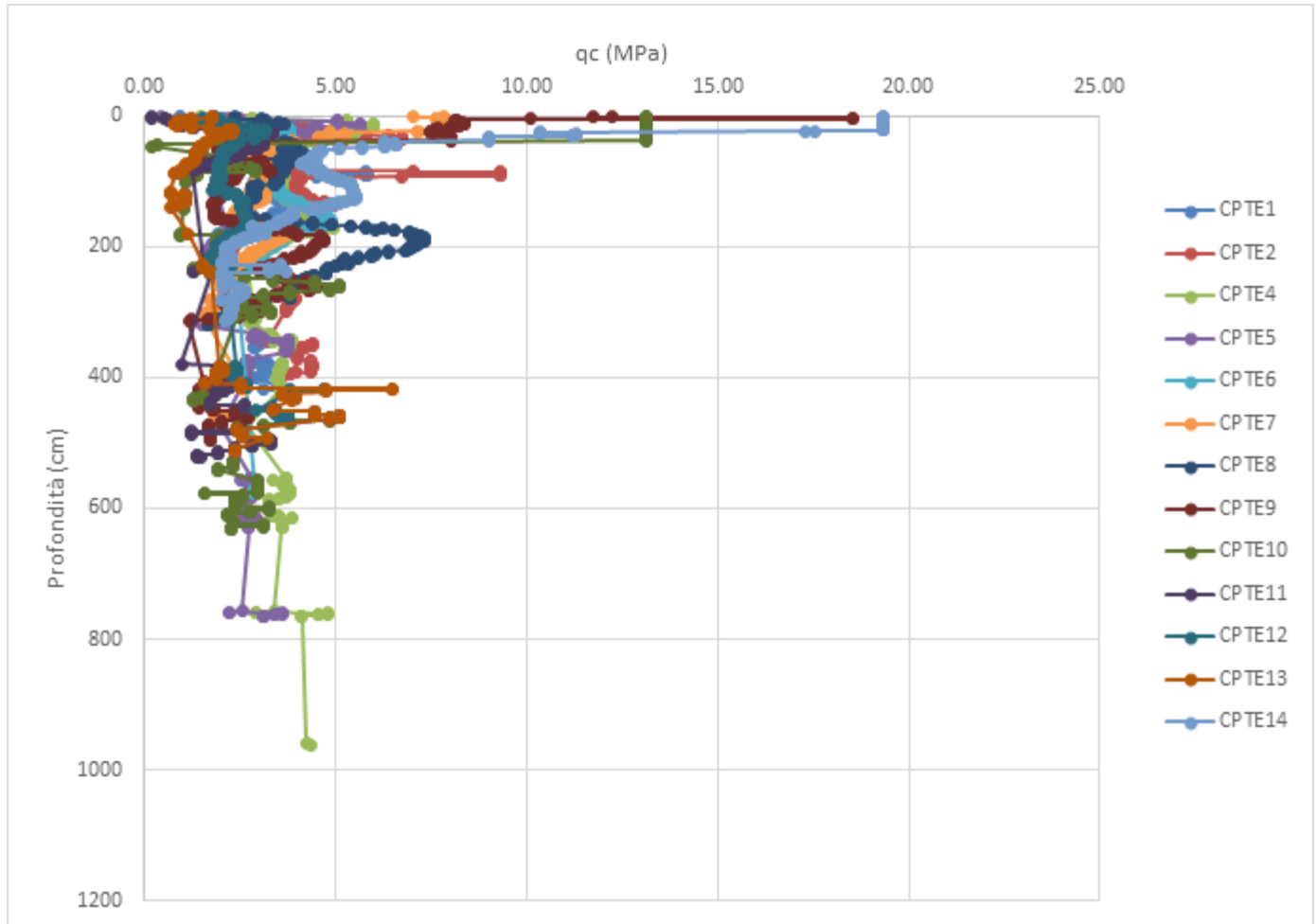
**Tabella 19. Granulometria e limiti di Atterberg per l'unità U1.**

| 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.**

Il peso di volume ricavato dai valori di  $q_c$  da prove CPT varia tra  $11.0 \text{ kN/m}^3$  a  $20.0 \text{ kN/m}^3$ , il valore medio è pari a circa  $18.5 \text{ kN/m}^3$  (Tabella 20). Nella Tabella 21 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  $20.7 \text{ kN/m}^3$ .

**Tabella 20. Valori di  $q_c$  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 | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          |
|       | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | 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             |

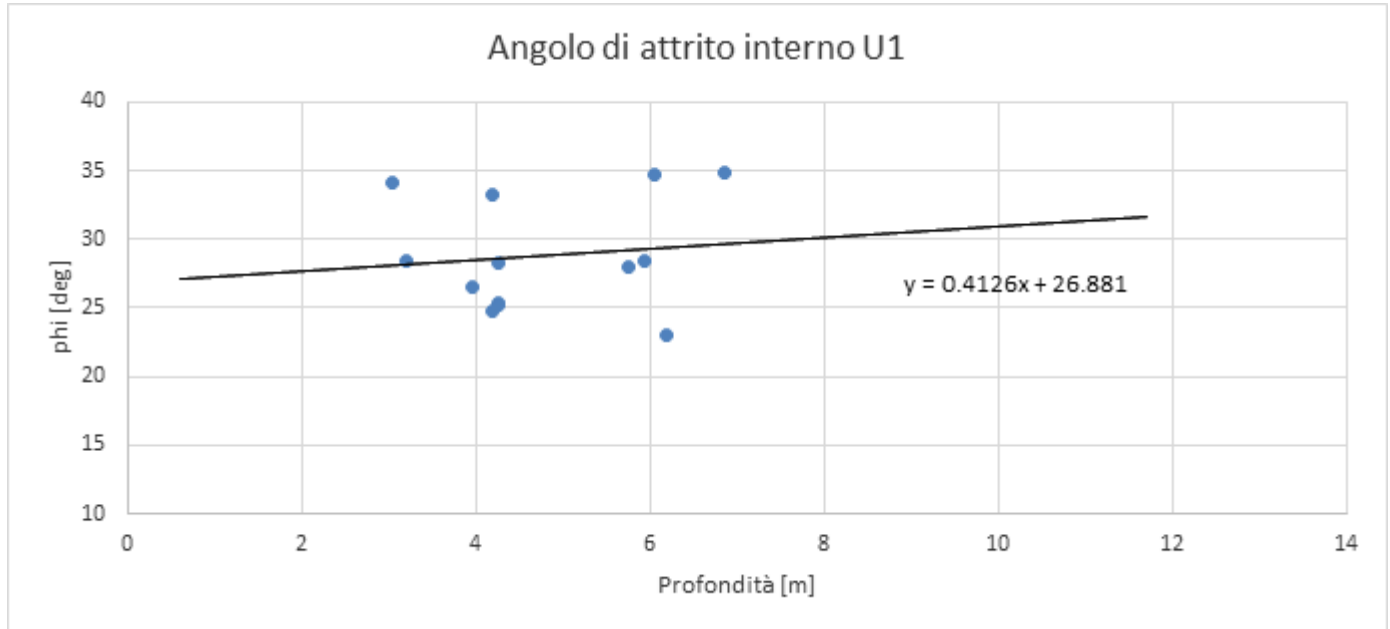
  

|       | CPT E9     |       |                   | CPT E10    |       |                   | CPT E11    |       |                   | CPT E12    |       |                   | CPT E13    |       |                   | CPT E14    |       |                   |
|-------|------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|------------|-------|-------------------|
|       | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          | Profondità | $q_c$ | $\gamma$          |
|       | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | kN/m <sup>3</sup> | [cm]       | [MPa] | 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             |

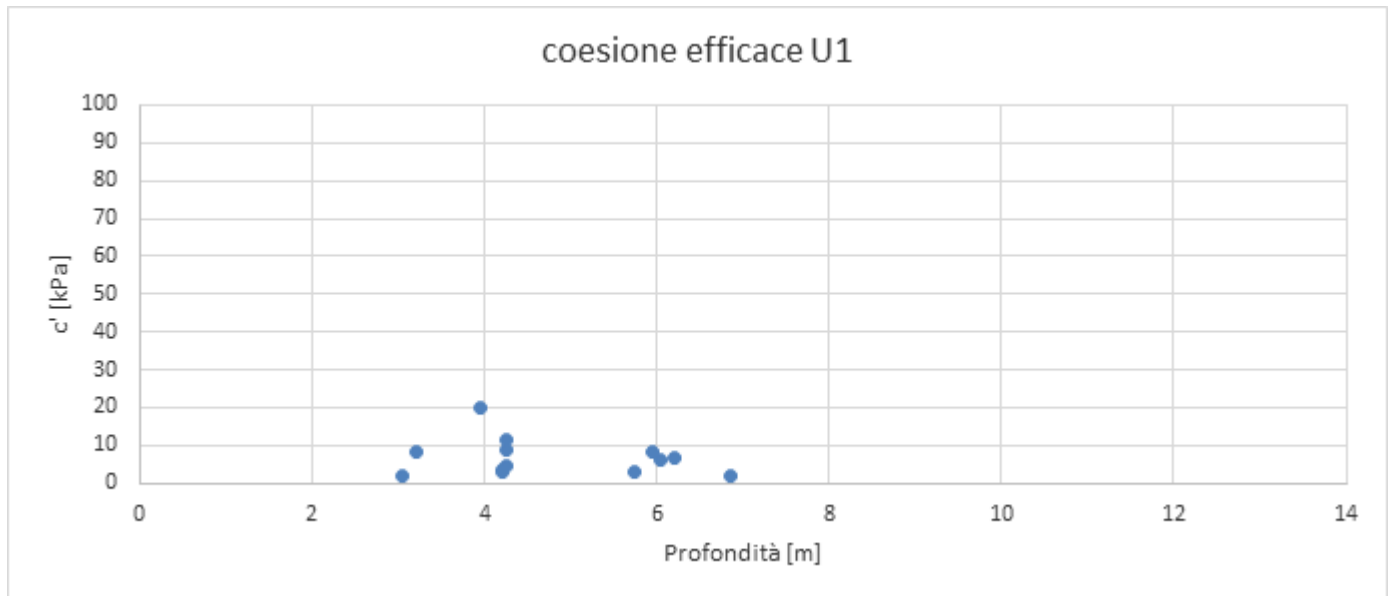
**Tabella 21. Valori del peso di volume per l'unità U1 da prove di laboratorio.**

| Sondaggio | Campione | profondità            |          |              | Unità | peso specifico                   |                                    |                                    |
|-----------|----------|-----------------------|----------|--------------|-------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|           |          | d <sub>1</sub><br>[m] | n<br>[m] | media<br>[m] |       | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_d$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_s$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
| SD04      | CR1      | 6.7                   | 7        | 6.85         | U1    |                                  |                                    | 25.8                               |
| SD07      | CR1      | 6                     | 6.5      | 6.25         | 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      | 8.6                   | 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                     | 4.5      | 4.25         | U1    | 19.1                             | 15.1                               | 26.8                               |
| SD39      | CR1      | 5.7                   | 6        | 5.85         | U1    |                                  |                                    |                                    |
| SD40      | CR1      | 3                     | 3.5      | 3.25         | U1    | 20.3                             | 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      | 7.1                   | 7.4      | 7.25         | 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       | CR2      | 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                               |



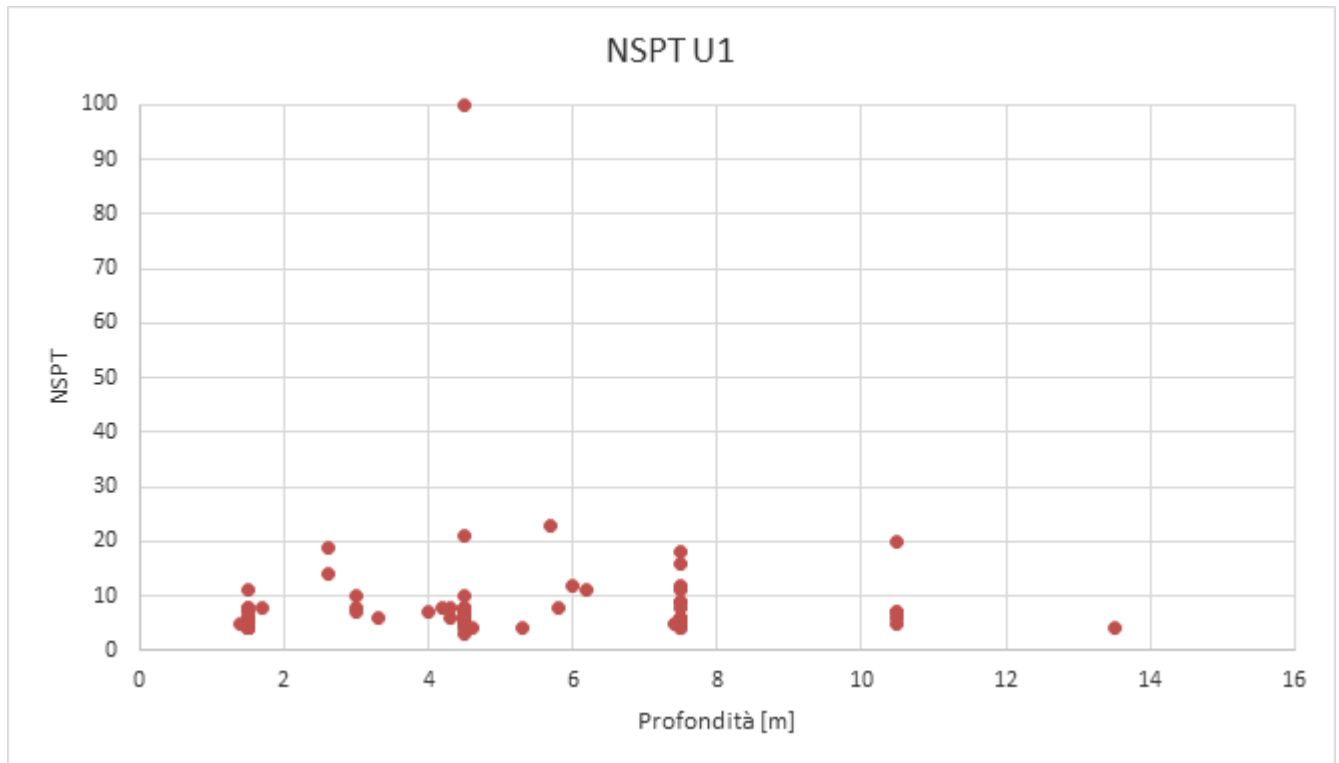


**Figura 3. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U1.**



**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 23. Stima della  $D_r$  e dell'angolo di restenza al taglio da prove SPT sull'unità U1.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | $\gamma$             | $\sigma_v$ | u     | $\sigma'_v$ | $D_r$ (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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 64 di 195 |

|      |        |     |      |       |      |       |        |       |       |
|------|--------|-----|------|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| 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.

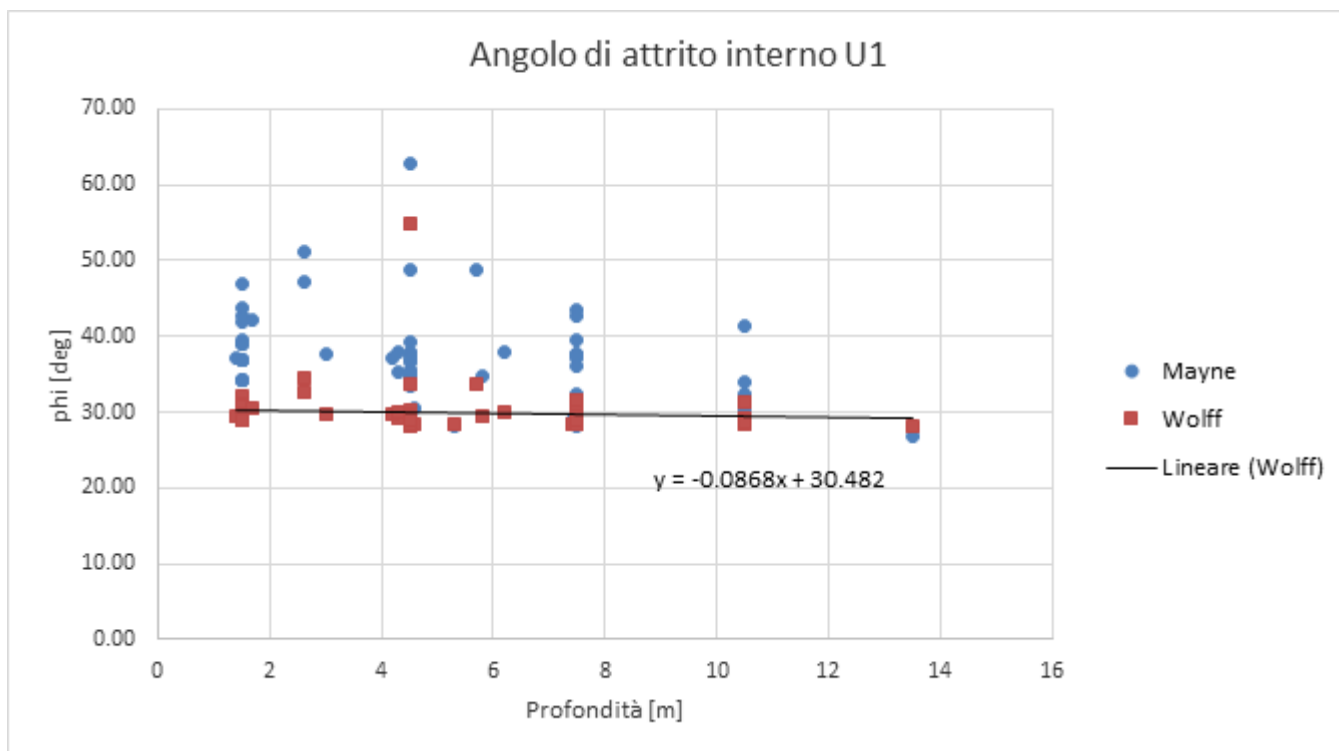


Figura 6. Valori dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT per Unità U1.

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

Tabella 24. Stima dell'angolo di resistenza al taglio da prove CPT sull'unità U1.

|       | CPTE1        |            | CPTE2        |            | CPTE4        |            | CPTE5        |            | CPTE6        |            | CPTE7        |            |
|-------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|       | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 |
|       | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    |
| 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       |

|       | CPTE8        |            | CPTE9        |            | CPTE10       |            | CPTE11       |            | CPTE12       |            | CPTE13       |            | CPTE14       |            |
|-------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|       | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 | Rob. e Camp. | Mayne 2006 |
|       | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    | $\phi'$      | $\phi'$    |
| 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 25. 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

| 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 26. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U1.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Yoshida et al. |             |             |
|-----------|--------|-------|----------------|-------------|-------------|
|           |        |       | Vs<br>m/s      | Go<br>(kPa) | Eo<br>(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

### Caratteristiche di permeabilità

In corrispondenza dell'unità in esame sono disponibili prove di permeabilità tipo Lefranc, che hanno dato valori di permeabilità compresi fra  $4.9 \text{ E}^{-08} \text{ m/s}$  e  $1.4 \text{ E}^{-05} \text{ m/s}$ ; 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  $2 \text{ E}^{-06} \text{ m/s}$ .

**Tabella 27. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U1.**

| Sondaggio | Progressiva | Progressiva | Progressiva | Progressiva       | Progressiva | Lotto | Tasca prova (m da p.c.) |       |       | Falda       | Unità | Permeabilità k (m/s) | Data prova |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------------|-------|----------------------|------------|
|           | (km)        | (km)        | (km)        | (km)              | (km)        |       | Tetto                   | Letto | Media | (m da p.c.) |       |                      |            |
| 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 un'apercentuale 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         | a    | media |       | $E_{ed}$         | $C_v$                      | K                 | Press |
|           |          | (m)        | (m)  | (m)   |       | (kPa)            | ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) | ( $\text{cm/s}$ ) | (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   |



## 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

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

## 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 rinvencono 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 28. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U1a.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Progressiva                       | Progressiva           | Progressiva               | Progressiva                   | Progressiva               | falda | Profondità | Numero colpi |    |    | N <sub>63.5</sub> |
|-----------|--------|-------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------|------------|--------------|----|----|-------------------|
|           |        |       | 00/01 INTERAMBITO PALERMO-CATANIA | STAZIONE FONTANAROSSA | STAZIONE CATANIA-BIRACUSA | 00/01 COLLEGAMENTO INTERPORTO | ORBITOLA PALERMO-SIRACUSA |       |            |              |    |    |                   |
|           |        |       | (km)                              | (km)                  | (km)                      | (km)                          | (km)                      | (m)   | Media      |              |    |    |                   |
| S004      | SPT_03 | 2     | 2 + 625,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 3,2   | 7,5        | 2            | 3  | 3  | 6                 |
| S011      | SPT_01 | 2     | 0 + 850,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5,9   | 1,5        | 4            | 6  | 7  | 13                |
| S013      | SPT_03 | 2     | 1 + 725,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 3     | 7,5        | 2            | 2  | 2  | 4                 |
| S015      | SPT_01 | 2     | 0 + 575,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 6,55  | 1,5        | 5            | 6  | 8  | 14                |
| S015      | SPT_02 | 2     | 0 + 575,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 6,55  | 4,5        | 3            | 6  | 7  | 13                |
| S017      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 525,000               | 0                             | 0                         | 5,13  | 7,5        | 6            | 6  | 6  | 14                |
| S017      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 925,000               | 0                             | 0                         | 5,13  | 10,5       | 4            | 5  | 7  | 12                |
| S018      | SPT_03 | 3     | 0                                 | 0                     | 0                         | 0                             | 1 + 250,000               | 0,9   | 7,5        | 2            | 5  | 5  | 10                |
| S018      | SPT_04 | 3     | 0                                 | 0                     | 0                         | 0                             | 1 + 250,000               | 0,9   | 10,5       | 1            | 3  | 5  | 8                 |
| S021      | SPT_03 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 2 + 225,000               | 0                             | 2 + 125,000               | 2,5   | 7,5        | 4            | 6  | 6  | 12                |
| S021      | SPT_04 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 2 + 225,000               | 0                             | 2 + 125,000               | 2,5   | 10,5       | 6            | 9  | 11 | 20                |
| S021      | SPT_05 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 2 + 225,000               | 0                             | 2 + 125,000               | 2,5   | 13,5       | 7            | 12 | 11 | 23                |
| S022      | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 900,000               | 0                             | 0                         | 3     | 4,5        | 4            | 4  | 5  | 9                 |
| S022      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 900,000               | 0                             | 0                         | 3     | 7,5        | 3            | 4  | 4  | 8                 |
| S022      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 900,000               | 0                             | 0                         | 3     | 10,5       | 5            | 6  | 6  | 14                |
| S023      | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 0                         | 575,000 / 0 + 500,0           | 0                         | 2,35  | 1,5        | 2            | 3  | 3  | 6                 |
| S023      | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0                         | 575,000 / 0 + 500,0           | 0                         | 2,35  | 4,5        | 2            | 2  | 1  | 3                 |
| S023      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 0                         | 575,000 / 0 + 500,0           | 0                         | 2,35  | 7,5        | 2            | 2  | 3  | 5                 |
| S025      | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 1 + 275,000               | 0                             | 0                         | 7,59  | 5          | 3            | 4  | 6  | 10                |
| S025      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 1 + 275,000               | 0                             | 0                         | 7,59  | 7,5        | 3            | 4  | 7  | 11                |
| S028      | SPT_04 | 3     | 0                                 | 0                     | 0                         | 0                             | 1 + 300,000               | 2,85  | 10,2       | 3            | 5  | 5  | 10                |
| S028      | SPT_05 | 3     | 0                                 | 0                     | 0                         | 0                             | 1 + 300,000               | 2,85  | 13,5       | 6            | 9  | 11 | 22                |
| S029      | SPT_02 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 0                         | 025,000 / 0 + 100,0           | 1 + 725,000               | 3,1   | 5          | 1            | 3  | 3  | 6                 |
| S029      | SPT_03 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 0                         | 025,000 / 0 + 100,0           | 1 + 725,000               | 3,1   | 7,5        | 3            | 4  | 3  | 7                 |
| S029      | SPT_04 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 0                         | 025,000 / 0 + 100,0           | 1 + 725,000               | 3,1   | 10,5       | 2            | 4  | 5  | 9                 |
| S030      | SPT_03 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 2 + 725,000               | 0                             | 2 + 675,000               | 3,75  | 7,5        | 2            | 5  | 6  | 11                |
| S030      | SPT_04 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 2 + 725,000               | 0                             | 2 + 675,000               | 3,75  | 10,5       | 4            | 6  | 8  | 14                |
| S032      | SPT_01 | 2     | 1 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 3,5   | 3          | 2            | 2  | 3  | 5                 |
| S032      | SPT_02 | 2     | 1 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 3,5   | 6          | 2            | 3  | 3  | 6                 |
| S035      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                     | 2 + 925,000               | 0                             | 0                         | 3,75  | 10,5       | 5            | 6  | 6  | 12                |
| S035      | SPT_05 | 2     | 0                                 | 0                     | 2 + 925,000               | 0                             | 0                         | 3,75  | 13,5       | 4            | 4  | 6  | 10                |
| S038      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 075,000               | 0                             | 0                         | 3,15  | 7,5        | 5            | 7  | 9  | 16                |
| S038      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 075,000               | 0                             | 0                         | 3,15  | 10,5       | 7            | 9  | 10 | 19                |
| S038      | SPT_01 | 2     | 0 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 2,35  | 3          | 2            | 3  | 3  | 6                 |
| S038      | SPT_02 | 2     | 0 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 2,35  | 6          | 3            | 4  | 4  | 8                 |
| S038      | SPT_03 | 2     | 0 + 390,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 6,2   | 1,8        | 3            | 4  | 7  | 11                |
| S038      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 625,000               | 0                             | 0                         | 5     | 5,7        | 3            | 5  | 6  | 11                |
| S1        | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 18,5  | 2,7        | 3            | 4  | 7  | 11                |
| S1        | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 18,5  | 6,7        | 2            | 6  | 9  | 15                |
| S2        | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 18,7  | 3,3        | 3            | 5  | 6  | 11                |
| S2        | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 18,7  | 6,2        | 2            | 3  | 5  | 8                 |
| S3        | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 6     | 4,1        | 2            | 6  | 9  | 15                |
| S3        | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 200,00                | 0                             | 0                         | 6     | 6,3        | 2            | 7  | 9  | 16                |
| S4        | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 150,000               | 0                             | 0                         | 19,5  | 4,4        | 2            | 3  | 5  | 8                 |
| S4        | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 150,000               | 0                             | 0                         | 19,5  | 9,9        | 3            | 5  | 8  | 13                |
| S5        | SPT_01 | 2     | 0 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5     | 2,6        | 6            | 11 | 19 | 30                |
| S5        | SPT_02 | 2     | 0 + 690,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5     | 4,6        | 6            | 9  | 13 | 22                |
| S6        | SPT_01 | 2     | 0 + 325,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5     | 2,6        | 4            | 6  | 6  | 12                |
| S6        | SPT_02 | 2     | 0 + 325,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5     | 5,8        | 5            | 7  | 10 | 17                |
| S843      | SPT_01 | 2     | 0 + 450,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 10,4  | 3,4        | 3            | 5  | 7  | 12                |
| S843      | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 0 + 500,000               | 0                             | 0                         | 7     | 6,3        | 3            | 3  | 5  | 8                 |
| S844      | SPT_02 | 2     | 1 + 490,000                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 5,4   | 9,2        | 4            | 6  | 8  | 14                |
| S845      | SPT_02 | 2     | 2 + 487,800                       | 0                     | 0                         | 0                             | 0                         | 2,3   | 5,9        | 3            | 4  | 5  | 9                 |
| S847      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 570,000               | 0                             | 0                         | 3,9   | 12         | 5            | 7  | 9  | 16                |
| S1a       | SPT_02 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 1 + 984,800               | 0                             | 1 + 982,690               | 4,4   | 8          | 3            | 5  | 5  | 10                |
| S1a       | SPT_03 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 1 + 984,800               | 0                             | 1 + 982,690               | 4,4   | 9          | 5            | 9  | 10 | 19                |
| S1c       | SPT_04 | 2,3   | 0                                 | 0                     | 1 + 964,000               | 0                             | 1 + 962,690               | 4,4   | 12         | 6            | 9  | 9  | 18                |
| S2a       | SPT_01 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 000,000               | 0                             | 0                         | 6,1   | 1,5        | 5            | 8  | 8  | 16                |
| S2a       | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 000,000               | 0                             | 0                         | 6,1   | 8          | 4            | 7  | 7  | 14                |
| S2a       | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                     | 3 + 000,000               | 0                             | 0                         | 6,1   | 9          | 8            | 12 | 16 | 28                |

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:

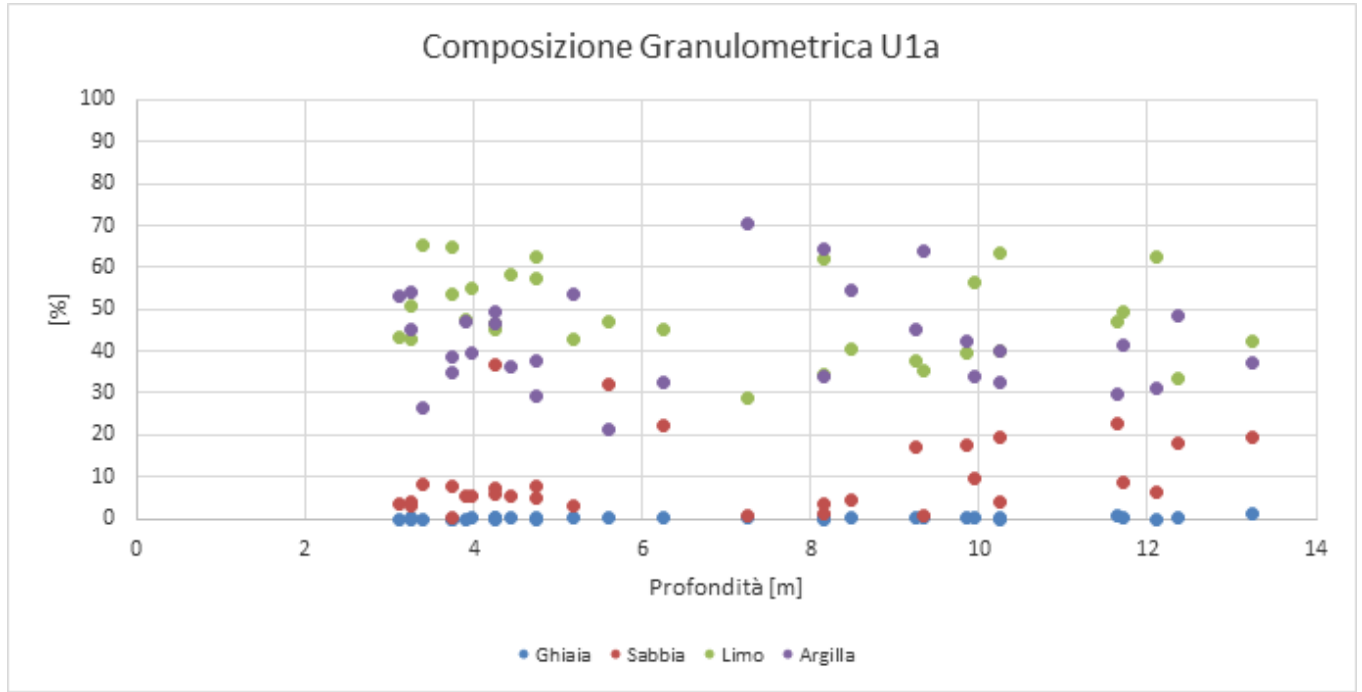
- percentuale di ghiaia generalmente compresa fra 0 e 1;
- percentuale di sabbia generalmente compresa fra 0 e 42;
- percentuale di fine (L+A) generalmente compresa fra 58 e 99.

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

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | AGI/S    |          |          |            |          | ASTM     |          |          |            |          | acqua+limiti |           |           |           |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(m) |       | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) | W<br>(%)     | Wl<br>(%) | Wp<br>(%) | Ip<br>(%) |
| 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       | 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     | 26.57        | 39        | 14        | 25        |
| 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    | 32.91        | 35        | 22        | 13        |
| 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    | 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        |



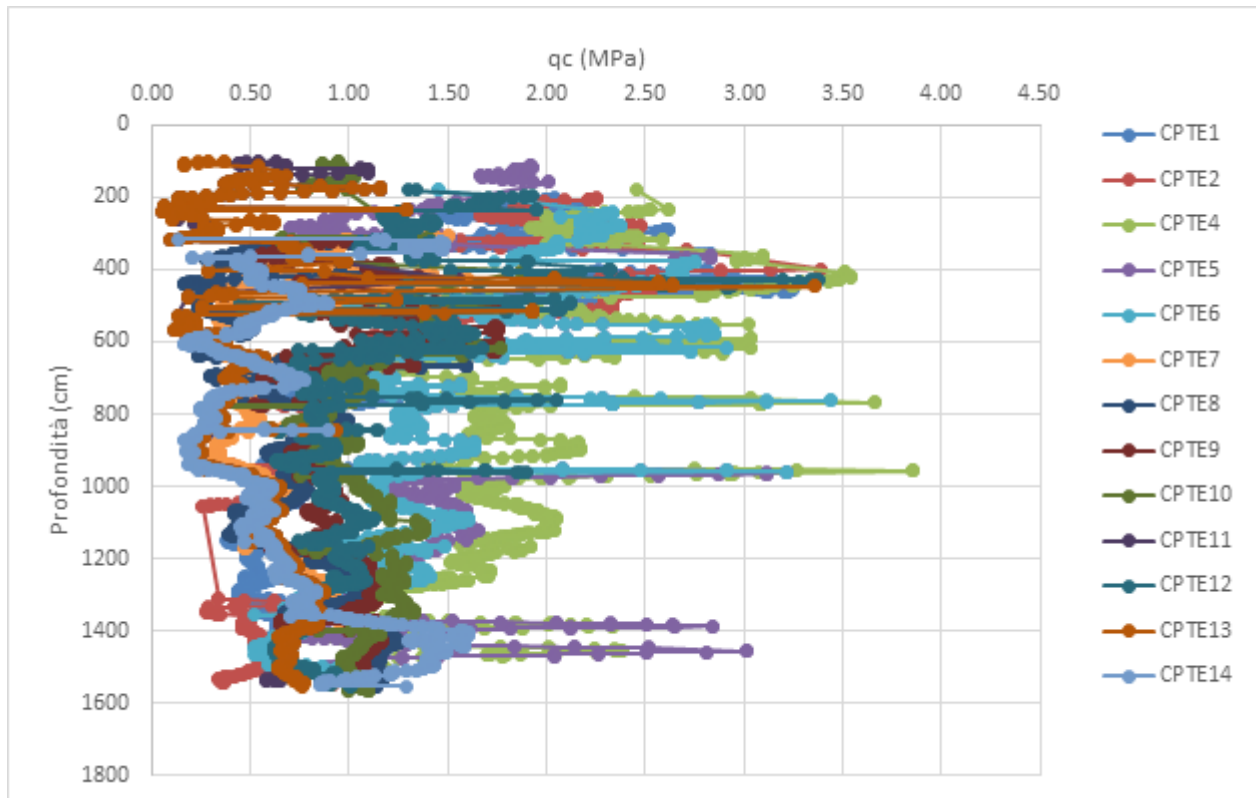
**Figura 7. Composizione Granulometrica Unità U1a.**

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

**Tabella 30. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U1a.**

| Sondaggio | Campione | profondità |      |       | Unità | peso specifico       |                      |                      |
|-----------|----------|------------|------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          | da         | a    | media |       | γ                    | γ <sub>d</sub>       | γ <sub>s</sub>       |
|           |          | (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  $18.0 \text{ kN/m}^3$ .

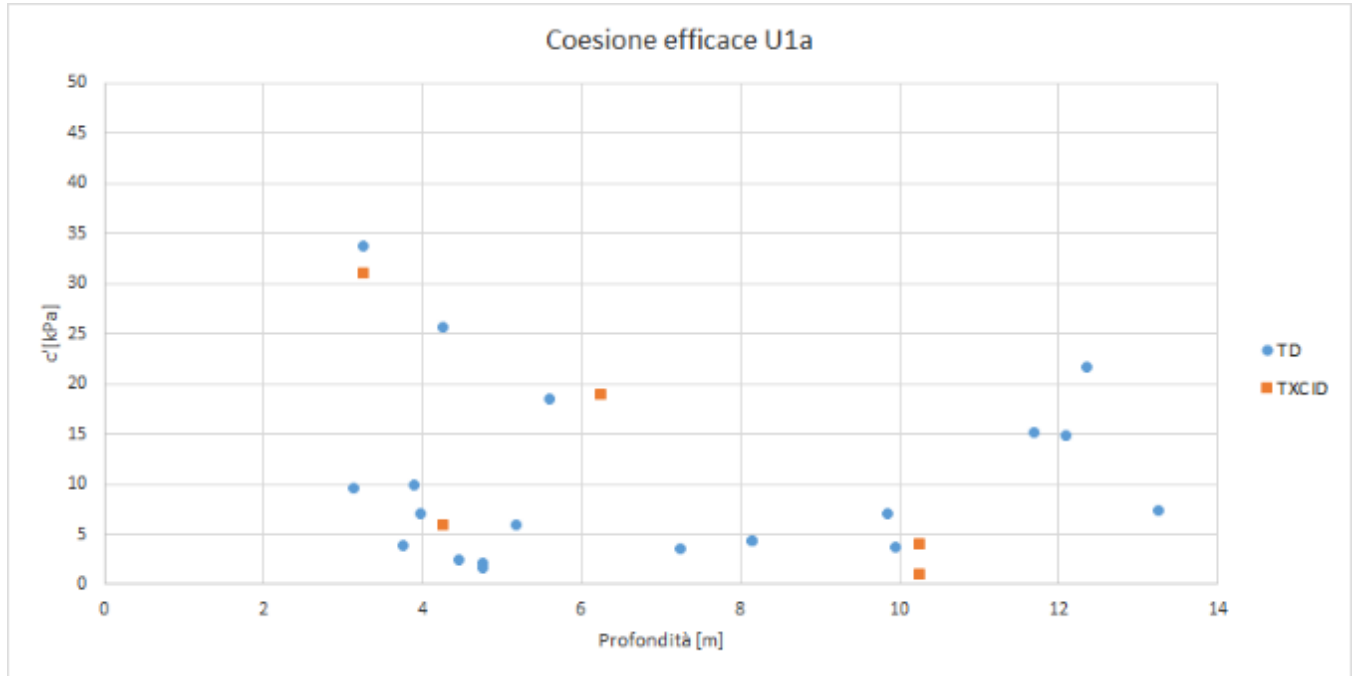
**Tabella 31. Valori di  $q_c$  e stima del peso di volume per l'unità U1a.**

|              | CPTe1              |                |                               | CPTe2              |                |                               | CPTe4              |                |                               | CPTe5              |                |                               | CPTe6              |                |                               | CPTe7              |                |                               | CPTe8              |                |                               |
|--------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|
|              | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> |
| <b>max</b>   | 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                         |
| <b>min</b>   | 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                         |
| <b>media</b> | 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                         |

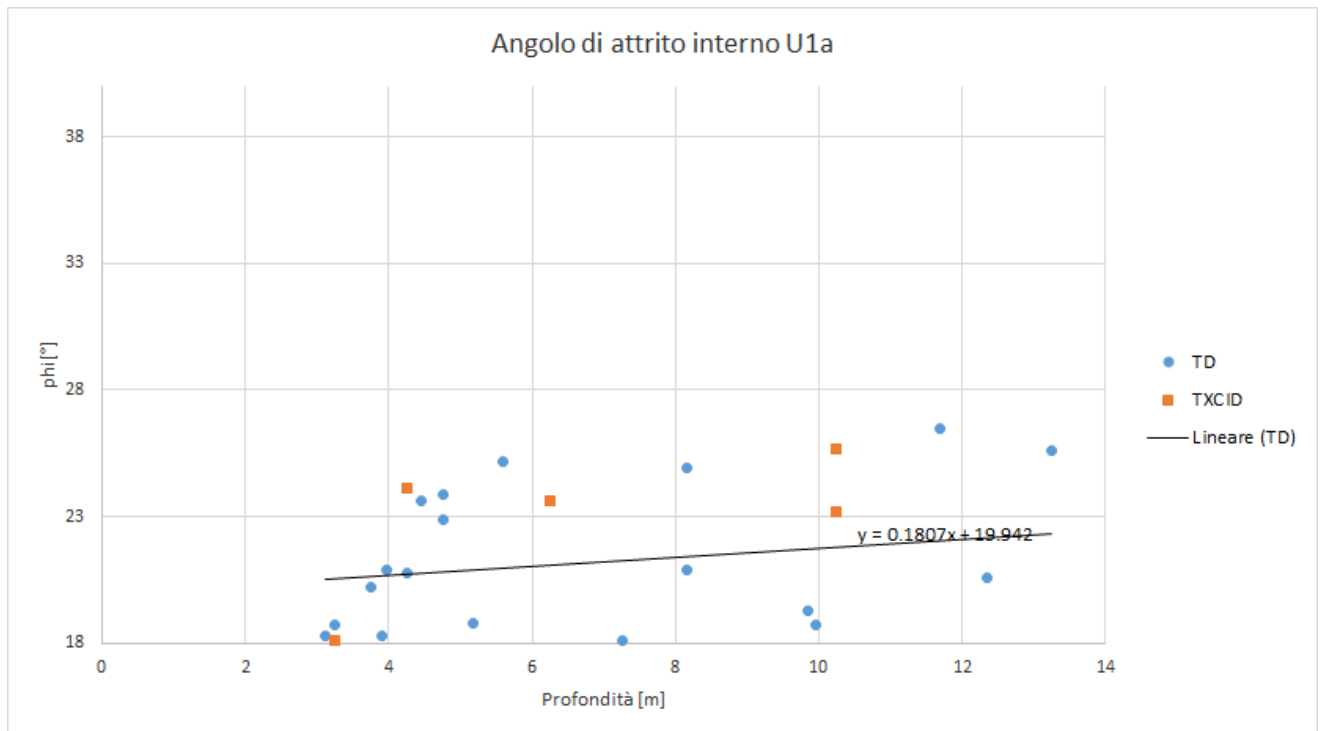
  

|              | CPTe9              |                |                               | CPTe10             |                |                               | CPTe11             |                |                               | CPTe12             |                |                               | CPTe13             |                |                               | CPTe14             |                |                               |
|--------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|
|              | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | Profondità<br>[cm] | $q_c$<br>[MPa] | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> |
| <b>max</b>   | 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                         |
| <b>min</b>   | 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                         |
| <b>media</b> | 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                         |





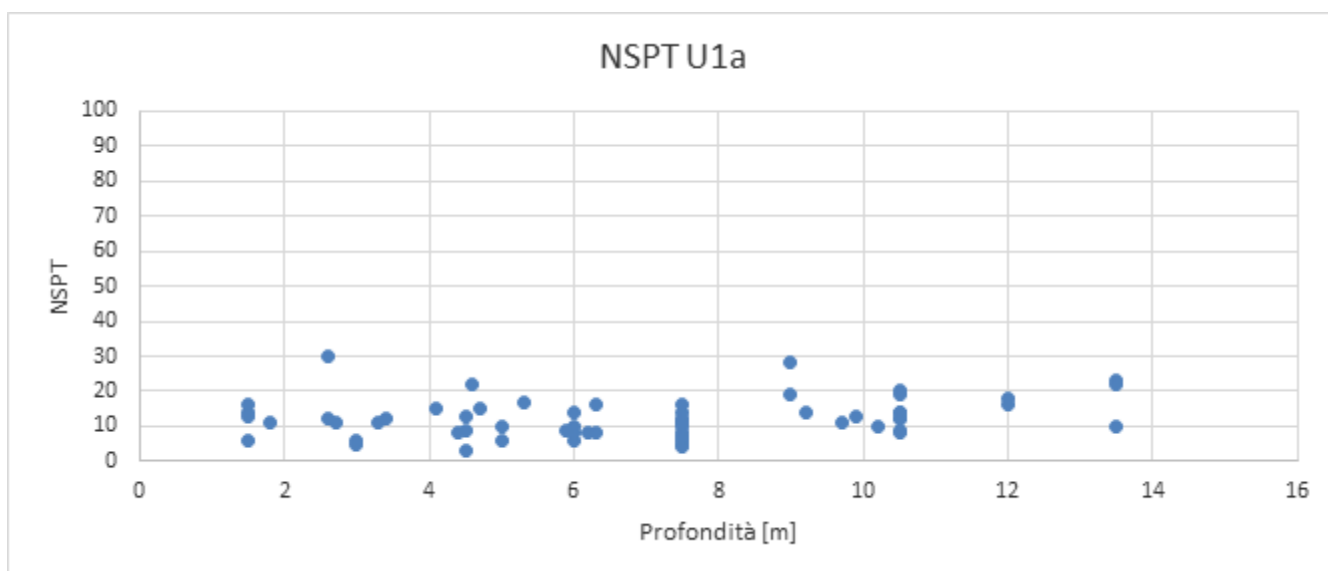
**Figura 9. Valori della coesione efficace per Unità U1a.**



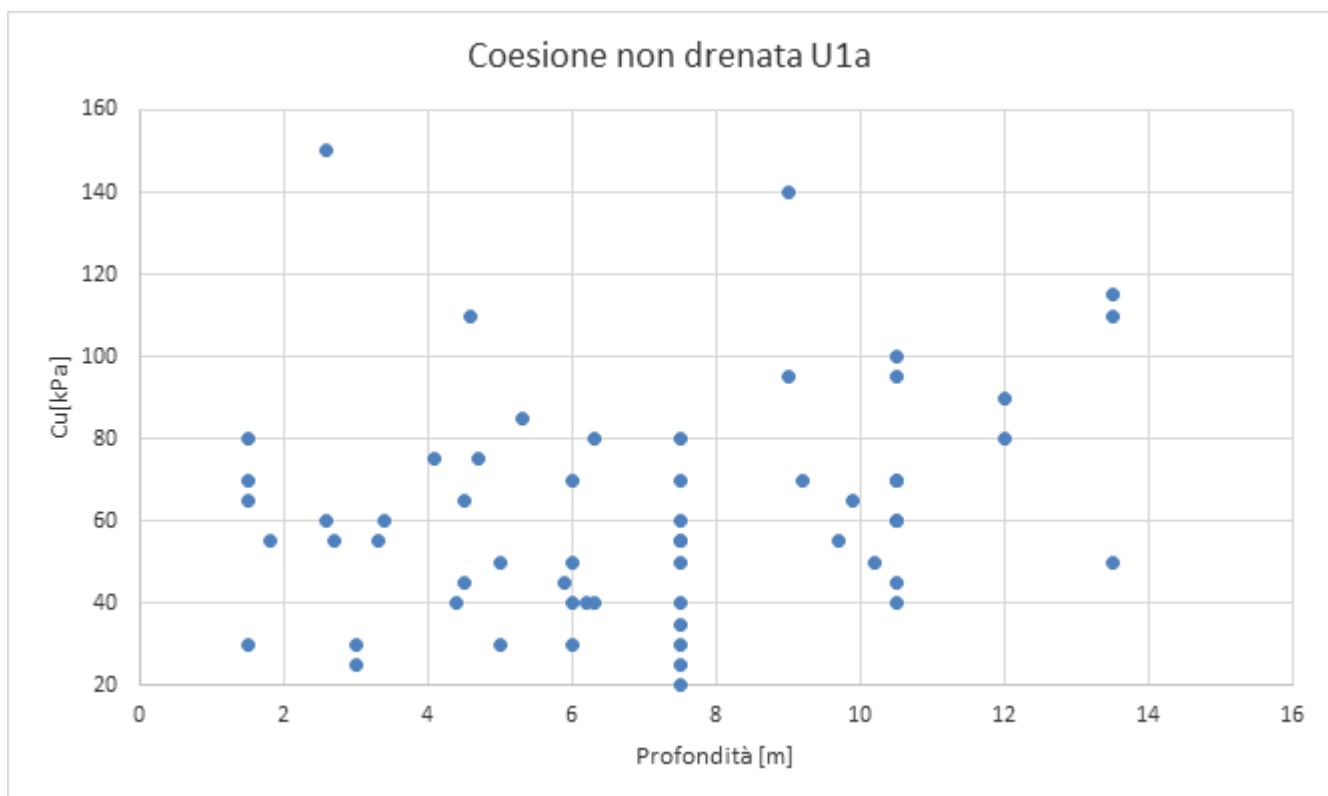
**Figura 10. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U1a.**



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 33. 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |           |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 82 di 195 |

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

**Tabella 34. 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    | Cu    | Cu    | Cu     | Cu     | Cu     | Cu     | Cu     | Cu     |
|       | kPa   | kPa   | kPa   | kPa   | kPa   | kPa   | kPa   | kPa   | 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 35. 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 |



**Tabella 36. 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |           |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 86 di 195 |

### 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 37. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U1a.**

| Sondaggio | Progressiva (km) |             |             |                       |             | Lotto | Tasca prova (m da p.c.) |       |       | Falda (m da p.c.) | Unità | Permeabi (m/s) | Data prova |
|-----------|------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------------------|-------|----------------|------------|
|           | 1                | 2           | 3           | 4                     | 5           |       | 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  $E_{ed}$ , coefficiente di consolidazione verticale  $C_v$  e permeabilità  $k$ .

| Sondaggio | Campione | profondità |      |       | Unità | prova edometrica |              |            |       |
|-----------|----------|------------|------|-------|-------|------------------|--------------|------------|-------|
|           |          | da         | a    | media |       | $E_{ed}$         | $C_v$        | K          | Press |
|           |          | (m)        | (m)  | (m)   |       | (kPa)            | ( $cm^2/s$ ) | ( $cm/s$ ) | (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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO    |
|----------|-------|----------|--------------|------|-----------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 87 di 195 |

### 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

$$k = 7 \cdot 10^{-07} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$



## 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 38. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U2.**

| Sensaggio | Prova  | Lotto | Progressiva                       |                      |                          |                                  |                          | Fonda (m)   | Profondità (m) | Numero colpi |    |    | N <sub>60</sub> |    |
|-----------|--------|-------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|--------------|----|----|-----------------|----|
|           |        |       | AVVIA BENTONITATO PALERMO-CATANIA | AVVIAIP FONTANAROSSA | AVVIAIA CATANIA SIRACUSA | AVVIAIP-DALL'AVVIAIP BENTONITATO | AVVIAIA PALERMO SIRACUSA |             |                |              |    |    |                 |    |
|           |        |       | (km)                              | (cm)                 | (km)                     | (km)                             | (km)                     |             | Media (m)      |              |    |    |                 |    |
| SE04      | SPT_05 | 3     | 2 + 025,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1.3         | 13.5           | 6            | 11 | 13 | 24              |    |
| SE04      | SPT_06 | 2     | 2 + 025,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1.2         | 19.5           | 10           | -  | -  | 100             |    |
| SE04      | SPT_07 | 3     | 2 + 025,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1.3         | 13.5           | 23           | -  | -  | 100             |    |
| SE04      | SPT_08 | 2     | 2 + 025,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1.2         | 22.5           | 18           | 22 | 26 | 45              |    |
| SE07      | SPT_09 | 2     | 1 + 575,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 3.1         | 20.5           | 6            | 12 | 12 | 25              |    |
| SE11      | SPT_05 | 7     | 0 + 850,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 5.9         | 14.5           | 3            | 5  | 9  | 14              |    |
| SE11      | SPT_07 | 2     | 0 + 850,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 5.0         | 20.5           | 2            | 4  | 8  | 22              |    |
| SE11      | SPT_08 | 7     | 1 + 775,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 3           | 10.5           | 15           | 16 | 8  | 24              |    |
| SE11      | SPT_07 | 2     | 1 + 775,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 3           | 20.5           | 5            | 9  | 14 | 22              |    |
| SE11      | SPT_08 | 7     | 1 + 775,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 3           | 20.5           | 6            | 10 | 15 | 25              |    |
| SE17      | SPT_05 | 2     | 0                                 | 0                    | 0 + 525,000              | 0                                | 0                        | 2.55        | 24.5           | 4            | 7  | 11 | 22              |    |
| SE17      | SPT_10 | 2     | 0                                 | 0                    | 0 + 025,000              | 0                                | 0                        | 5.13        | 27.5           | 7            | 9  | 9  | 18              |    |
| SE18      | SPT_06 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 250,000 | 0.0            | 18.5         | 2  | 4  | 10              | 14 |
| SE18      | SPT_02 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 250,000 | 0.9            | 19.5         | 2  | 3  | 6               | 9  |
| SE18      | SPT_03 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 250,000 | 0.0            | 22.5         | 4  | 8  | 11              | 20 |
| SE18      | SPT_04 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 250,000 | 0.9            | 25.5         | 6  | 11 | 16              | 27 |
| SE19      | SPT_09 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 475,000 | 2.89           | 25.5         | 10 | 13 | 12              | 25 |
| SE19      | SPT_10 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 475,000 | 2.89           | 45.5         | 8  | 11 | 12              | 22 |
| SE22      | SPT_05 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 060,000              | 0                                | 0                        | 3           | 15.5           | 1            | 2  | 3  | 5               |    |
| SE22      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 060,000              | 0                                | 0                        | 3           | 22.5           | 2            | 3  | 2  | 5               |    |
| SE24      | SPT_09 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 575,000 / 0 + 500,0          | 0                        | 2.15        | 25.5           | 16           | 25 | 31 | 56              |    |
| SE24      | SPT_06 | 7     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 975,000 / 0 + 900,0          | 0                        | 0.85        | 10.5           | 2            | 4  | 6  | 10              |    |
| SE24      | SPT_07 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 975,000 / 0 + 900,0          | 0                        | 0.85        | 20.5           | 4            | 6  | 8  | 22              |    |
| SE24      | SPT_08 | 7     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 975,000 / 0 + 900,0          | 0                        | 0.85        | 20.5           | 8            | 11 | 16 | 27              |    |
| SE25      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                    | 1 + 275,000              | 0                                | 0                        | 7.39        | 20.5           | 3            | 5  | 8  | 20              |    |
| SE25      | SPT_05 | 7     | 0                                 | 0                    | 1 + 275,000              | 0                                | 0                        | 7.99        | 13.5           | 3            | 4  | 4  | 8               |    |
| SE25      | SPT_08 | 2     | 0                                 | 0                    | 1 + 275,000              | 0                                | 0                        | 7.39        | 20.5           | 2            | 4  | 5  | 9               |    |
| SE26      | SPT_05 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 175,000 | 5.4            | 13.5         | 4  | 6  | 8               | 12 |
| SE26      | SPT_06 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 175,000 | 9.4            | 19.5         | 8  | 4  | 5               | 9  |
| SE26      | SPT_09 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 175,000 | 5.4            | 25.5         | 4  | 8  | 5               | 17 |
| SE27      | SPT_07 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 850,000 | 6.1            | 20.5         | 2  | 2  | 4               | 6  |
| SE28      | SPT_06 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 100,000 | 2.85           | 14.5         | 4  | 6  | 9               | 15 |
| SE28      | SPT_07 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 200,000 | 2.85           | 19.4         | 5  | 6  | 8               | 14 |
| SE28      | SPT_08 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 100,000 | 2.85           | 25.5         | 6  | 9  | 12              | 22 |
| SE29      | SPT_05 | 2,5   | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 25,000 / 0 + 100,0           | 1 + 75,000               | 5.1         | 15.5           | 3            | 5  | 4  | 9               |    |
| SE29      | SPT_06 | 1,1   | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 25,000 / 0 + 100,0           | 1 + 75,000               | 3.1         | 18.5           | 4            | 6  | 8  | 14              |    |
| SE30      | SPT_05 | 2,5   | 0                                 | 0                    | 2 + 725,000              | 0                                | 2 + 525,000              | 8.75        | 15.5           | 4            | 6  | 6  | 12              |    |
| SE30      | SPT_06 | 1,1   | 0                                 | 0                    | 2 + 725,000              | 0                                | 2 + 525,000              | 1.75        | 18.5           | 5            | 7  | 5  | 16              |    |
| SE32      | SPT_05 | 2     | 1 + 050,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 8.5         | 35             | 2            | 4  | 4  | 8               |    |
| SE32      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 200,00  | 2.25           | 20.4         | 5  | 8  | 11              | 17 |
| SE34      | SPT_05 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 200,00  | 2.25           | 14.5         | 4  | 7  | 9               | 16 |
| SE34      | SPT_06 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 1 + 200,00  | 2.25           | 20.4         | 5  | 8  | 11              | 17 |
| SE34      | SPT_05 | 3     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 900,00  | 1.55           | 19.2         | 4  | 4  | 6               | 10 |
| SE34      | SPT_06 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 0 + 900,00  | 1.55           | 20.5         | 2  | 4  | 5               | 9  |
| SE35      | SPT_08 | 7     | 0                                 | 0                    | 3 + 025,000              | 0                                | 0                        | 1.75        | 27.5           | 10           | 12 | 14 | 26              |    |
| SE35      | SPT_09 | 2     | 0                                 | 0                    | 2 + 525,000              | 0                                | 0                        | 2.79        | 25.5           | 12           | 14 | 18 | 32              |    |
| SE36      | SPT_02 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 075,000              | 0                                | 0                        | 8.15        | 19.8           | 8            | 6  | 7  | 13              |    |
| SE36      | SPT_03 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 075,000              | 0                                | 0                        | 2.15        | 22.5           | 4            | 4  | 5  | 12              |    |
| SE37      | SPT_08 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 075,000 / 1 + 150,0          | 0                        | 6           | 9              | 4            | 6  | 8  | 14              |    |
| SE37      | SPT_09 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 075,000 / 1 + 150,0          | 0                        | 8           | 22             | 4            | 5  | 5  | 10              |    |
| SE37      | SPT_05 | 7     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 075,000 / 1 + 150,0          | 0                        | 6           | 15             | 4            | 4  | 6  | 10              |    |
| SE37      | SPT_06 | 2     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 075,000 / 1 + 150,0          | 0                        | 8           | 28             | 2            | 3  | 5  | 9               |    |
| SE37      | SPT_03 | 7     | 0                                 | 0                    | 0                        | 0 + 075,000 / 1 + 150,0          | 0                        | 6           | 24.8           | 7            | 7  | 11 | 18              |    |
| SE38      | SPT_04 | 2     | 0 + 850,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 2.39        | 22             | 1            | 2  | 2  | 4               |    |
| SE39      | SPT_05 | 7     | 0                                 | 0                    | 3 + 150,000              | 0                                | 0                        | 4           | 13.5           | 1            | 2  | 2  | 4               |    |
| SE39      | SPT_07 | 2     | 0 + 850,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 6.2         | 25.7           | 21           | 22 | 48 | 70              |    |
| SE38      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                    | 0 + 025,000              | 0                                | 0                        | 5           | 18.7           | 4            | 5  | 8  | 13              |    |
| SE38      | SPT_05 | 2     | 0                                 | 0                    | 0 + 025,000              | 0                                | 0                        | 8           | 18.2           | 5            | 12 | 16 | 20              |    |
| SE42      | SPT_08 | 7     | 0                                 | 0                    | 0 + 050,000              | 0                                | 0                        | 7           | 11.9           | 7            | 11 | 16 | 27              |    |
| SE42      | SPT_04 | 2     | 0                                 | 0                    | 0 + 050,000              | 0                                | 0                        | 7           | 18.2           | 4            | 6  | 8  | 14              |    |
| SE42      | SPT_05 | 7     | 0                                 | 0                    | 0 + 050,000              | 0                                | 0                        | 7           | 27             | 7            | 9  | 14 | 23              |    |
| SE44      | SPT_04 | 2     | 1 + 400,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 5.4         | 28             | 4            | 7  | 11 | 18              |    |
| SE45      | SPT_03 | 7     | 2 + 400,000                       | 0                    | 0                        | 0                                | 0                        | 2.1         | 11.6           | 3            | 5  | 7  | 12              |    |
| SE46      | SPT_05 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 080,000              | 0                                | 0                        | 6.1         | 19.5           | 4            | 6  | 10 | 16              |    |
| SE46      | SPT_06 | 3     | 0                                 | 0                    | 3 + 080,000              | 0                                | 0                        | 6.1         | 18             | 2            | 4  | 5  | 9               |    |
| SE46      | SPT_07 | 2     | 0                                 | 0                    | 3 + 080,000              | 0                                | 0                        | 6.1         | 21             | 4            | 7  | 9  | 16              |    |

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

| 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            | WI  | Wp  | Ip  |
|           |          | (m)        | (m)   | (m)    |       | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)   | (%)          | (%) | (%) | (%) |
| 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  |       | 0     | 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 |              |     |     |     |

|      |      |      |      |       |    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |    |    |
|------|------|------|------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 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.

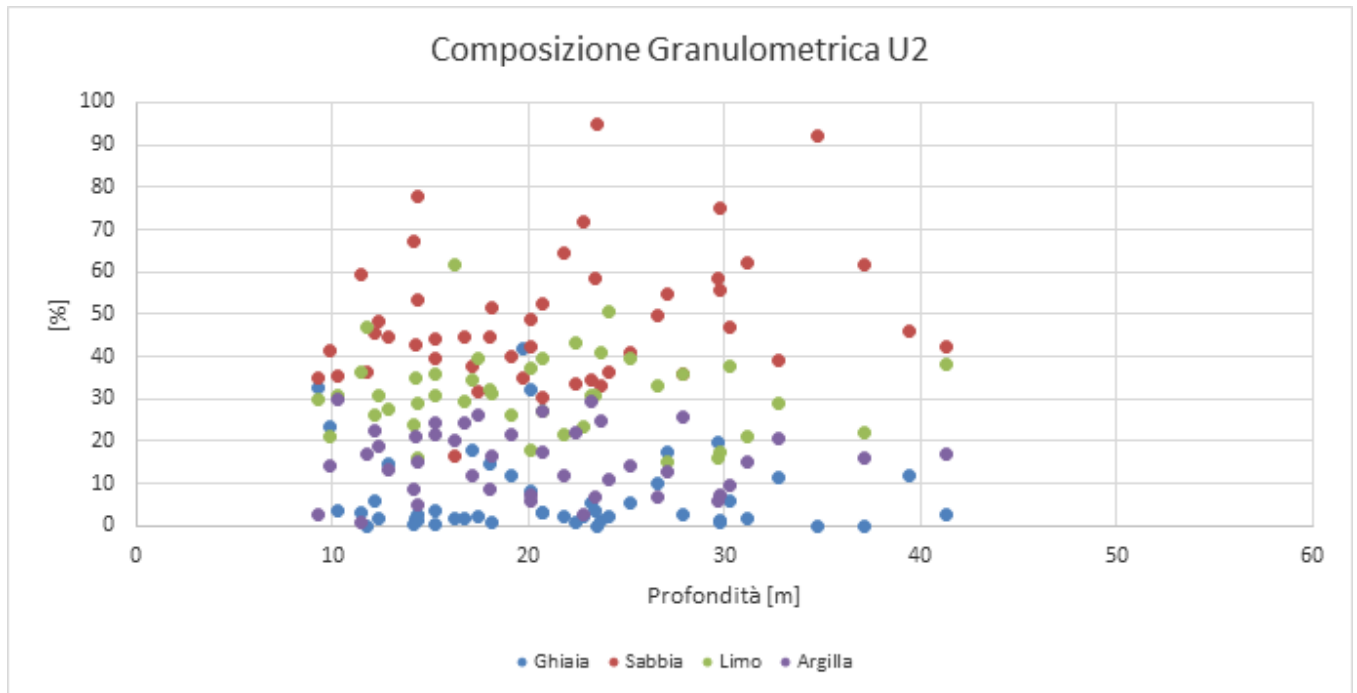


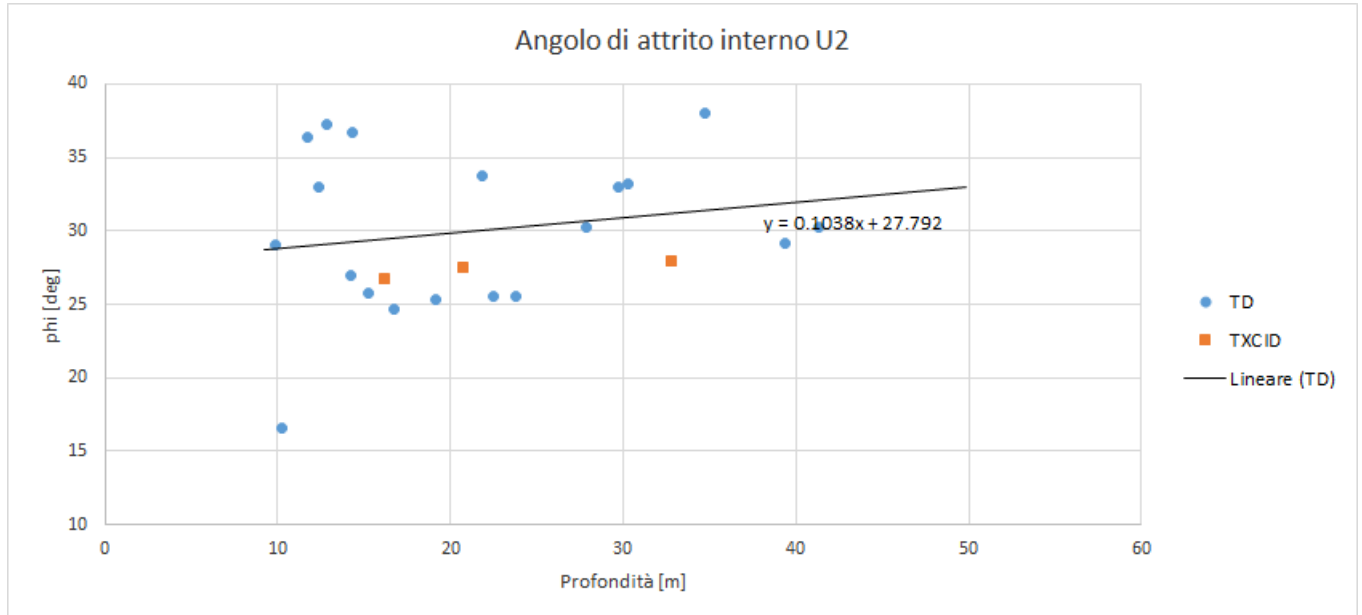
Figura 13. Composizione Granulometrica Unità U2.

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

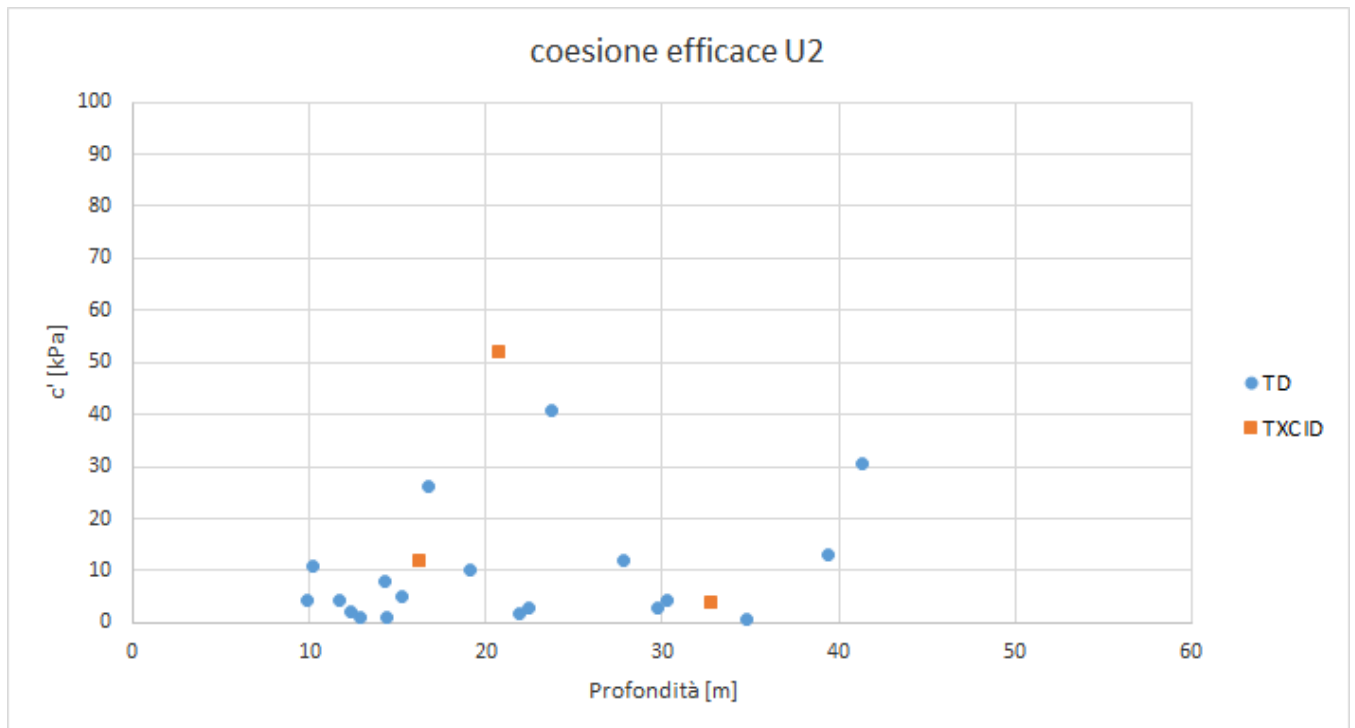
**Tabella 40. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U2.**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | peso specifico                   |                                    |                                    |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(m) |       | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_d$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_s$<br>(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.**

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

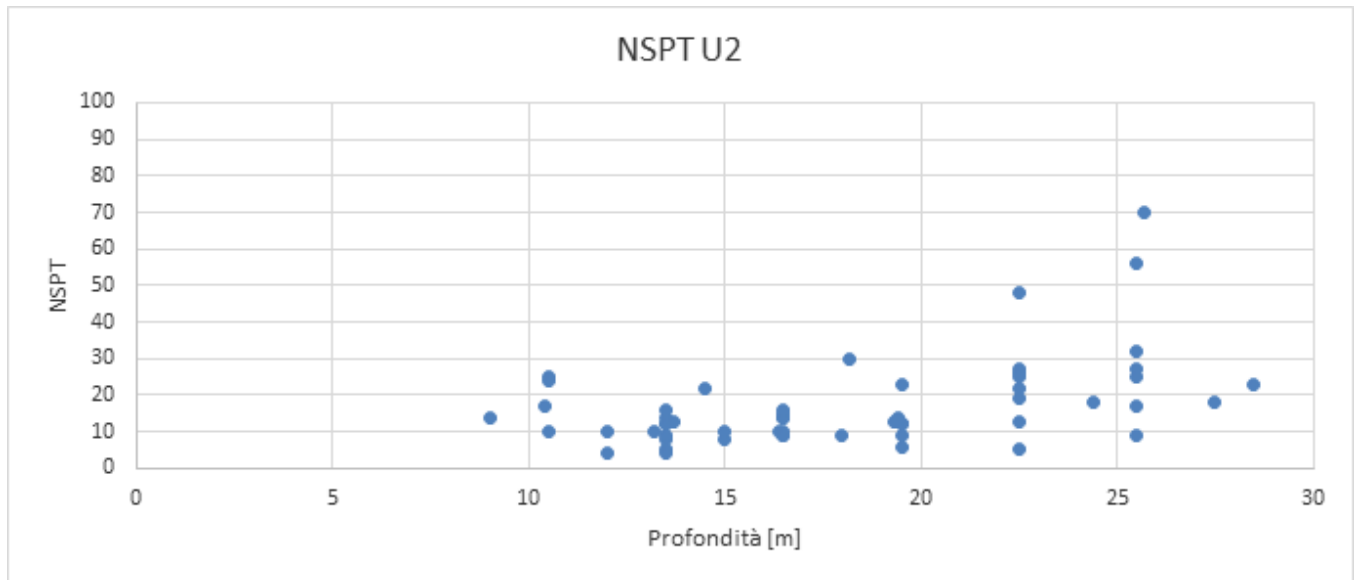
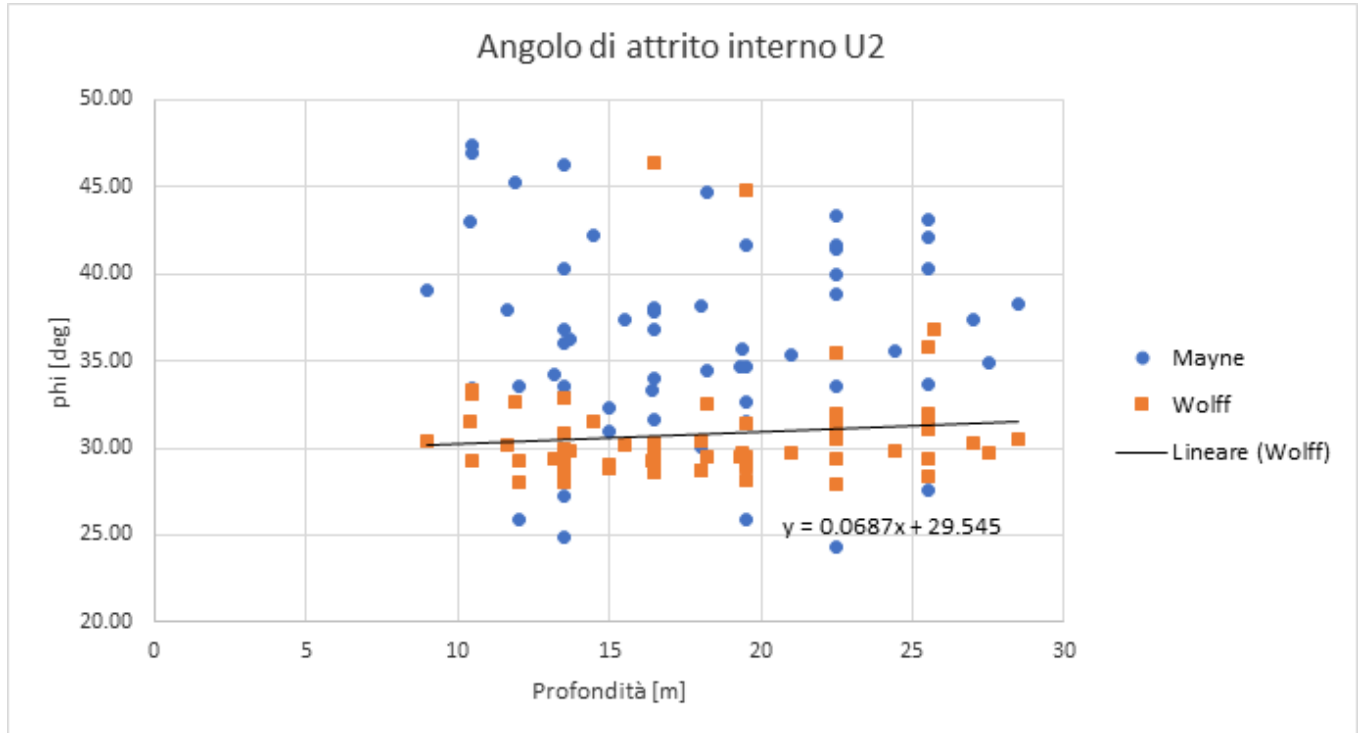


Figura 16. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U2.

**Tabella 42. 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 43. 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  |

| 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 44. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U2.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Unità | Yoshida et al. |             |             |
|-----------|--------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|
|           |        |       |       | Vs<br>m/s      | Go<br>(kPa) | Eo<br>(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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 101 di 195 |

### 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 45. 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         | a    | media |       | $E_{ed}$         | $C_v$        | $K$        | Press |
|           |          | (m)        | (m)  | (m)   |       | (kPa)            | ( $cm^2/s$ ) | ( $cm/s$ ) | (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   |

### Definizione degli intervalli dei parametri meccanici e sintesi 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 03 D 78 RH GE 00 05 001 A 103 di 195

## 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 46. Numero di colpi da Prove SPT per l'unità U2a.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Progressiva              | Progressiva           | Progressiva               | Progressiva               | Progressiva               | Falda | Profondità | Numero colpi |    |    | N <sub>SPT</sub> |
|-----------|--------|-------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|------------|--------------|----|----|------------------|
|           |        |       | STAZIONE PALERMO-CATANIA | STAZIONE FONTANAROSSA | STAZIONE CATANIA-SIRACUSA | STAZIONE CATANIA-SIRACUSA | STAZIONE CATANIA-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 | 30               |
| SD11      | SPT_04 | 2     | 0+890,000                | 0                     | 0                         | 0                         | 0                         | 5.5   | 10.5       | 2            | 1  | 6  | 5                |
| SD11      | SPT_05 | 2     | 0+890,000                | 0                     | 0                         | 0                         | 0                         | 5.5   | 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_03 | 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       | 6            | 12 | 13 | 21               |
| SD15      | SPT_07 | 2     | 0+575,000                | 0                     | 0                         | 0                         | 0                         | 6.55  | 19.5       | 11           | 13 | 14 | 21               |
| SD15      | SPT_08 | 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                         | 1+250,000                 | 6.9   | 13.5       | 2            | 2  | 3  | 5                |
| SD19      | SPT_07 | 2     | 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 + 225,000   | 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 + 225,000   | 1+525,000                 | 2.5   | 13.5       | 4            | 6  | 5  | 11               |
| SD20      | SPT_06 | 2_3   | 0                        | 0                     | 1+825,000                 | 1+300,000 / 0 + 225,000   | 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 + 225,000   | 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+050,000                 | 0                         | 0                         | 1     | 16.5       | 3            | 4  | 6  | 10               |
| SD22      | SPT_07 | 2     | 0                        | 0                     | 1+050,000                 | 0                         | 0                         | 1     | 19.5       | 3            | 4  | 4  | 8                |
| SD22      | SPT_09 | 2     | 0                        | 0                     | 1+050,000                 | 0                         | 0                         | 1     | 25.5       | 6            | 8  | 10 | 18               |
| SD23      | SPT_04 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 2.15  | 10.5       | 3            | 4  | 6  | 10               |
| SD23      | SPT_05 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 2.15  | 13.5       | 3            | 5  | 7  | 12               |
| SD23      | SPT_06 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 2.15  | 16.5       | 3            | 5  | 8  | 13               |
| SD23      | SPT_07 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 2.15  | 19.5       | 6            | 9  | 9  | 18               |
| SD23      | SPT_08 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 2.15  | 22.5       | 9            | 13 | 16 | 23               |
| SD23      | SPT_09 | 2     | 0                        | 0                     | 0                         | +575,000 / 0 + 500,000    | 0                         | 6.85  | 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 03 D 78 RH GE 00 05 001 A 104 di 195

|      |        |     |              |             |             |                          |             |      |      |    |    |    |    |
|------|--------|-----|--------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|------|------|----|----|----|----|
| SD27 | SPT_04 | 3   | 0            | 0           | 0           | 0                        | 0 + 850,000 | 6.1  | 10.5 | 3  | 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 + 850,000 | 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           | +025,000 / 0 + 100,00    | 1 + 725,000 | 3.1  | 19.5 | 3  | 6  | 5  | 11 |
| SD29 | SPT_08 | 2_3 | 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           | 2 + 725,000 | 0                        | 2 + 625,000 | 3.75 | 19.5 | 7  | 9  | 10 | 19 |
| SD30 | SPT_08 | 2_3 | 0            | 0           | 2 + 725,000 | 0                        | 2 + 625,000 | 3.75 | 22.5 | 8  | 10 | 12 | 22 |
| SD30 | SPT_09 | 2_3 | 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 + 400,000 / 0 + 475,00 | 0           | 3.25 | 13.5 | 4  | 5  | 7  | 12 |
| SD31 | SPT_06 | 2   | 0            | 0           | 0           | 0 + 400,000 / 0 + 475,00 | 0           | 3.25 | 16.5 | 1  | 3  | 5  | 8  |
| SD31 | SPT_07 | 2   | 0            | 0           | 0           | 0 + 400,000 / 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  | 6  | 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           | 3 + 975,000 | 0                        | 0           | 3.75 | 16.5 | 1  | 1  | 3  | 6  |
| SD35 | SPT_07 | 2   | 0            | 0           | 3 + 975,000 | 0                        | 0           | 3.75 | 19.5 | 5  | 6  | 8  | 14 |
| SD36 | SPT_05 | 2   | 0            | 0           | 3 + 975,000 | 0                        | 0           | 3.15 | 13.4 | 2  | 3  | 5  | 8  |
| SD36 | SPT_06 | 2   | 0            | 0           | 3 + 975,000 | 0                        | 0           | 3.15 | 16.5 | 2  | 3  | 6  | 9  |
| SD36 | SPT_08 | 2   | 0            | 0           | 3 + 975,000 | 0                        | 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           | 3 + 350,000 | 0                        | 0           | 4    | 16.5 | 2  | 3  | 4  | 7  |
| SD39 | SPT_07 | 2   | 0            | 0           | 3 + 350,000 | 0                        | 0           | 4    | 19.4 | 4  | 5  | 7  | 12 |
| SD39 | SPT_08 | 2   | 0            | 0           | 3 + 350,000 | 0                        | 0           | 4    | 22.5 | 5  | 7  | 9  | 16 |
| SD39 | SPT_09 | 2   | 0            | 0           | 3 + 350,000 | 0                        | 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 |
| SB35 | SPT_03 | 2   | 0 + 350,000  | 0           | 0           | 0                        | 0           | 6.2  | 10.2 | 4  | 5  | 12 | 20 |
| SB35 | SPT_04 | 2   | 0 + 350,000  | 0           | 0           | 0                        | 0           | 6.2  | 14.7 | 7  | 9  | 12 | 21 |
| SB35 | SPT_05 | 2   | 0 + 350,000  | 0           | 0           | 0                        | 0           | 6.2  | 18.7 | 8  | 12 | 16 | 28 |
| SB35 | 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 + 200,00  | 0                        | 0           | 18.7 | 15.2 | 7  | 6  | 6  | 12 |
| S3   | SPT_01 | 2   | 0            | 0           | 0 + 200,00  | 0                        | 0           | 6    | 14.1 | 9  | 12 | 15 | 27 |
| S4   | SPT_02 | 2   | 0            | 0           | 0 + 150,000 | 0                        | 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  | 6  | 12 | 20 |
| SRH5 | SPT_04 | 2   | 2 + 467,800  | 0           | 0           | 0                        | 0           | 2.3  | 18   | 6  | 10 | 13 | 23 |
| SRH5 | SPT_05 | 2   | 2 + 467,800  | 0           | 0           | 0                        | 0           | 2.3  | 24   | 7  | 12 | 18 | 30 |
| SBH7 | SPT_04 | 2   | 0            | 0           | 3 + 370,000 | 0                        | 0           | 1.6  | 18.2 | 4  | 7  | 10 | 17 |
| SBH7 | SPT_05 | 2   | 0            | 0           | 3 + 370,000 | 0                        | 0           | 1.6  | 24   | 2  | 3  | 5  | 8  |
| SI*  | SPT_05 | 2_3 | 0            | 0           | 1 + 984,800 | 0                        | 1 + 852,800 | 4.4  | 15.5 | 7  | 10 | 13 | 21 |
| SI*  | SPT_06 | 2_3 | 0            | 0           | 1 + 984,800 | 0                        | 1 + 852,800 | 4.4  | 18   | 8  | 12 | 15 | 27 |
| SI*  | SPT_07 | 2_3 | 0            | 0           | 1 + 984,800 | 0                        | 1 + 852,800 | 4.4  | 21   | 8  | 13 | 16 | 29 |
| SI*  | SPT_08 | 2_3 | 0            | 0           | 1 + 984,800 | 0                        | 1 + 852,800 | 4.4  | 23.9 | 7  | 11 | 16 | 27 |
| S20  | SPT_04 | 2   | 0            | 0           | 3 + 900,000 | 0                        | 0           | 6.1  | 12   | 8  | 14 | 15 | 29 |
| S20  | SPT_06 | 2   | 0            | 0           | 3 + 900,000 | 0                        | 0           | 6.1  | 23.9 | 5  | 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 105 di 195 |

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 2  
LOTTO

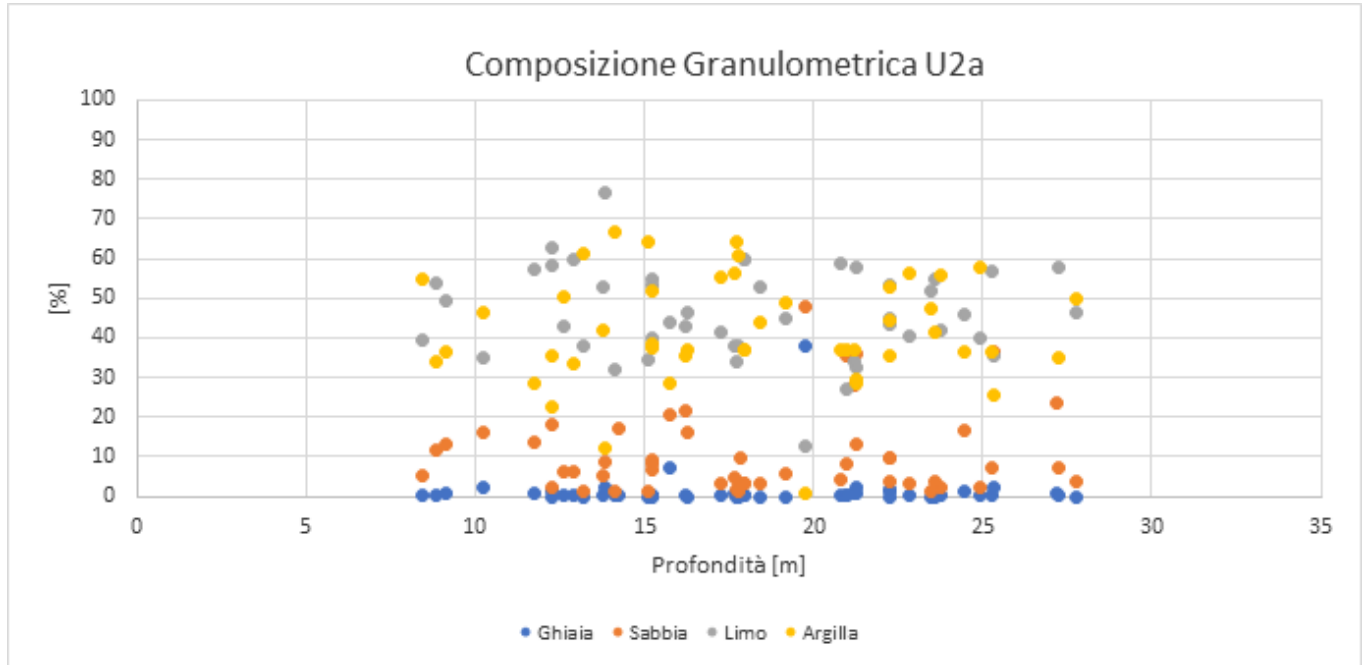
Relazione geotecnica generale – Lotto 3

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3H 03 D 78 RH GE 00 05 001 A 106 di 195

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:

**Tabella 47. Granulometria e limiti di Attemberg 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            | WI  | 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 |              |     |     |     |
| 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  |



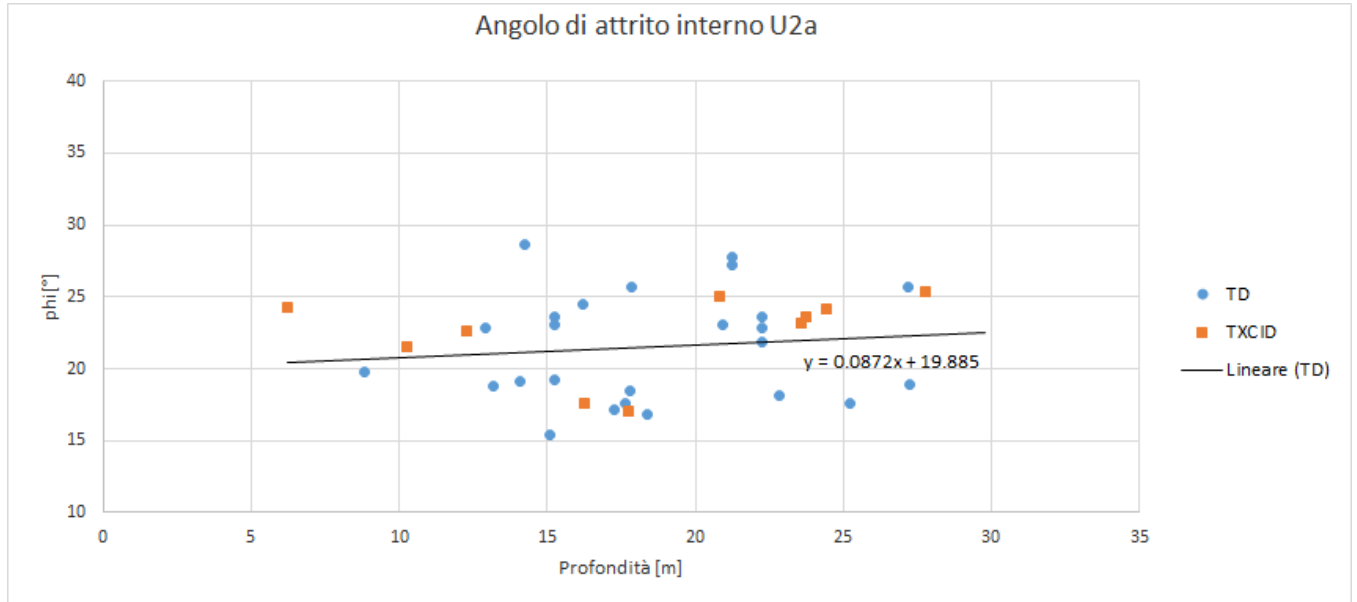
**Figura 18. Composizione Granulometrica Unità U2a.**

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

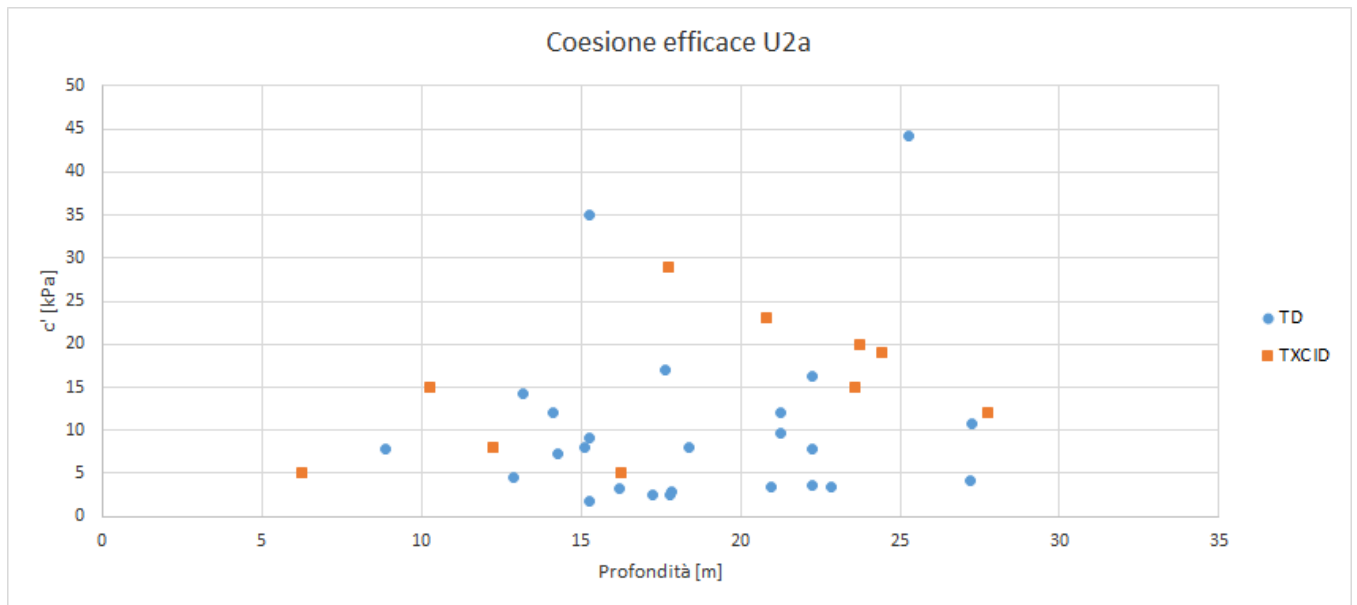
**Tabella 48. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U2a.**

| 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                 |

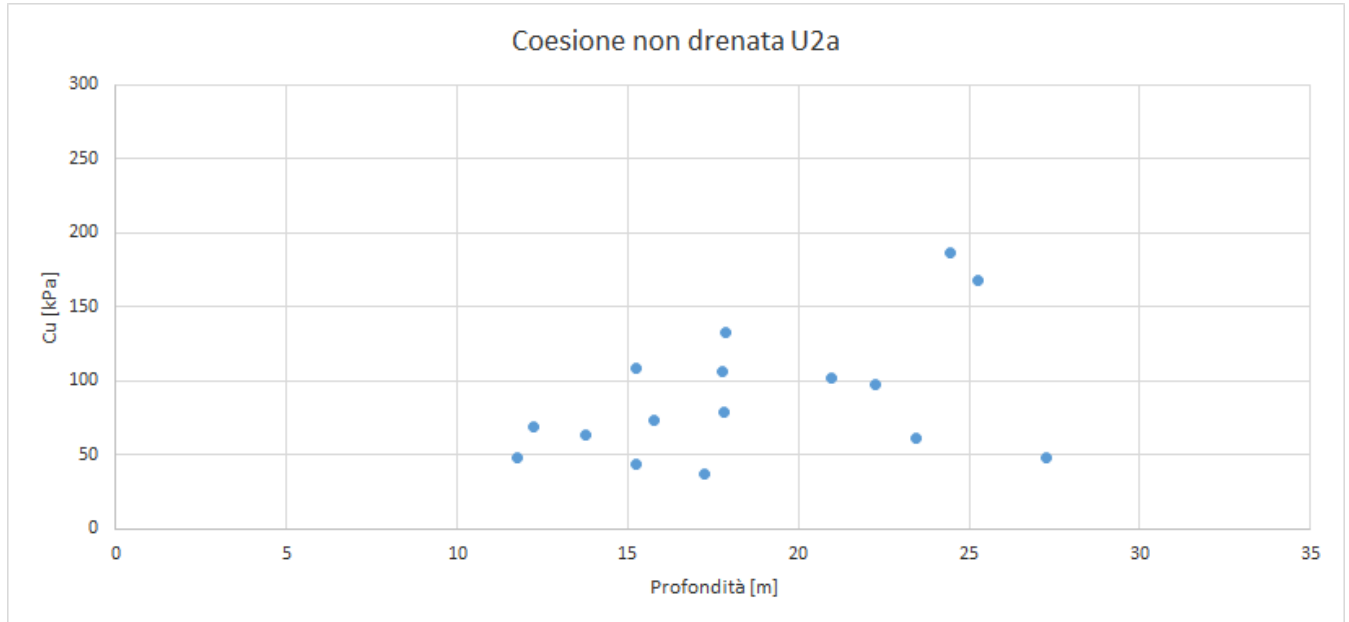




**Figura 19. Valori dell'angolo di resistenza al taglio per Unità U2a.**



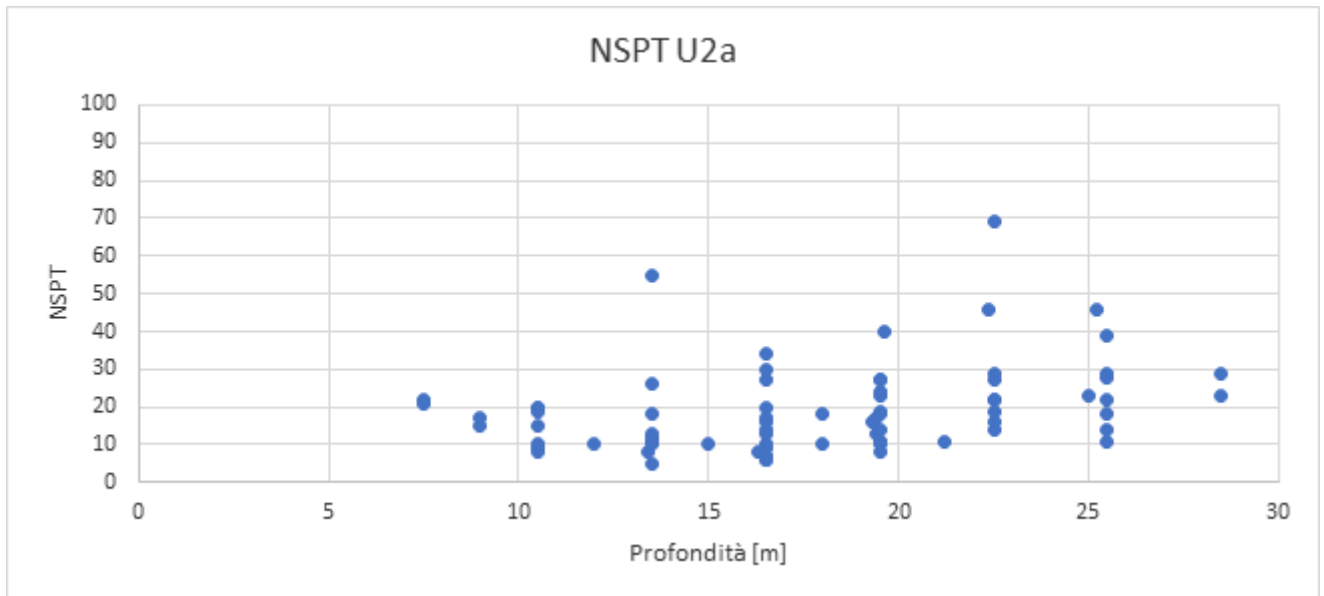
**Figura 20. Valori della coesione efficace per Unità U2a.**



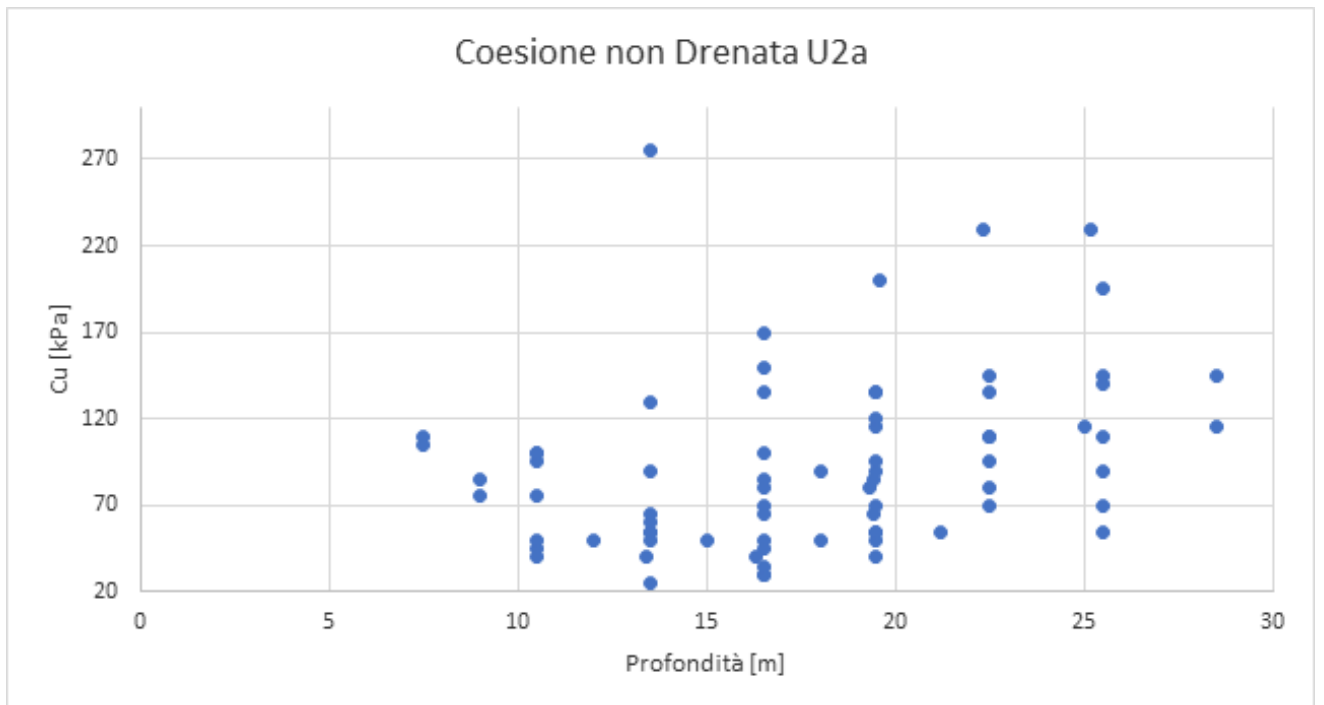
**Figura 21. Valori della coesione non drenata per Unità U2a.**



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 50. 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   |

|      |        |     |     |     |     |     |
|------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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 51. 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 | γ                 | Poisson | G0     | E0      |
|         | da m dal p.c. | a m dal p.c. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 3       | 6             | 14           | 8        | 200      | 1245     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 72.53  | 215.67  |
| 4       | 14            | 23           | 9        | 214      | 1690     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 87.04  | 259.70  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 6       | 21            | 28           | 7        | 590      | 1415     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.39    | 642.81 | 1793.15 |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 7       | 19            | 24           | 5        | 263      | 1580     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 129.97 | 386.21  |
| 8       | 24            | 30           | 6        | 329      | 1585     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.48    | 203.49 | 601.31  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 5       | 15            | 20           | 5        | 174      | 1496     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 56.39  | 168.40  |
| 6       | 20            | 24           | 4        | 184      | 1560     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 63.68  | 190.14  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 6       | 17            | 20           | 3        | 166      | 1559     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 51.66  | 154.39  |
| 7       | 20            | 25           | 5        | 185      | 1764     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 65.54  | 195.89  |
| 8       | 25            | 30           | 5        | 195      | 1713     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 72.44  | 216.37  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 4       | 16            | 23           | 7        | 280      | 1527     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.48    | 146.50 | 434.40  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 5       | 12            | 20           | 8        | 166      | 1137     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 49.38  | 147.06  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 5       | 13            | 16           | 3        | 166      | 1137     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 50.27  | 149.72  |
| 6       | 16            | 30           | 14       | 171      | 1267     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 57.29  | 170.81  |
| 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. |          |          |          |       |       |                   |         |        |         |
| 4       | 10            | 12           | 2        | 284      | 1694     | U2a   | m/s   | kN/m <sup>3</sup> | 0.49    | 153.35 | 455.62  |

**Tabella 52. 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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |            |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 119 di 195 |

### 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 53. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U2a.**

| Sondaggio | 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         | a    | media |       | $E_{ed}$         | $C_v$                | $K$      | Press |
|           |          | (m)        | (m)  | (m)   |       | (kPa)            | (cm <sup>2</sup> /s) | (cm/s)   | (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   |



### 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

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

## 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 54. 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<br>PALERMO-CATANIA | STAZIONE<br>FONTANAROSSA | BRETTOLA CATANIA-<br>SIRACUSA | RS/RF (E) INTERRAMENTO<br>INTERPORTO | BRETTOLA PALERMO-<br>SIRACUSA |       | Media      |              |    |    |                 |
|        |       | (km)                                      | (km)                     | (km)                          | (km)                                 | (km)                          | (m)   | (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_09 | 3     | 0   | 0                        | 0                             | 0                                    | 1 + 100,000                   | 2.05  | 25.6       | 7            | 9  | 16 | 25              |
| SPT_09 | 2_3   | 0   | 0                        | 0                             | + 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_08 | 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.

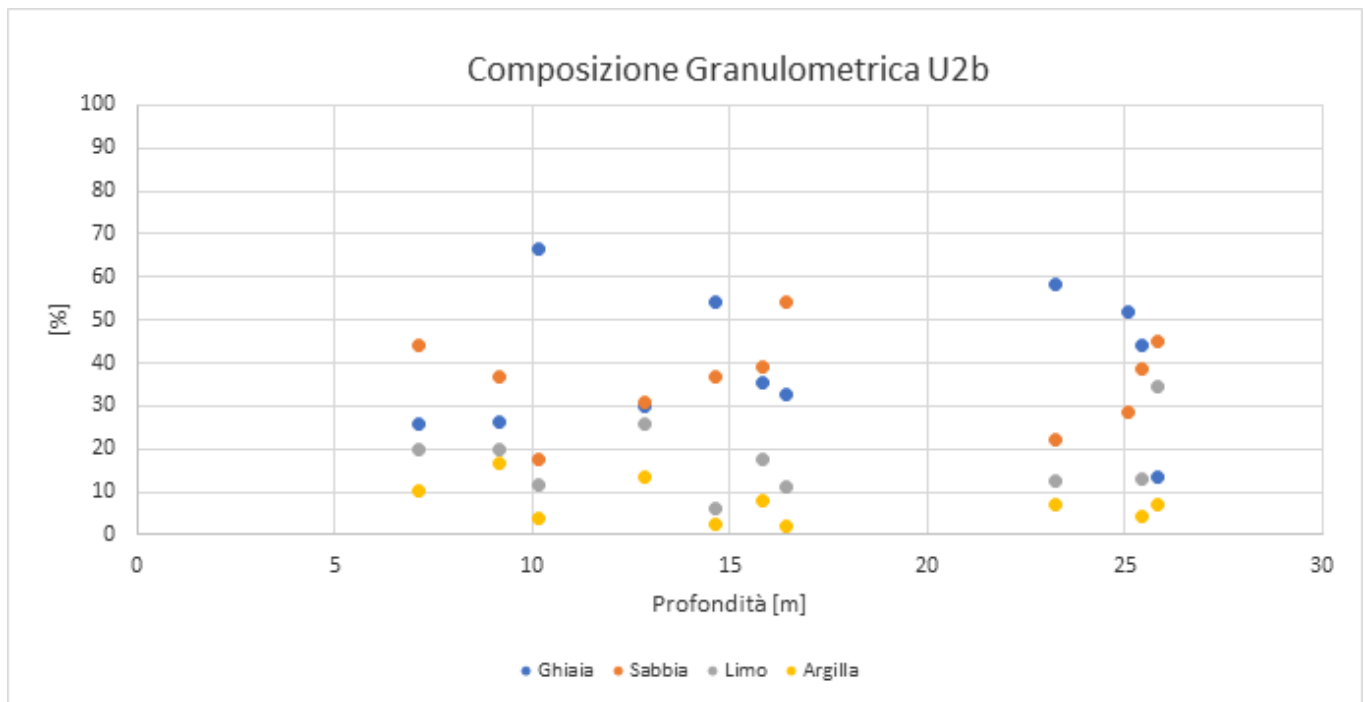
Dalle analisi granulometriche, il deposito è caratterizzato da:

- 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 55. 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 volumenaturale, non essendo state eseguite prove di laboratorio per questa unità geotecnica, è stato assunto nell'intervallo compreso fra 19.0 e 20.0 kN/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°).

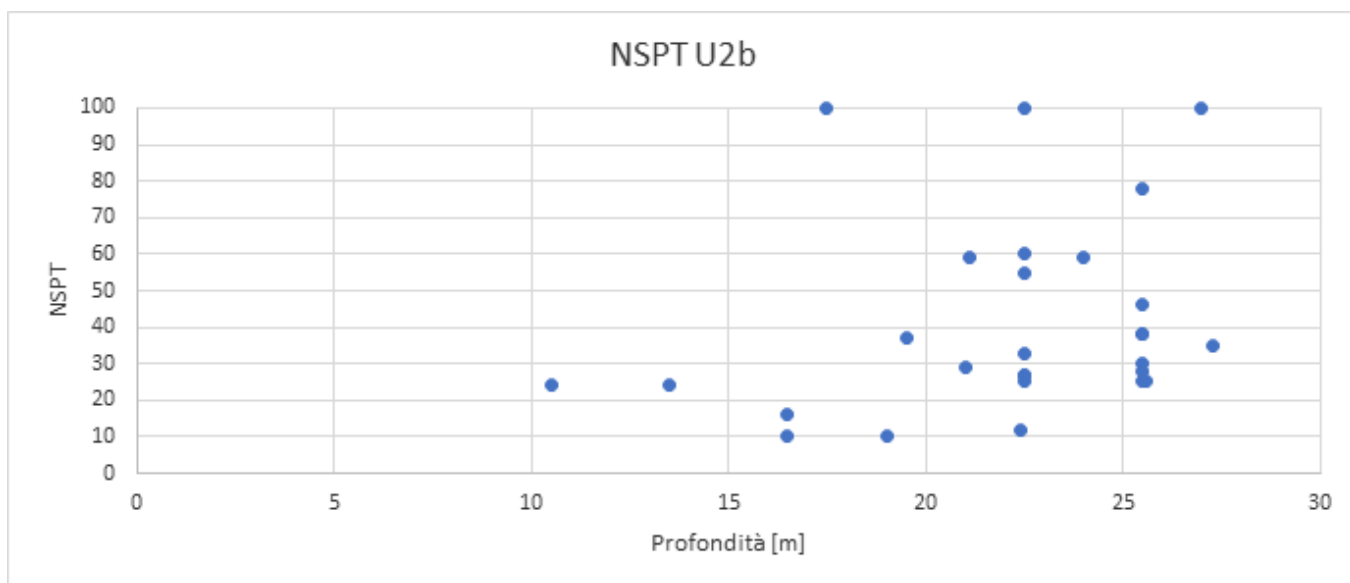


Figura 25. Valori dei colpi da prove SPT per Unità U2b.

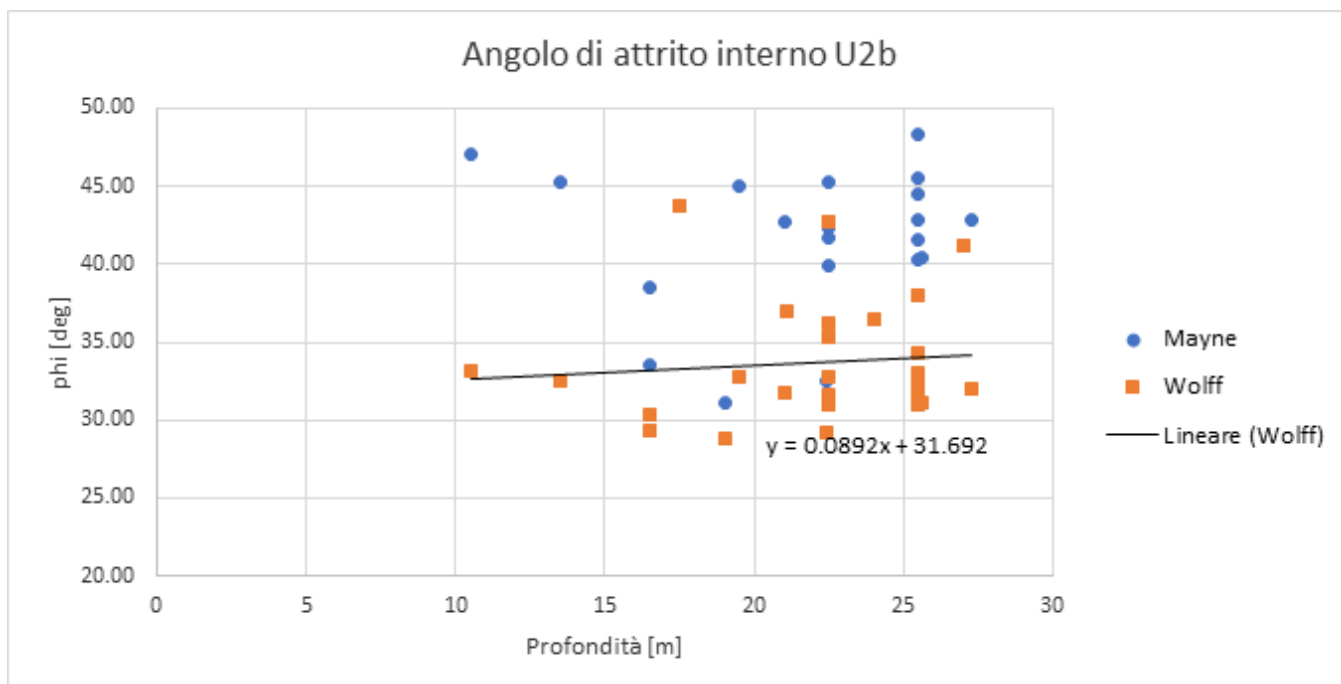


Figura 26. Valori dell'angolo di resistenza al taglio da prove SPT per Unità U2b.

**Tabella 56. 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.

**Tabella 57. 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 58. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U2b.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Unità | Yoshida et al. |             |             |
|-----------|--------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|
|           |        |       |       | Vs<br>m/s      | Go<br>(kPa) | Eo<br>(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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 126 di 195 |

### 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 59. Coefficiente di permeabilità da prove Lefranc sull'unità U2b.**

| Sondaggio | Progressiva | Progressiva | Progressiva | Progressiva           | Progressiva | Lotto | Tasca prova (m da p.c.) |       |       | Falda (m da p.c.) | Unità     | Permeabilità (m/s) | Data prova |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------------------|-----------|--------------------|------------|
|           | (km)        | (km)        | (km)        | (km)                  | (km)        |       | Tetto                   | Letto | Media |                   |           |                    |            |
| SD9       | 1+575,000   | 0           | 0           | 0                     | 0           | 2     | 6                       | 7     | 6.5   | -                 | U2b       | 4.50E-05           | 20/03/2019 |
| SD11      | 0+850,000   | 0           | 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

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

## 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 60. 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 | BRETELLA CATANIA-SIRACUSA | BD/BP COLLEGAMENTO INTERPORTO | BRETELLA 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.

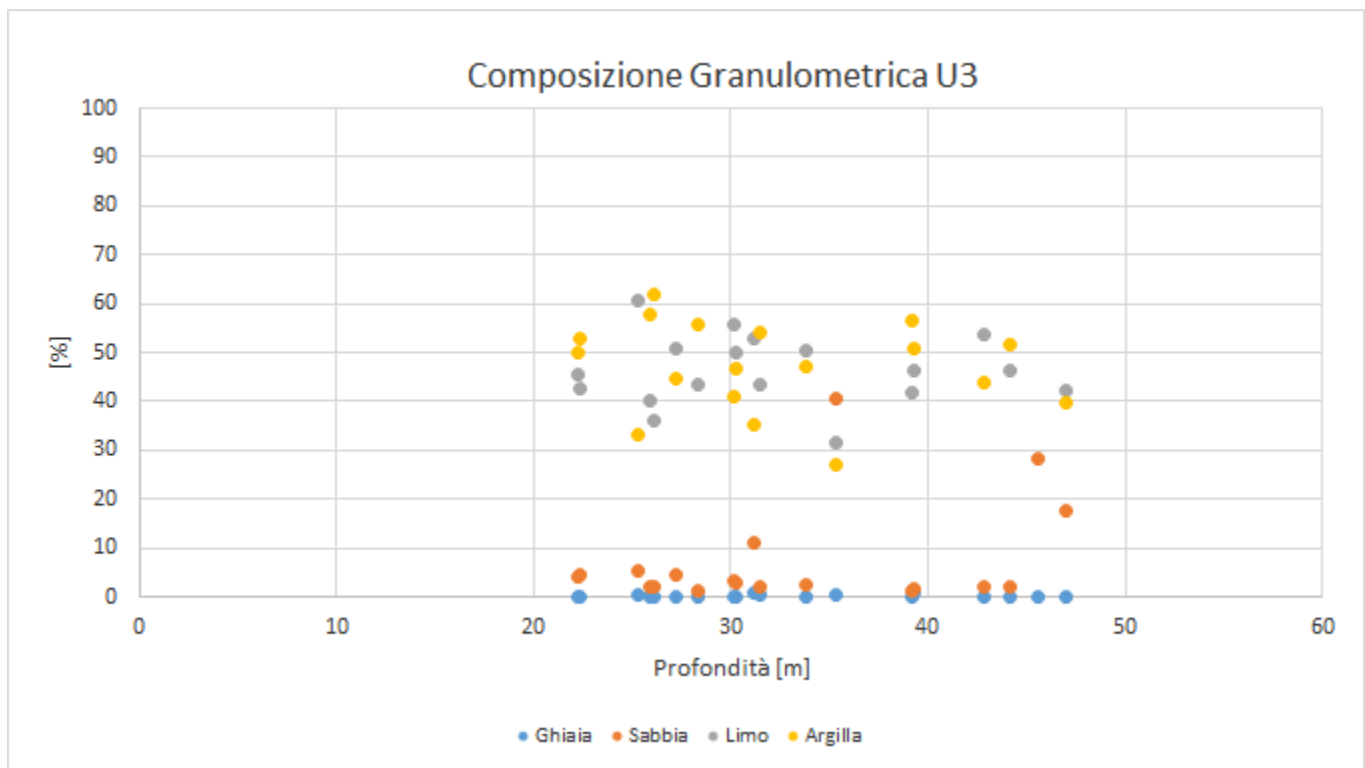
Su alcuni campioni sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 37-77%, limite plastico 22-34% e indice plastico 15-50% (media 26%). Il contenuto naturale d'acqua è tra 25 e 38%.

Di seguito è mostrato in forma tabellare quanto precedentemente esplicitato:



**Tabella 61. Granulometria e limiti di Attemberg per l'unità U3.**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | AGI/S    |          |          |            |          | ASTM     |          |          |            |          | acqua+limiti |           |           |           |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(m) |       | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) | G<br>(%) | S<br>(%) | L<br>(%) | L+A<br>(%) | A<br>(%) | W<br>(%)     | Wl<br>(%) | Wp<br>(%) | Ip<br>(%) |
| 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 62. Peso di volume da prove di laboratorio per l'unità U3.**

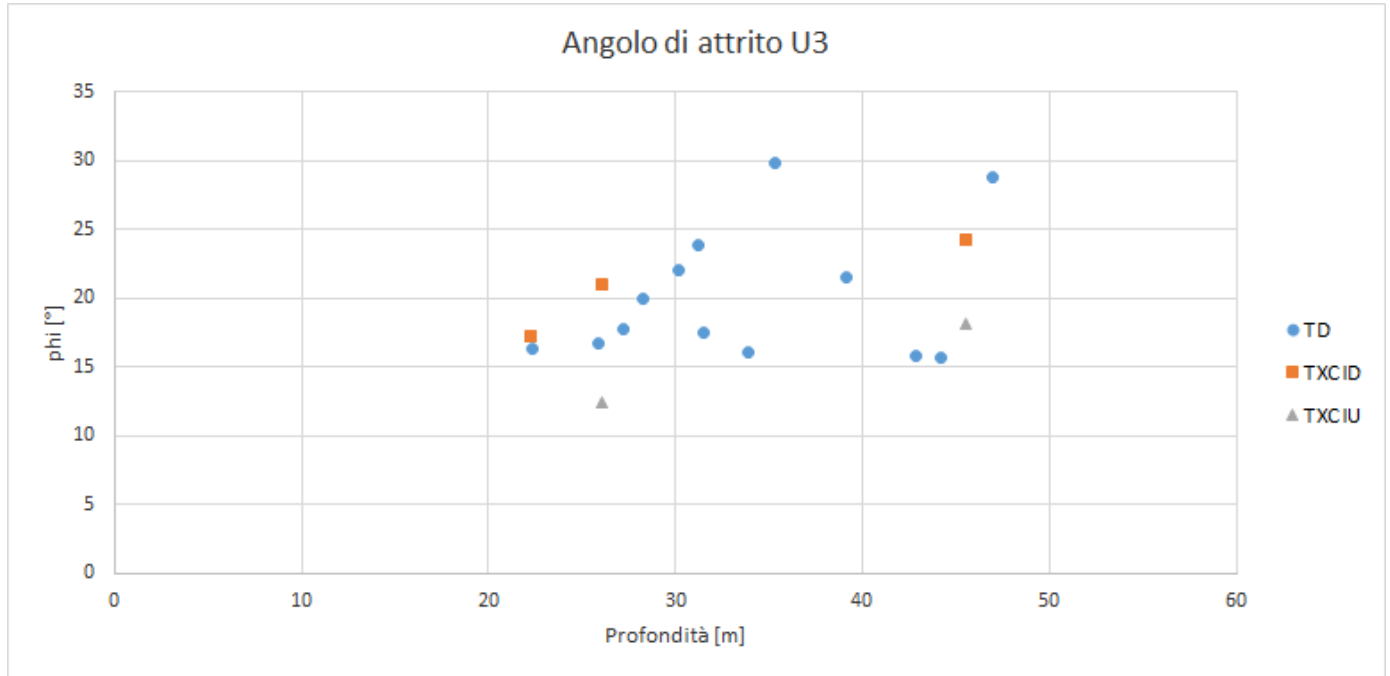
| Sondaggio | Campione | profondità |       |        | Unità | peso specifico       |                      |                      |
|-----------|----------|------------|-------|--------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          | da         | 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      | 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    |                      |                      |                      |

### Caratteristiche di resistenza

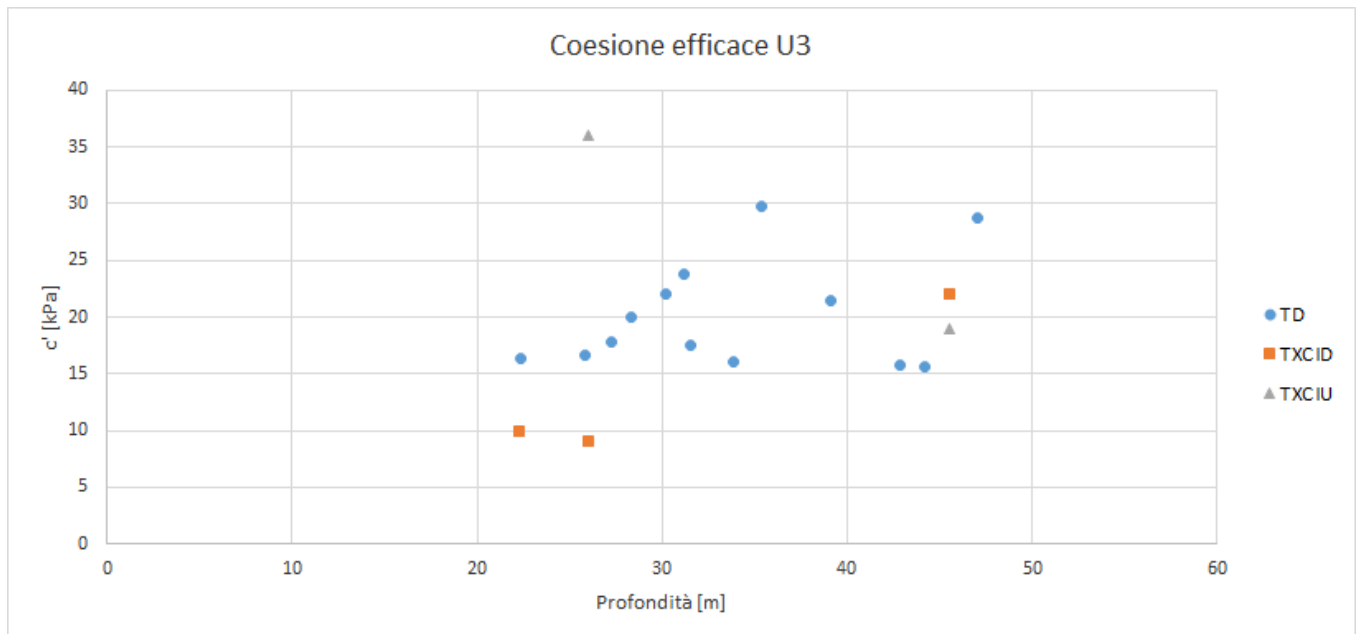
Inoltre in laboratorio sono disponibili i risultati di prove di taglio diretto e da prove triassiali drenate e non drenate che hanno dato valori di coesione drenata tra 5.7÷47.7kPa (media 14kPa) ed angolo di resistenza al taglio 15.8÷29.8° (media 20°). Le prove tipo UU forniscono valori della coesione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

**Tabella 63. Prove di laboratorio sull'unità U3.**

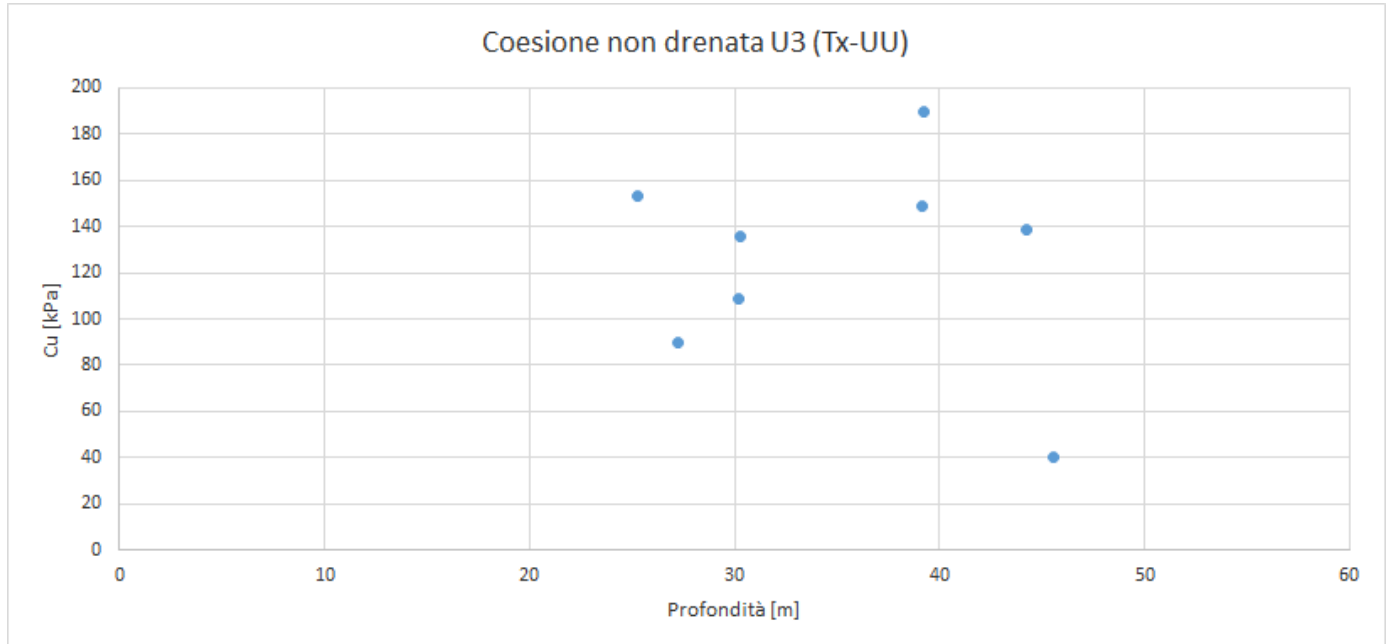
| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | taglio diretto |           | compr. triassiale |           |              |            |              |     |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|----------------|-----------|-------------------|-----------|--------------|------------|--------------|-----|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(m) |       | c'<br>(kPa)    | φ'<br>(°) | c'<br>(kPa)       | φ'<br>(°) | Ccu<br>(kPa) | φcu<br>(°) | Cuu<br>(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.**

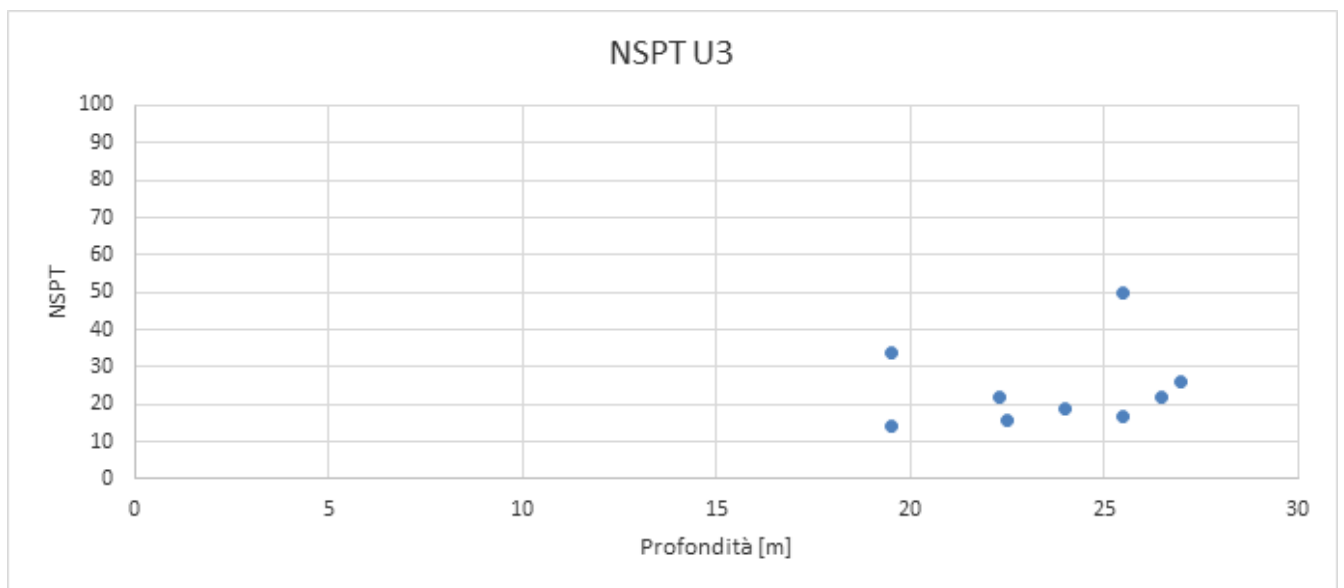


**Figura 29. Valori della coesione denata per Unità U3.**

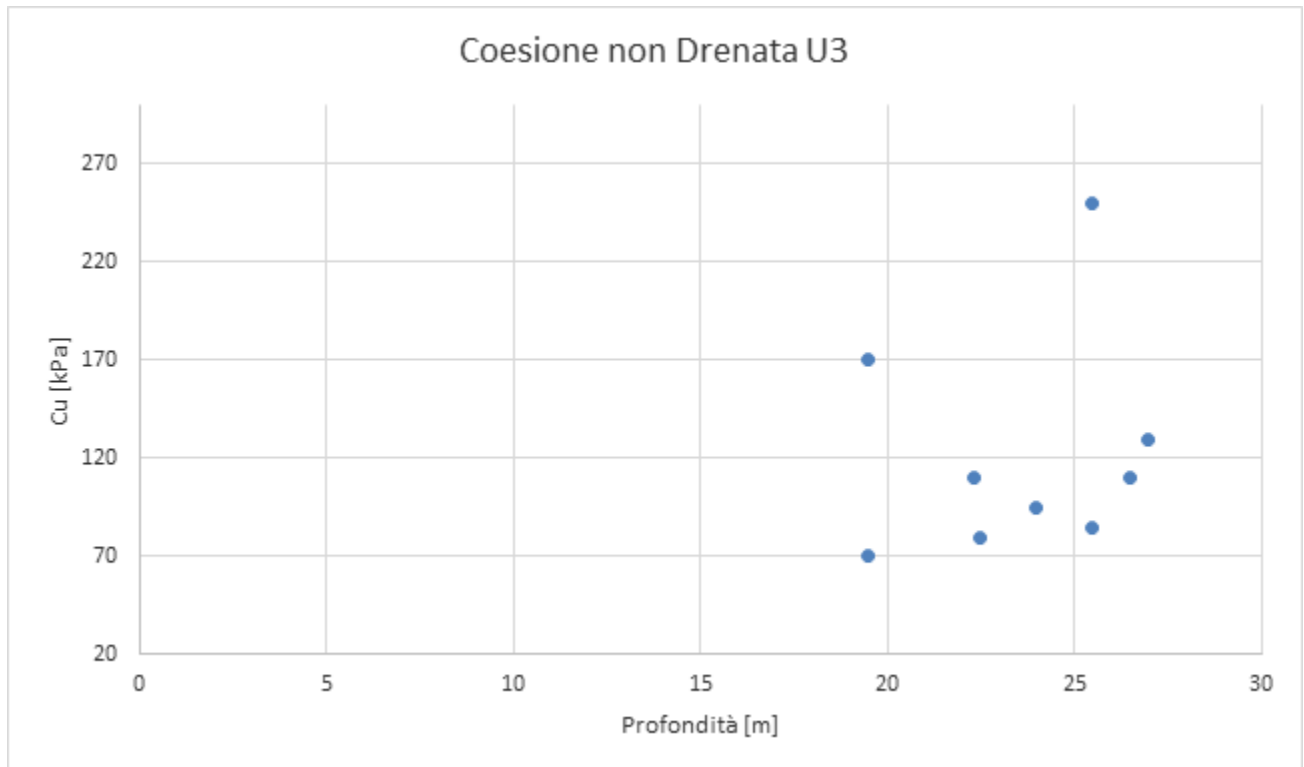


**Figura 30. Valori della coesione non drenata per Unità U3.**

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 64. 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   |

### 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 65. 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 66. Stima di G0 ed E0 da prove SPT sull'unità U3.**

| Sondaggio | Prova  | Lotto | Unità        | Yoshida et al. |               |               |
|-----------|--------|-------|--------------|----------------|---------------|---------------|
|           |        |       |              | Vs             | Go            | Eo            |
|           |        |       |              | m/s            | (kPa)         | (kPa)         |
| 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 67. 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>    |            |



### 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 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 ( $V_s$ ) 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 ( $G_0$ ) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) ( $E_0$ ) 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

$$k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \quad \text{coefficiente di permeabilità}$$

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

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

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                  |
| $c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$         | coesione drenata                         |
| $\varphi' = 29 \div 33^\circ$        | angolo di resistenza al taglio           |
| $N_{spt} = 4 \div 56$                | numero di colpi da prova SPT             |
| $G_o = 85 \div 420 \text{ MPa}$      | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 150 \div 1200 \text{ MPa}$    | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$    | permeabilità (valore medio)              |

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

|  |  |
|--|--|
| $\gamma = 18.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                        |
| $c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$             | coesione drenata                               |
| $\varphi' = 20 \div 26^\circ$            | angolo di resistenza al taglio                 |
| $c_u = 40 \div 150 \text{ kPa}$          | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $N_{spt} = 6 \div 46$                    | numero di colpi da prova SPT                   |
| $G_o = 45 \div 200 \text{ MPa}$          | modulo di deformazione a taglio iniziale       |
| $E_o = 120 \div 520 \text{ MPa}$         | modulo di deformazione elastico iniziale       |
| $k = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$        | permeabilità (valore medio)                    |

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

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                  |
| $c' = 0 \text{ kPa}$                 | coesione drenata                         |
| $\varphi' = 33 \div 38^\circ$        | angolo di resistenza al taglio           |
| $N_{spt} = 16 \div R$                | numero di colpi da prova SPT             |
| $G_o = 80 \div 250 \text{ MPa}$      | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 200 \div 700 \text{ MPa}$     | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$    | 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 139 di 195 |

### 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             |
| $G_o = 90\div 160 \text{ MPa}$      | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 230\div 420 \text{ MPa}$     | 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 ( $E_o$ ).

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.

## 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 68. Profondità falda in metri da p.c..**

| PIEZOMETRO    | COORDINATE WGS84 |           |       |            | 26 aprile 2019 | 14 maggio 2019 | 29 maggio 2019 | 17 giugno 2019 | 2 luglio 2019 | 19 luglio 2019 |
|---------------|------------------|-----------|-------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Denominazione | LAT - LONG       | Quota     |       |            | 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     |                |                |                |                | -             | -              |
| 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          | 2.97           |
| SD7           | 4146524.91       | 504268.23 | 16.00 | Norton     | 4.97           | -              | 2.97           | 5.05           | 3.10          | 5.16           |
| SD8           | 4146786.10       | 503956.29 | 25.47 | Norton     | 8.89           | 8.92           | 8.98           | 9.12           | 9.22          | 9.25           |
| 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          | 5.50           |
| SD11          | 4145954.79       | 503860.79 | 18.00 | Norton     | 5.52           | 5.86           | 5.89           | 6.03           | 6.30          | 6.64           |
| SD12          | 4146338.98       | 503381.80 | 24.00 | Norton     | 9.55           | 9.60           | 9.64           | 9.51           | 9.83          | 10.20          |
| SD15          | 4145740.61       | 503653.33 | 19.00 | Norton     | 6.26           | 6.46           | 6.52           | 6.57           | 6.95          | 7.17           |
| SD17          | 4144978.88       | 502478.55 | 19.00 | Norton     | 5.12           | 5.23           | 5.33           | 5.41           | 5.56          | 5.63           |
| SD20          | 4144296.04       | 502515.27 | 12.00 | Casagrande | 2.20           | 2.33           | 2.43           | 2.65           | 2.89          | 3.13           |
|               | 4144296.04       | 502515.27 | 12.00 | Casagrande | 2.35           | 2.35           | 2.52           | 2.75           | 3.01          | 3.36           |
| SD22          | 4144533.49       | 502645.54 | 13.00 | Casagrande |                |                |                |                | 3.00          | 2.16           |
| SD25          | 4144648.00       | 502505.00 | 20.00 | Casagrande |                |                |                |                | 7.59          | 8.25           |
| SD26          | 4145282.81       | 502184.00 | 20.00 | Casagrande |                |                |                |                | 9.40          | 9.79           |
| SD27          | 4145282.81       | 502184.00 | 20.00 | Norton     |                |                |                |                | -             | -              |
| SD31          | 4144481.55       | 502622.16 | 12.24 | Casagrande |                |                |                |                | 3.25          | 2.70           |



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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

|          |       |          |              |      |            |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 141 di 195 |

|      |            |           |       |            |  |  |  |  |      |      |
|------|------------|-----------|-------|------------|--|--|--|--|------|------|
| 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.

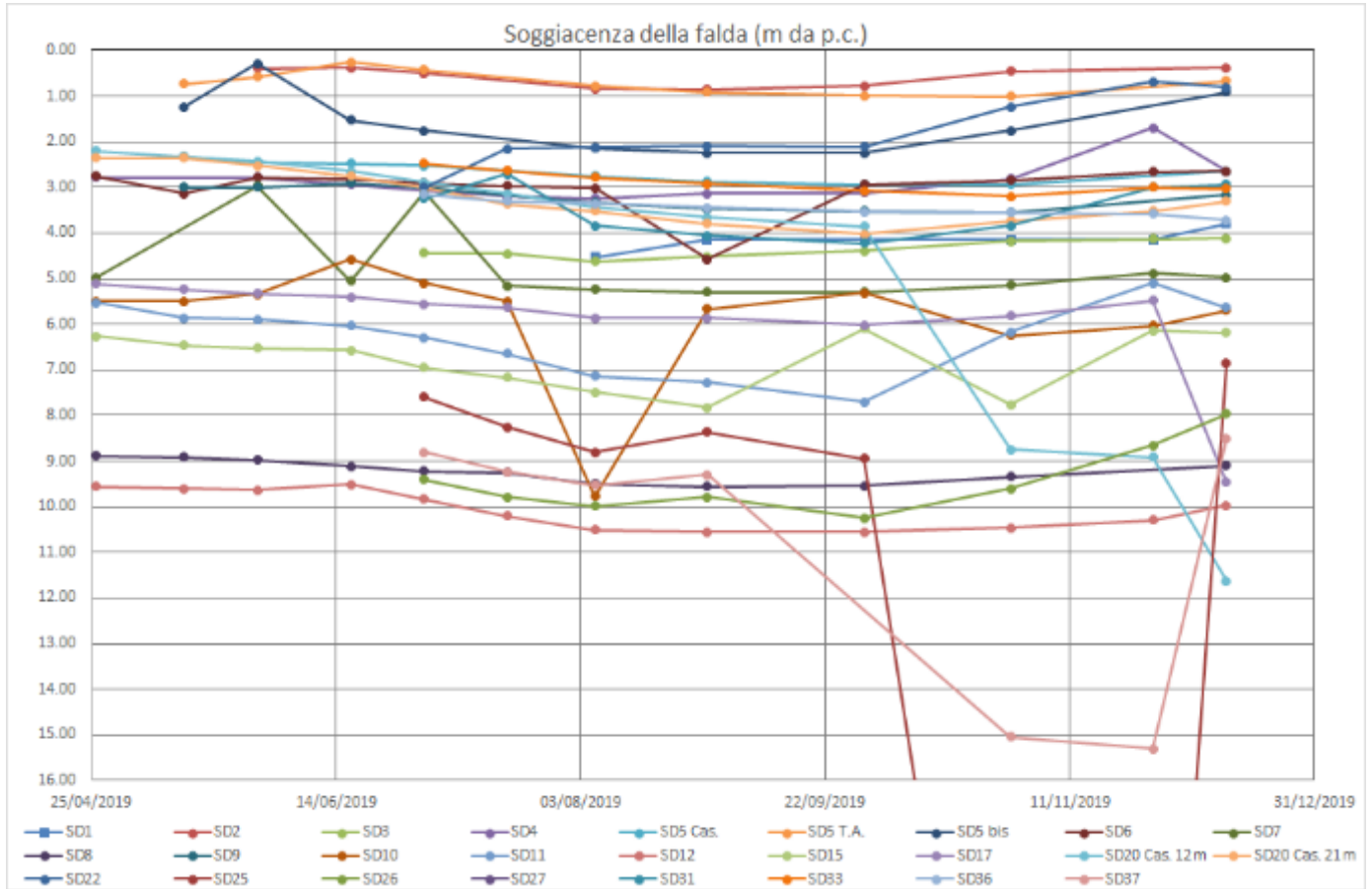


Figura 33. Livello falda in quota assoluta (solo letture piezometri del P.D.)

## 9 OPERE D'ARTE MAGGIORI

### 9.1 VIADOTTO VI04 E NW02

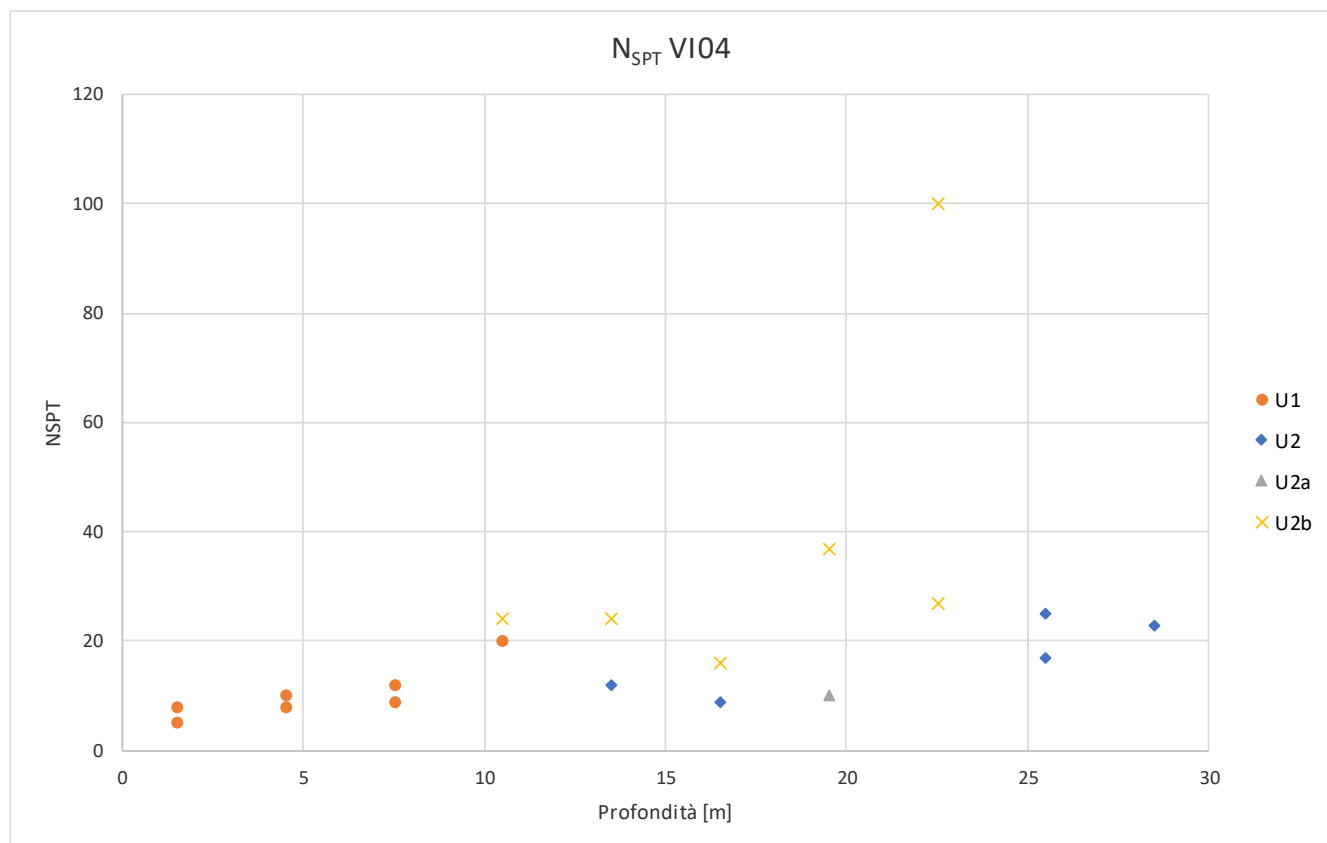
L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 0+400 e 0+475 del Lotto 3 – Bretella PA-SR.

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

| Sondaggio | Profondità<br>(m) | Lotto<br>N. | Data esecuzione |               | Strumentazione | Coordinate          |             |                               |                          |
|-----------|-------------------|-------------|-----------------|---------------|----------------|---------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|
|           |                   |             |                 |               |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             | Quota<br>sondaggio<br>(m slm) | Quota terreno<br>(m slm) |
|           |                   |             |                 |               |                | Nord                | Est         |                               |                          |
| SD19      | 50.00             | 3           | dal 03/11/2019  | al 13/03/2019 | DH             | 4145219.811         | 2522216.421 | 20.00                         | 20.00                    |
| SD26      | 50.00             | 3           | dal 27/05/2019  | al 29/05/2019 | Piezometro     | 4145282.633         | 2522190.597 | 20.00                         | 20.00                    |

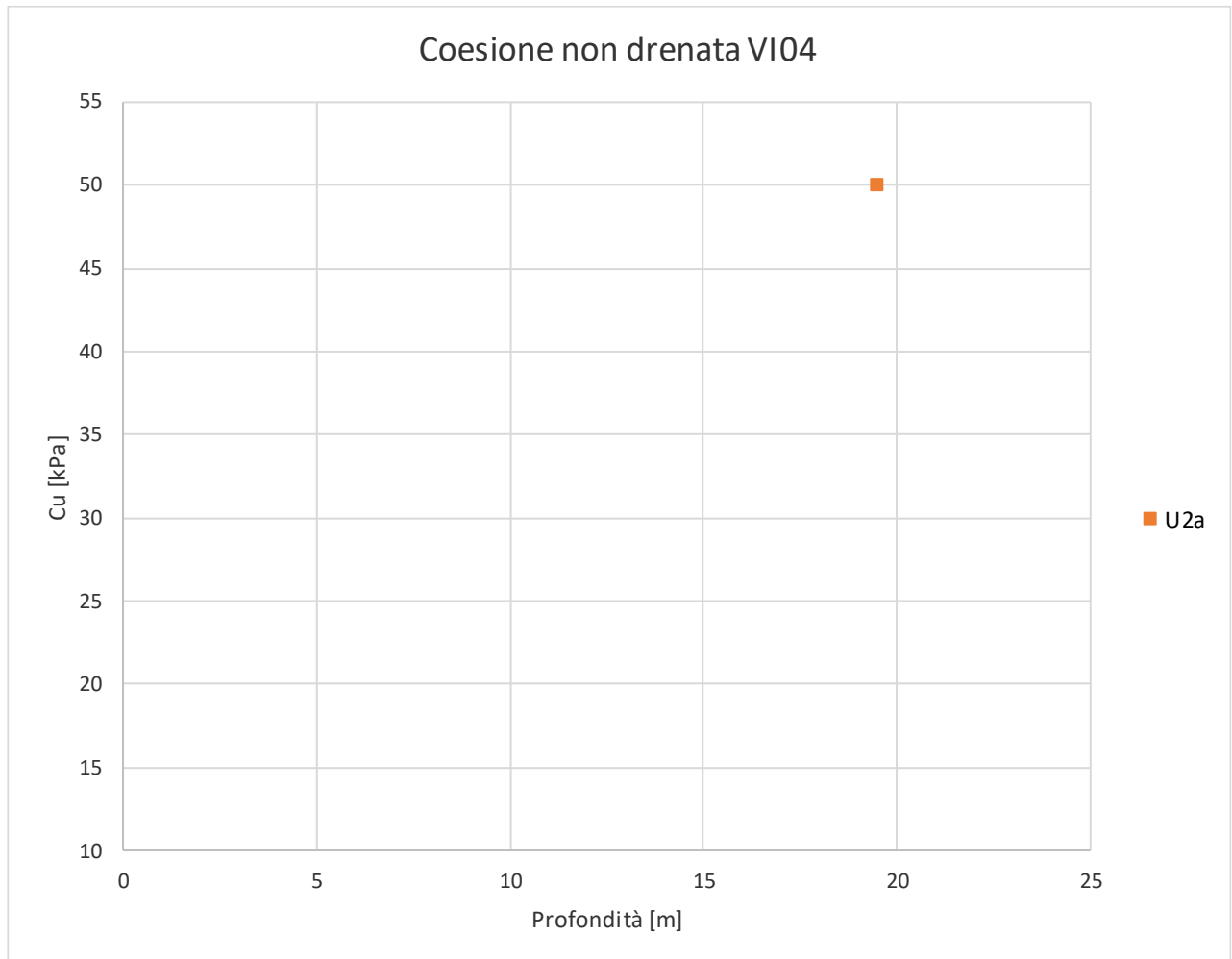
A partire dal p.c. sono stati intercettati terreni sabbioso limosi (unità U1) fino a profondità di circa 1.5 m, al di sotto dei quali sono presenti i depositi alluvionali antichi dove prevalgono le formazioni sabbiose (unità U2) alternate da strati localizzati della formazione di ghiaia sabbiosa (unità U2b). Da 45.0m da p.c. fino alla massima profondità investigata si intercetta la formazione argillosa del substrato (unità U3).

Dalle indagini sismiche, DH-SD19, 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.

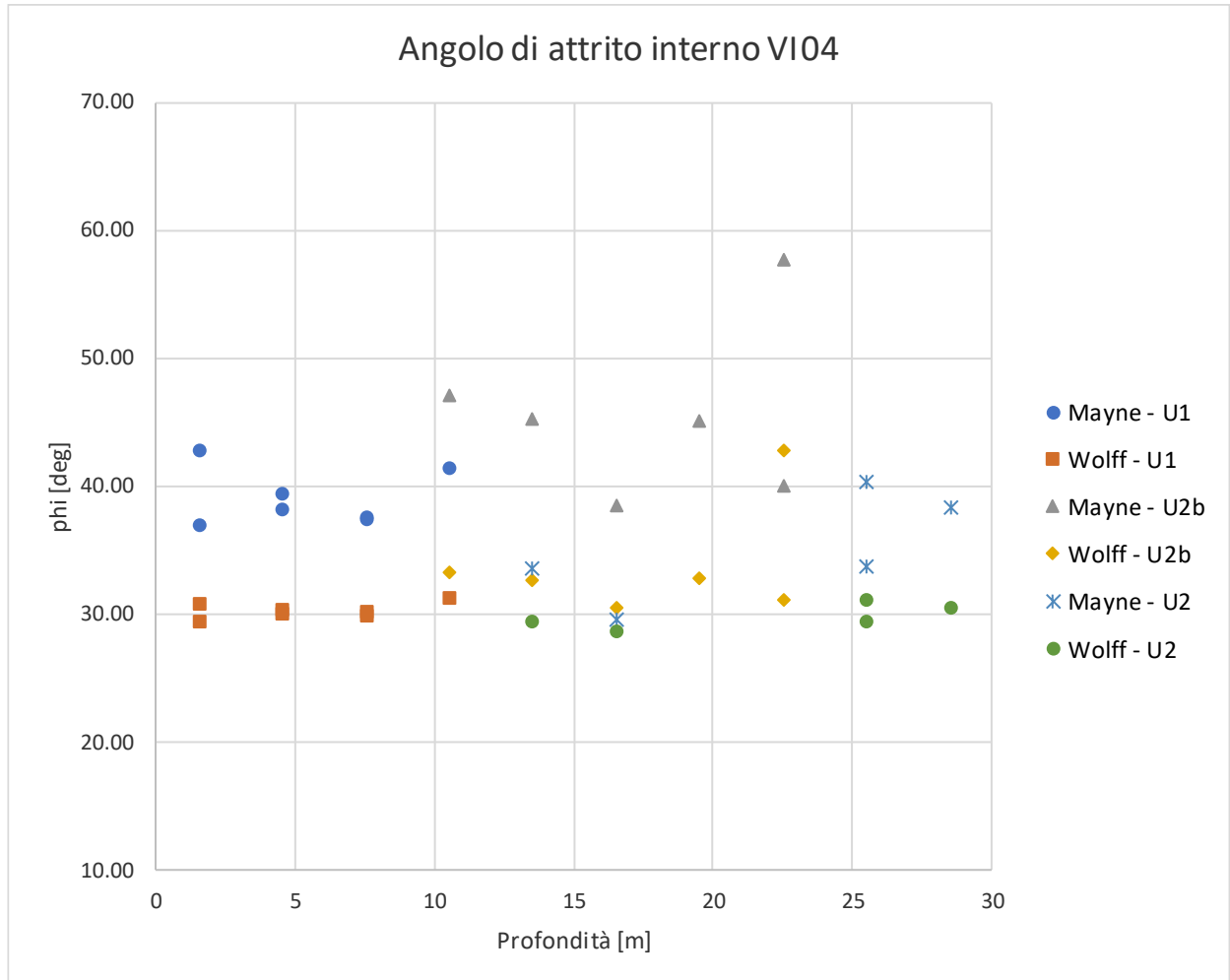




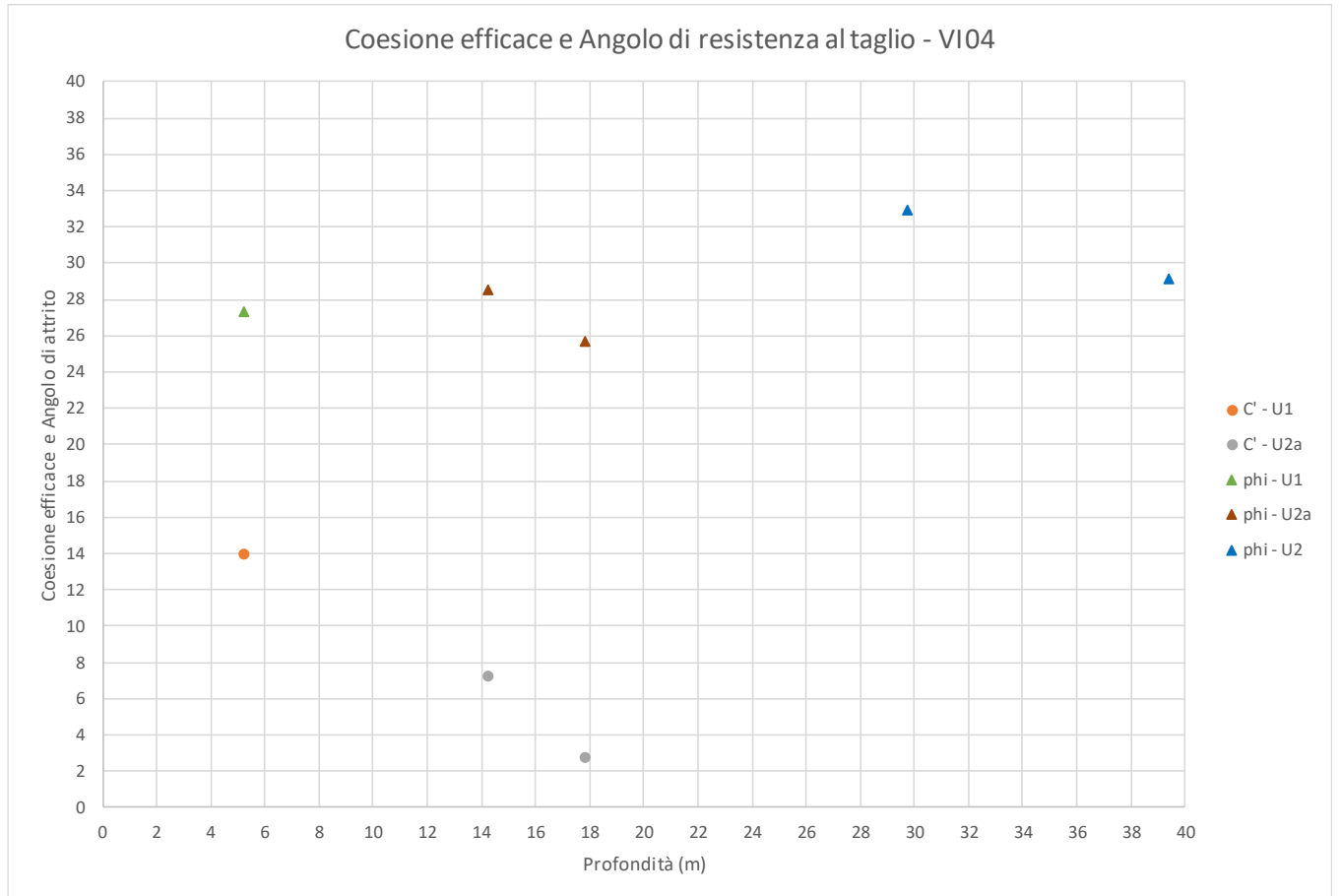
**Figura 34. Numero di colpi da prove SPT – VI04**



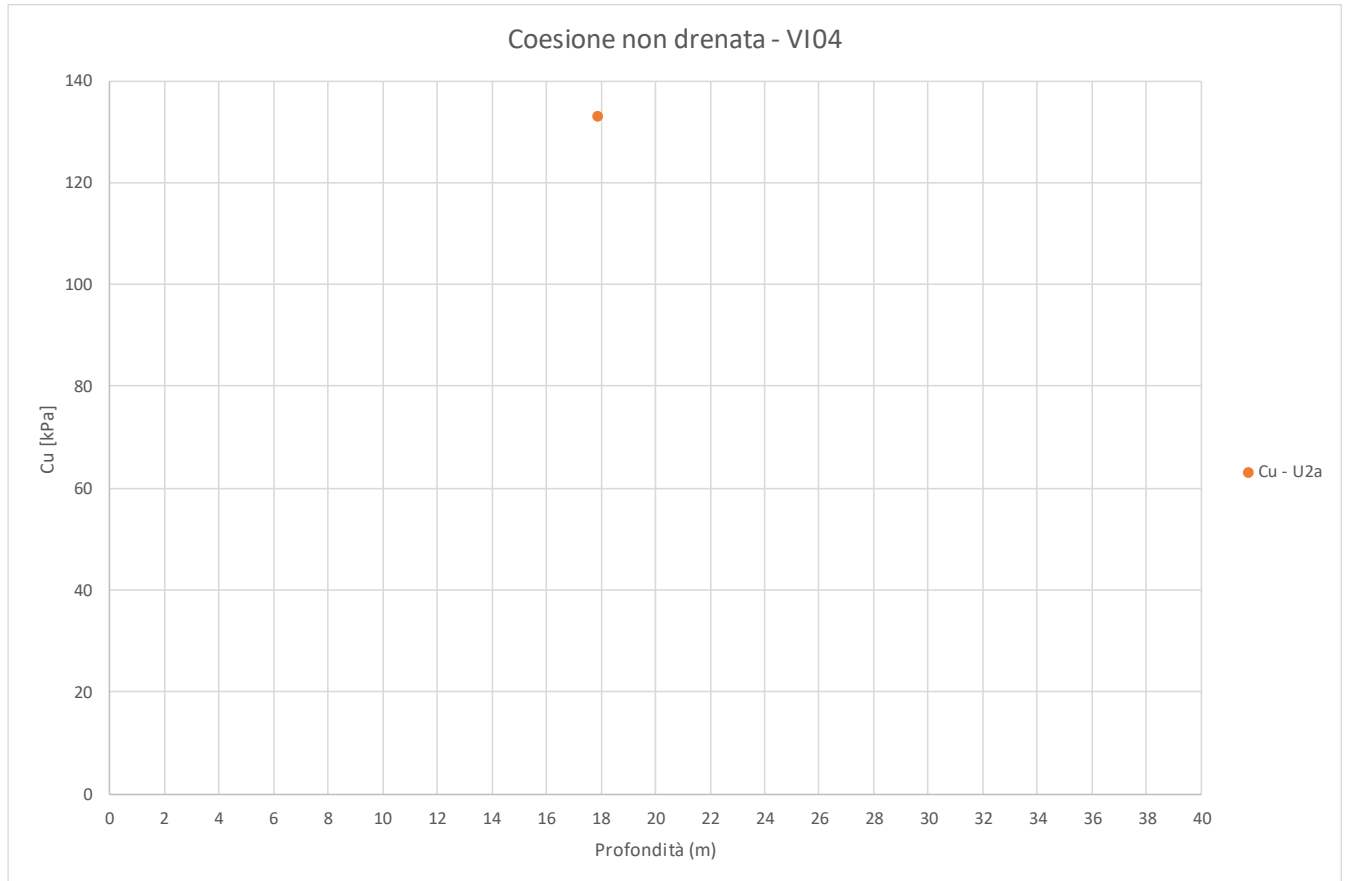
**Figura 35. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– VI04**



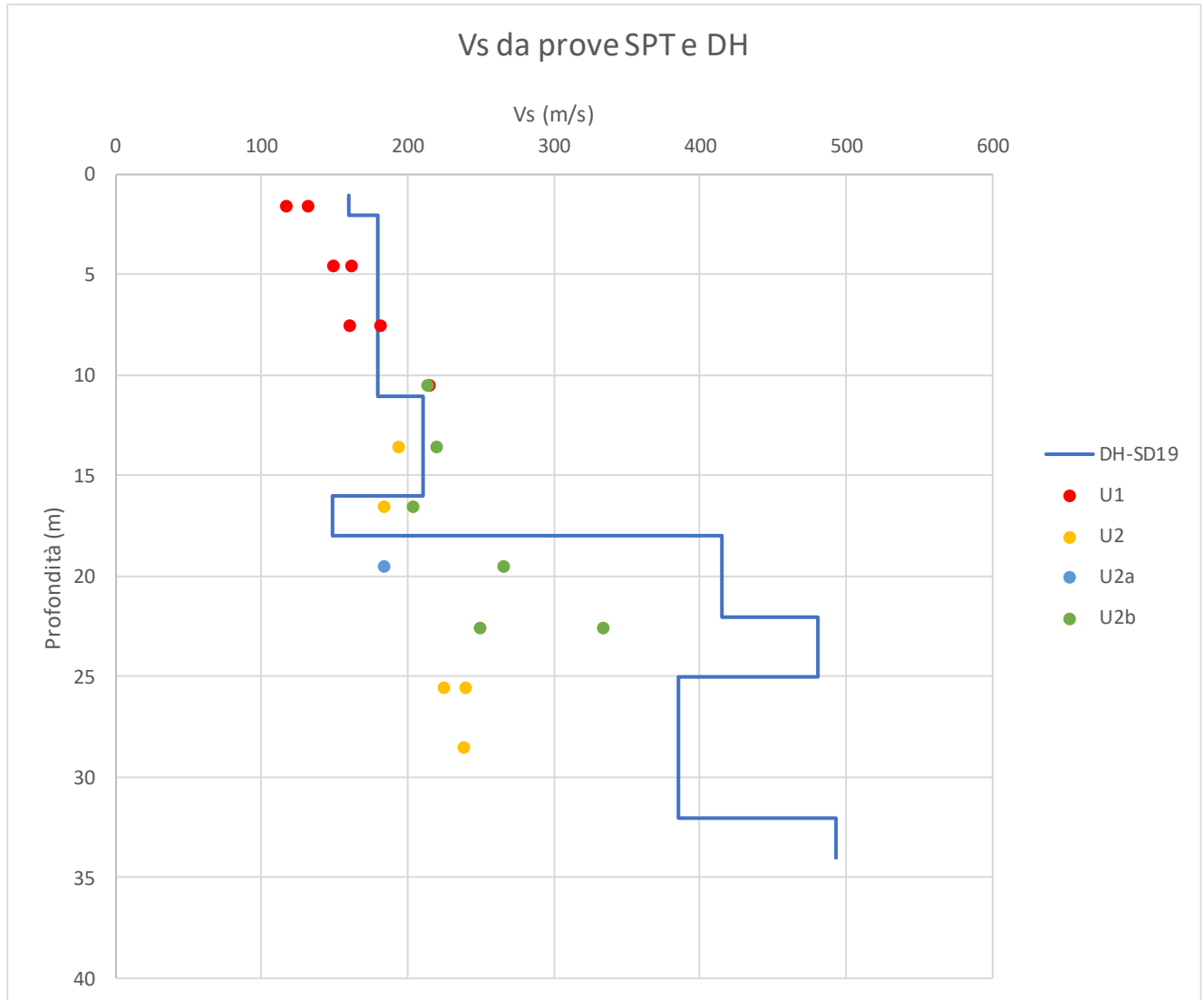
**Figura 36. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT– VI04**



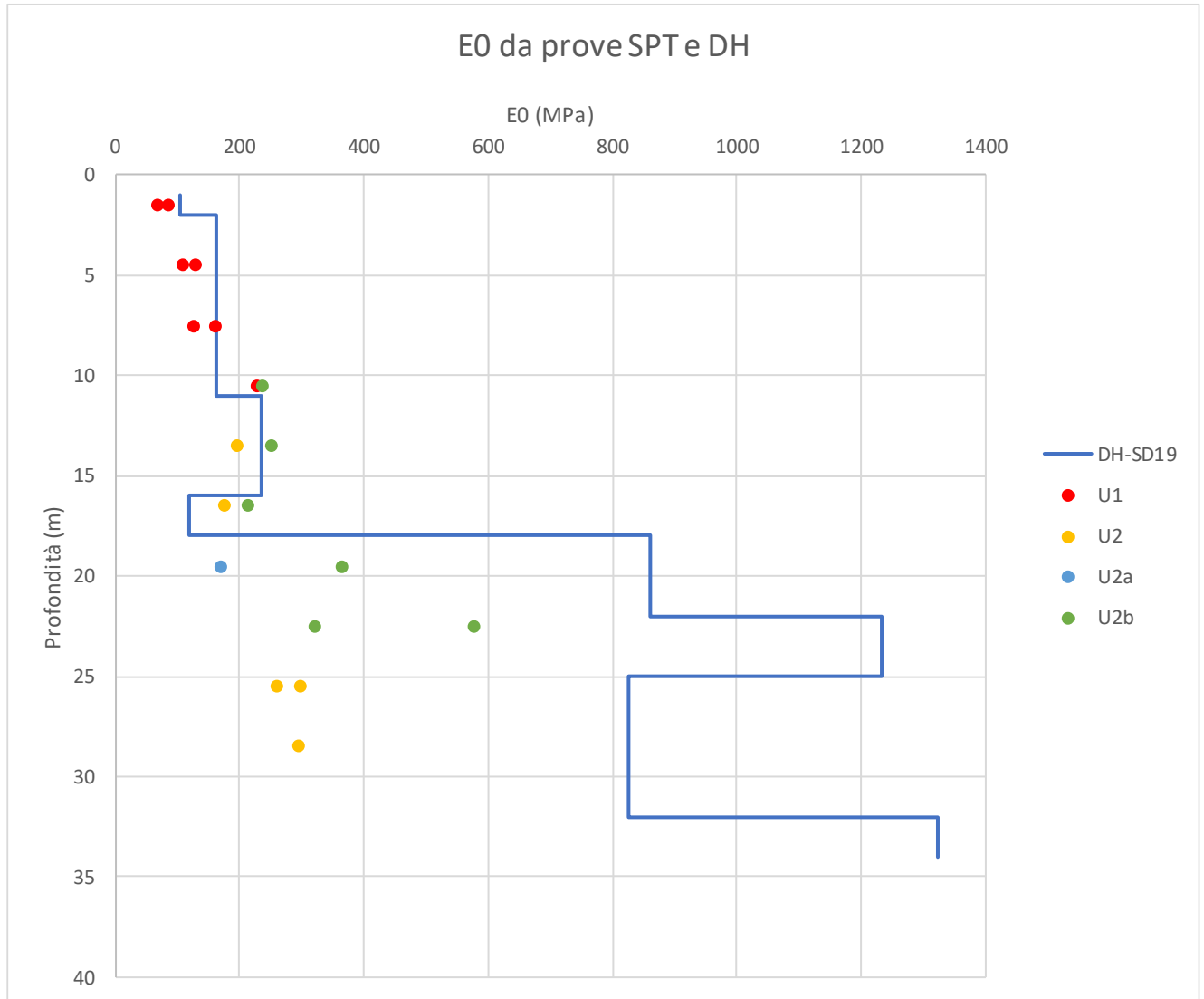
**Figura 37. Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata da prove di laboratorio – VI04**



**Figura 38. Coesione non drenata da prove di laboratorio – VI04**



**Figura 39. Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – VI04**



**Figura 40. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH – VI04**



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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 150 di 195 |

## 9.2 GALLERIA GA03 E NW03-NW04

L'opera è prevista tra le progressive chilometriche 0+695 a 0+735 del Lotto 3 – Bretella PA-SR.

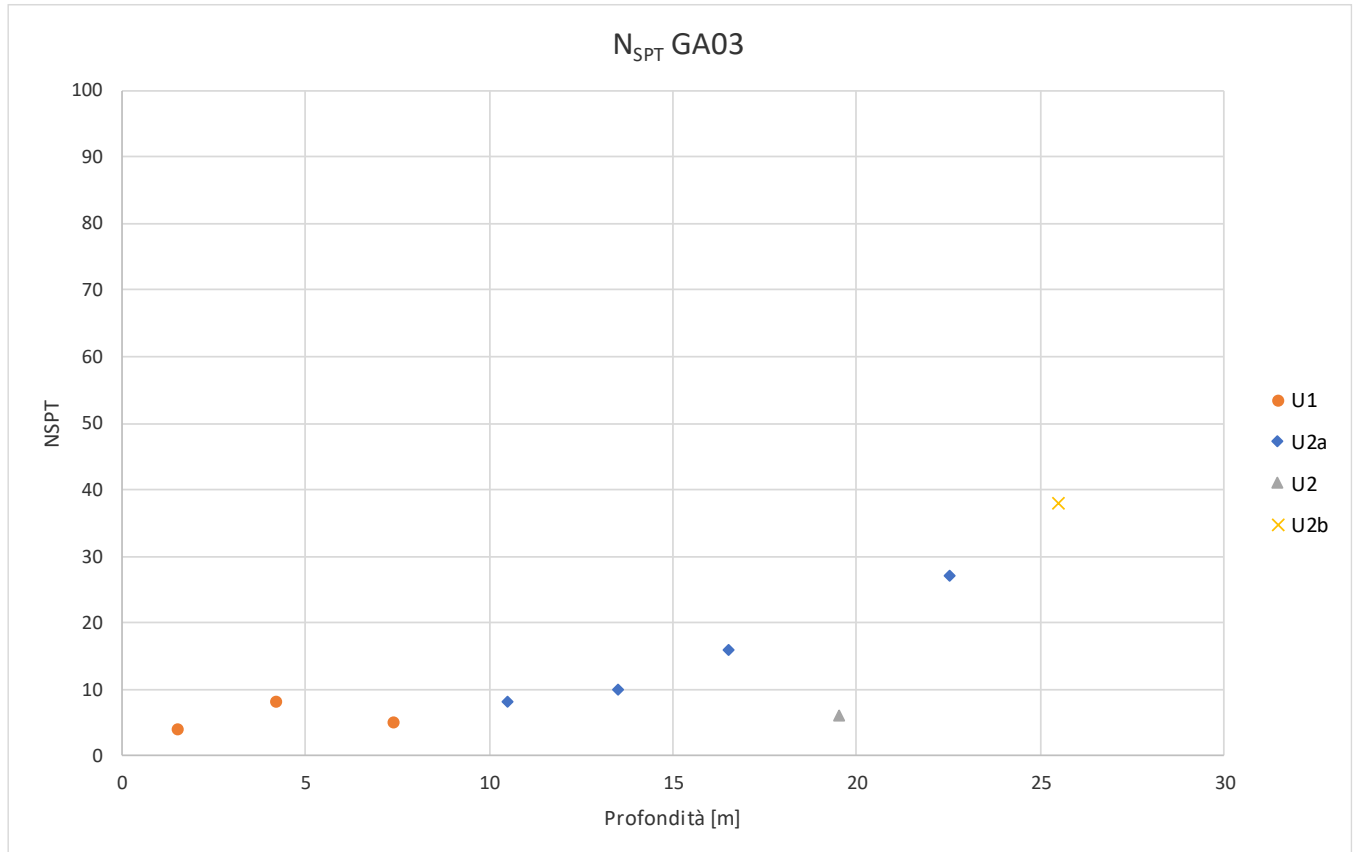
In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella seguente tabella.

| Sondaggio  | Profondità | Lotto | Data esecuzione |            | Strumentazione | Coordinate          |             |                 |               |         |
|------------|------------|-------|-----------------|------------|----------------|---------------------|-------------|-----------------|---------------|---------|
|            |            |       |                 |            |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             | Quota sondaggio | Quota terreno |         |
|            |            |       |                 |            |                | Nord                | Est         |                 |               | (m slm) |
| SD27       | 30.00      | 3     | 17/06/2019      | 18/06/2019 | Piezometro     | 4145043.377         | 2522189.931 | 20.00           | 20.00         |         |
| <b>CPT</b> |            |       |                 |            |                |                     |             |                 |               |         |
| CPT        | Profondità | Lotto | Data esecuzione |            | Strumentazione | Coordinate          |             |                 |               |         |
|            |            |       |                 |            |                | Sistema GAUSS-BOAGA |             | Quota sondaggio | Quota terreno |         |
|            |            |       |                 |            |                | Nord                | Est         |                 |               | (m slm) |
| cp6        | 15.17      | 3     | 07/04/2019      | 07/04/2019 |                | 4145066.902         | 2522232.664 | 18.00           | 18.00         |         |

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.

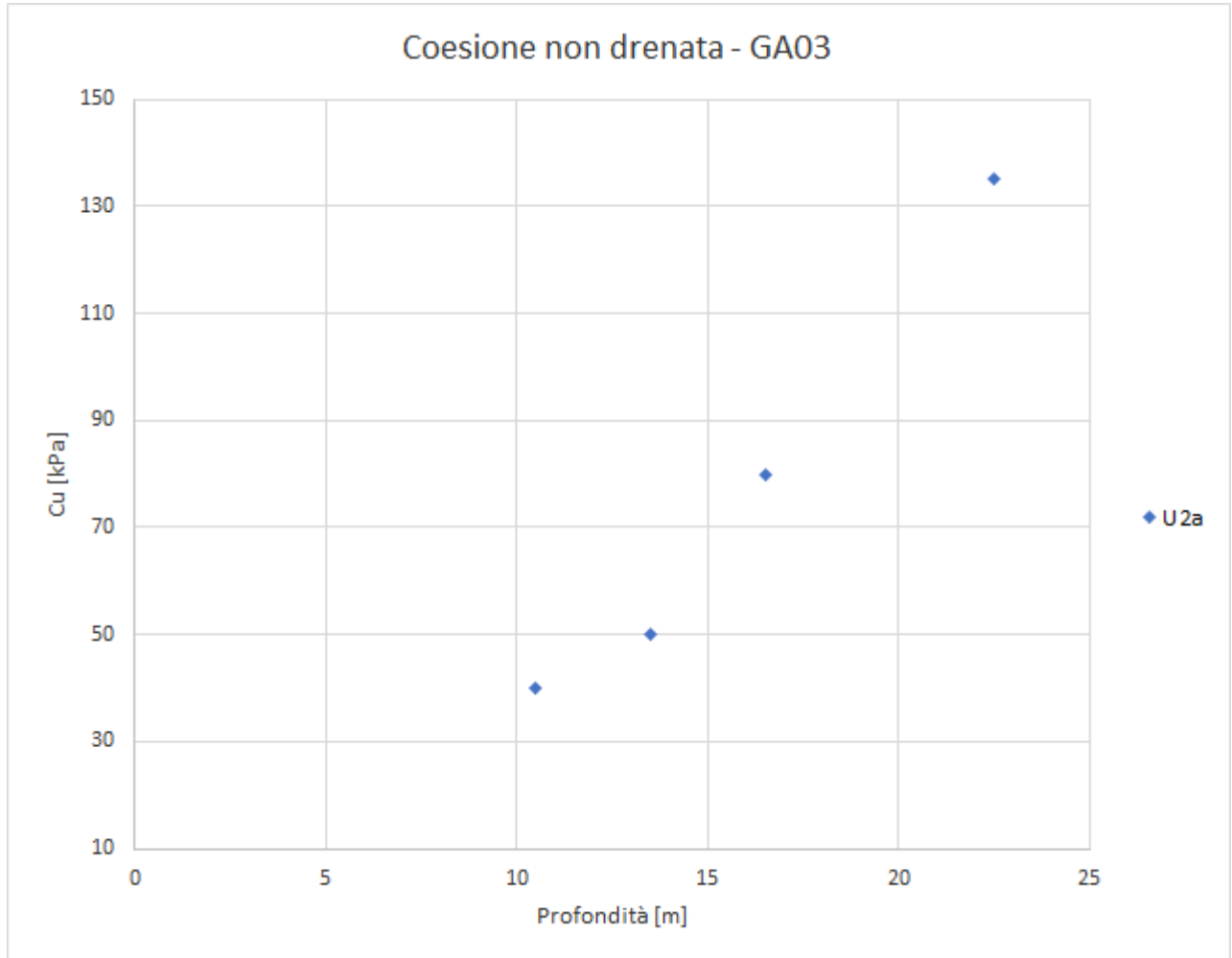
Nella relazione geotecnica sulla liquefazione è riportata nel dettaglio la verifica a liquefazione dei terreni presenti in prossimità dell'opera. Sono stati rilevati livelli di terreni sabbiosi sotto falda relativi all'unità U1, potenzialmente liquefacibili come risulta dalle analisi effettuate sulla CPT6. Questo strato è posto ad una profondità di circa 6.0m da p.c. e ha uno spessore variabile tra 2.5 a 4.0m, interferente con le fondazioni profonde dei viadotti NW03 e NW04.

Dalle indagini sismiche, DH-SD19, 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.

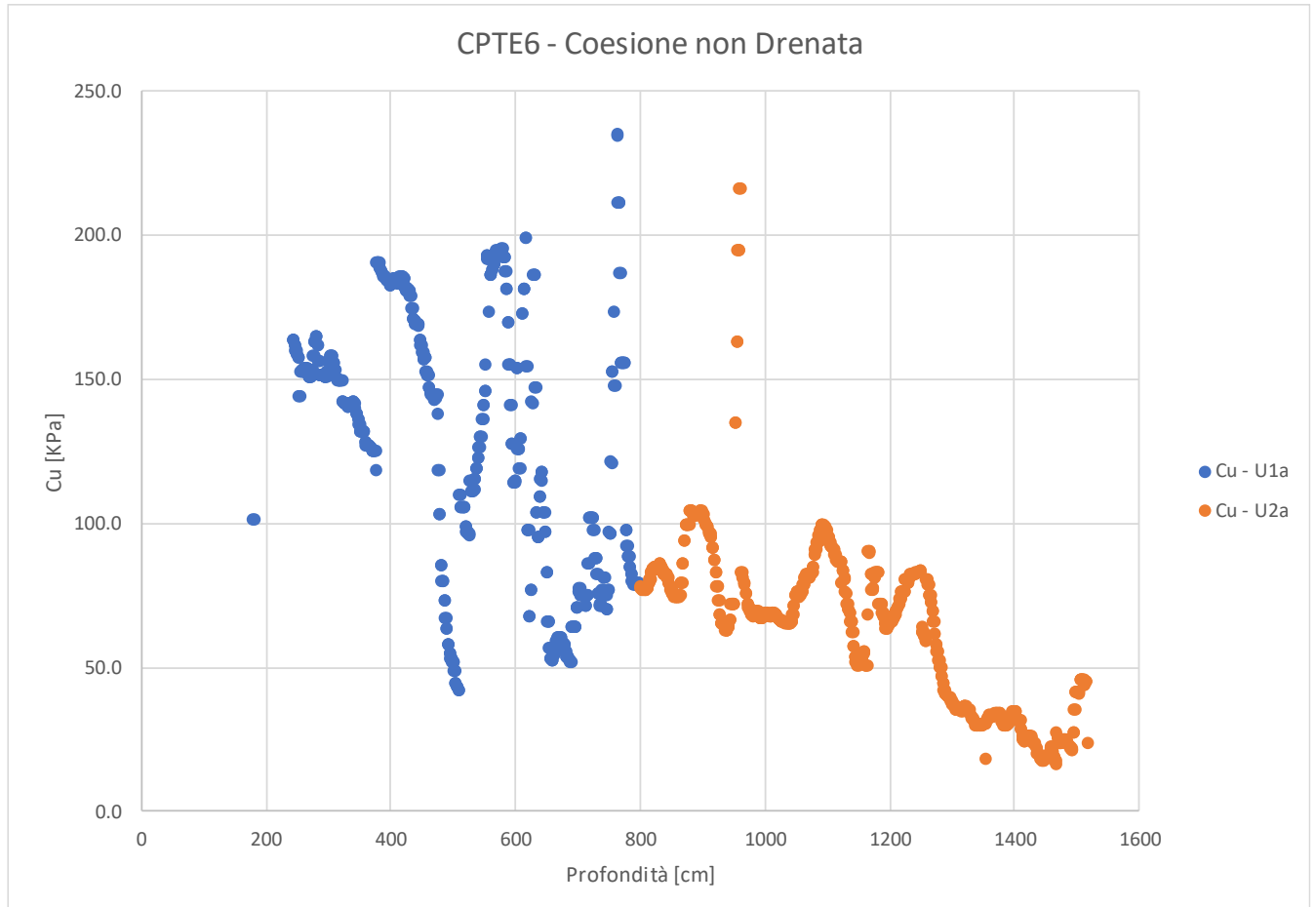


**Figura 41. Numero di colpi da prove SPT – GA03**

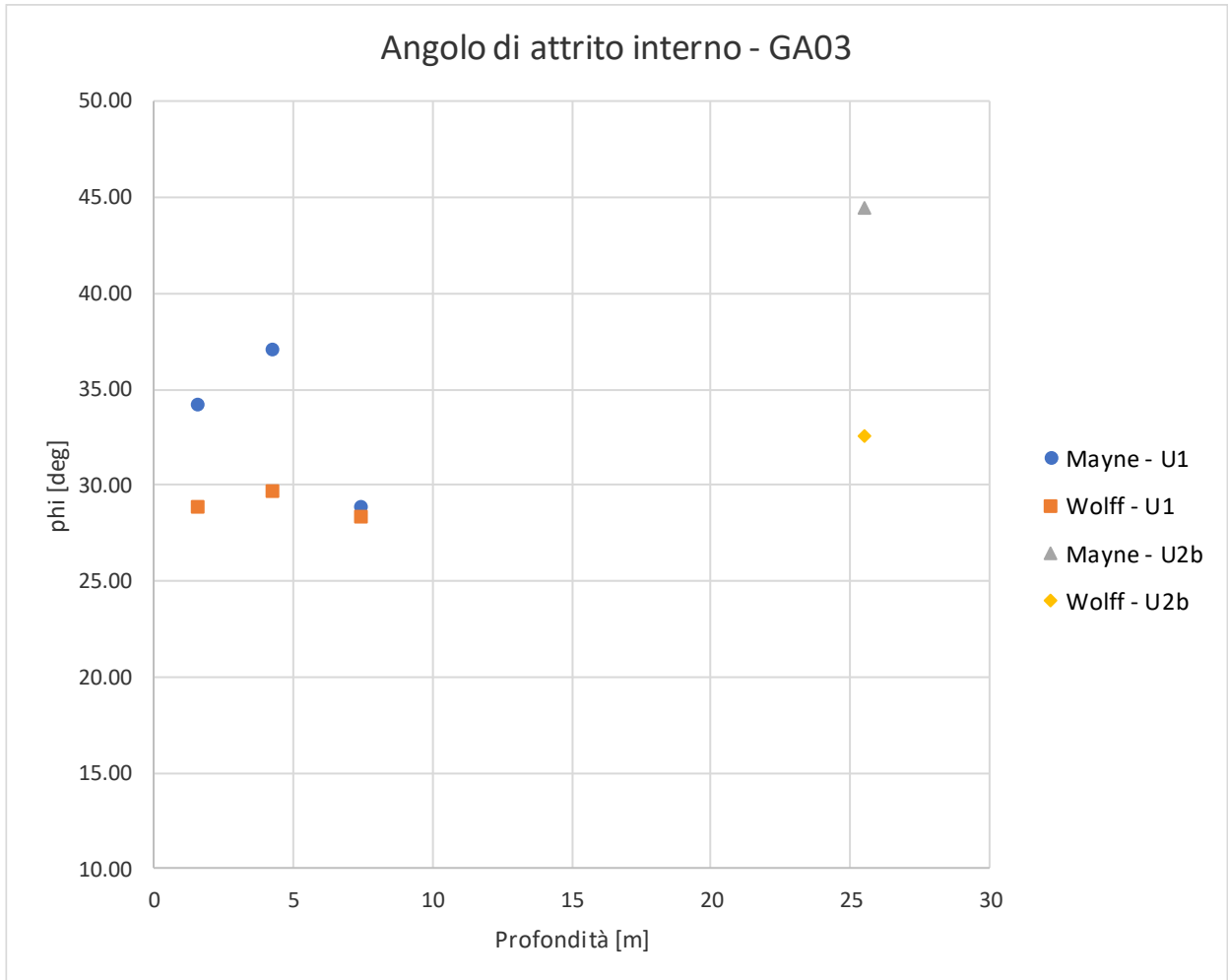




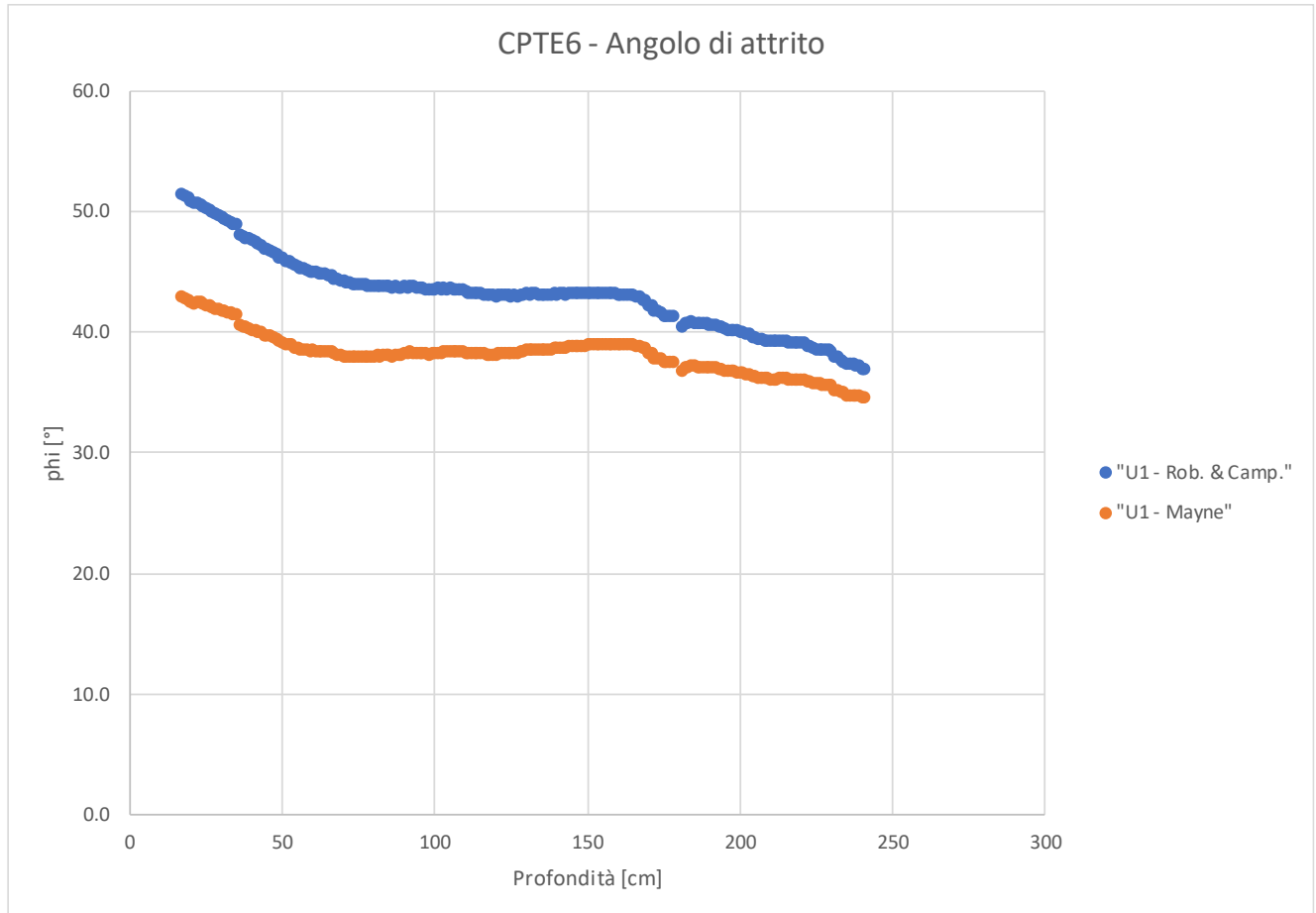
**Figura 42. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove SPT– GA03**



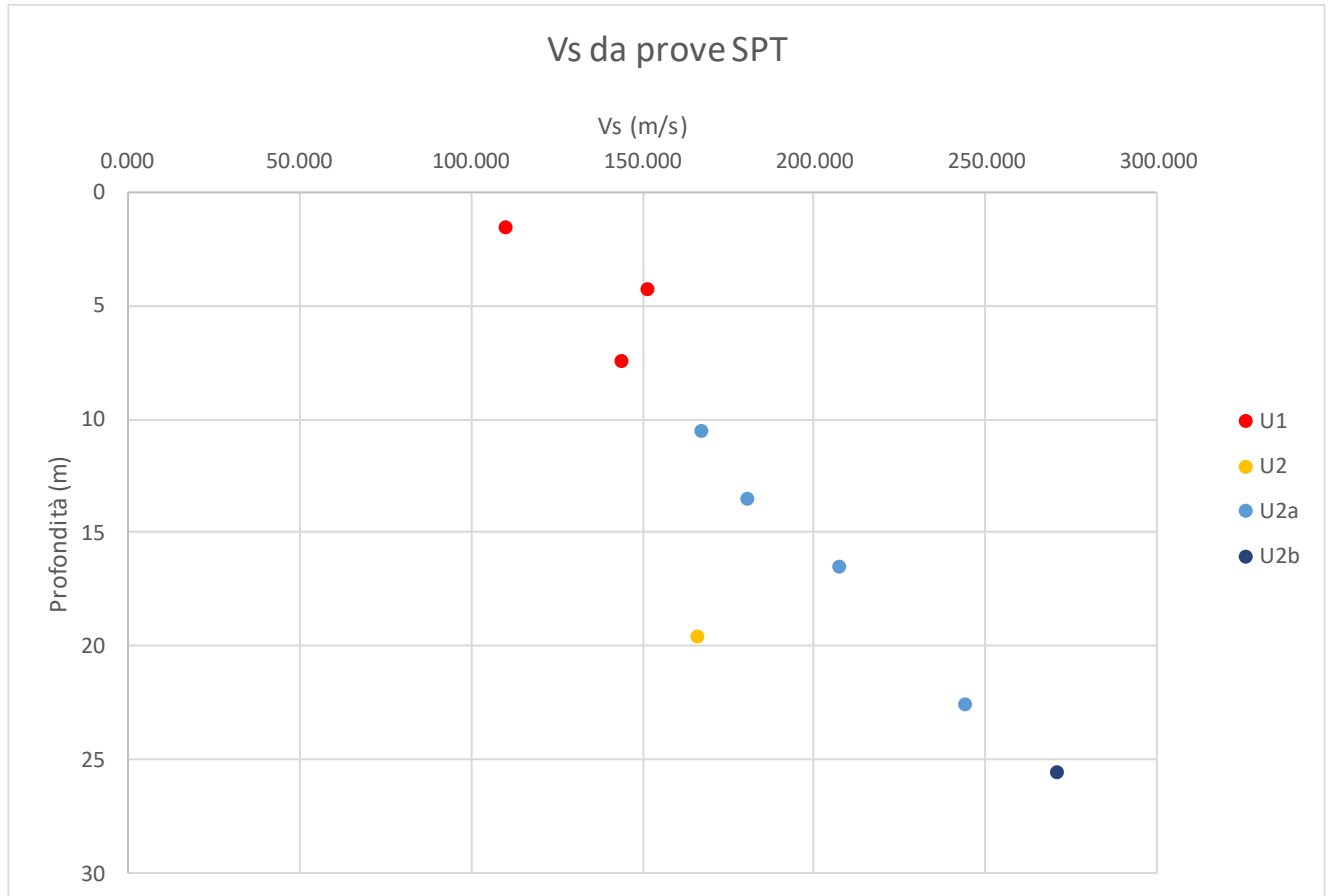
**Figura 43. Resistenza al taglio non drenata Cu da prove CPT- GA03**



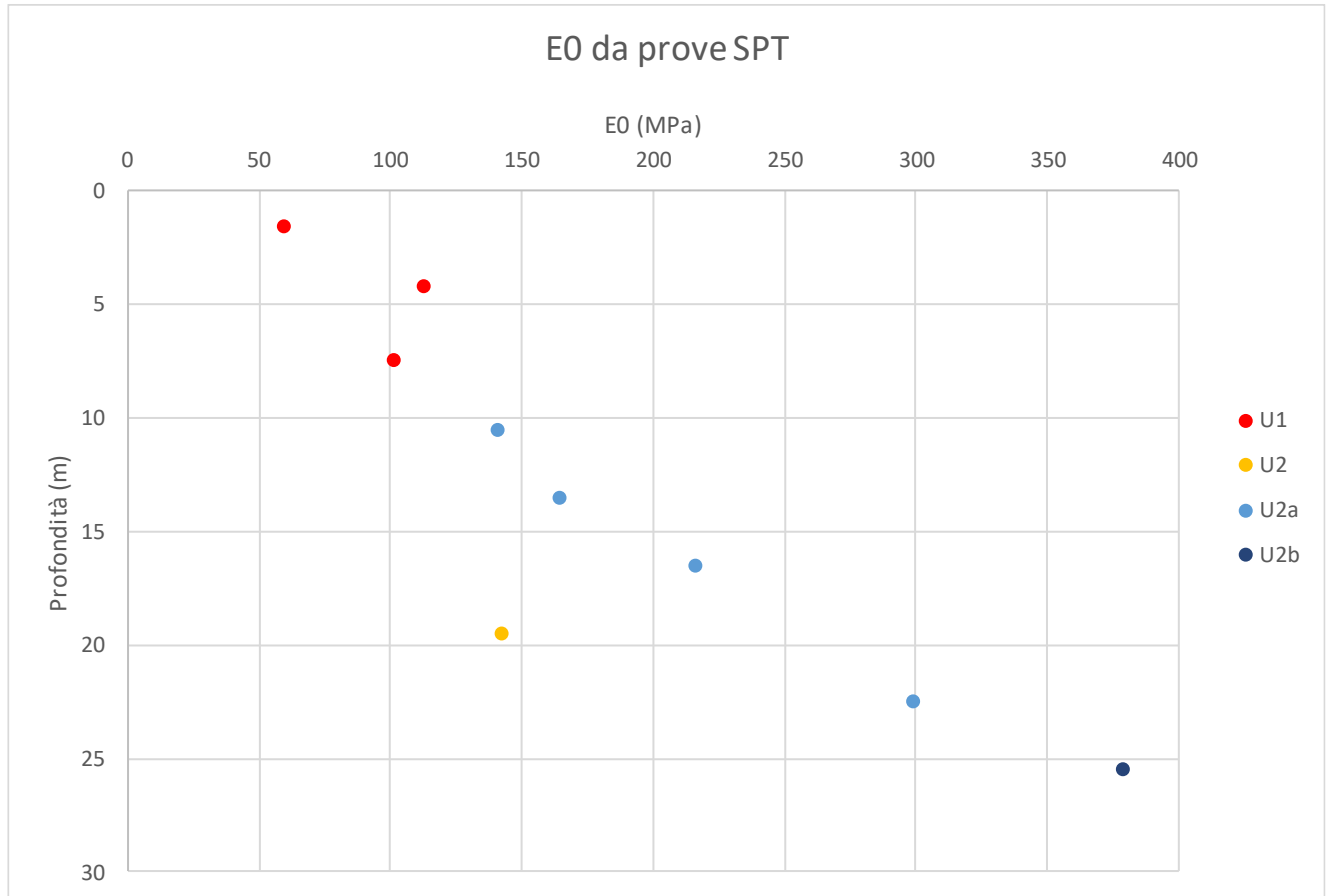
**Figura 44. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT- GA03**



**Figura 45. Angolo di resistenza al taglio da prove CPT– GA03**



**Figura 46. Velocità delle onde di taglio da prove SPT –GA03**



**Figura 47. Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT – GA03**



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 158 di 195 |

## 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 69, 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  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative (Tabella 70).

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, cavalferrovia).

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 69 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.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

**Tabella 70 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 71** 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  | $\gamma_{Q2}$                                 | 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,

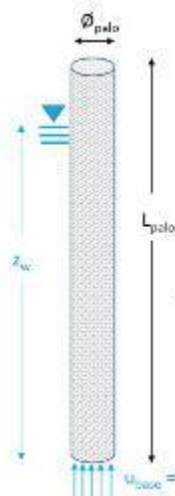
$Q_{bl}$  = portata di base limite,

$W'_p$  = 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**

$$W_{palo k} = \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} - \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$\gamma_{cs} = 25 \text{ kN/m}^3$   
(valore convenzionale per il calcestruzzo armato)

**Verifiche SLU - Statiche**

$$W_{palo k} = \gamma_F \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} - \gamma_{Fw} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$\gamma_F = 1.3$  nelle verifiche SLU (Peso del Palo)  
Statiche (Approccio 2: A1+M1+R3)  
Permanente Stavorevole

$\gamma_{Fw} = 1.0$  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

$$W_{palo d} = (1 \pm k_v) \cdot \left( \gamma_F \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot L_{palo} \cdot \gamma_{cls} \right) - \gamma_{Fw} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{palo}^2}{4} \cdot U_{base}$$

$U_{base} = \tau_w \cdot \gamma_{water}$

### 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.

### 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:

$$\tau_{lim,i} = \alpha * c_u < 100 \text{ kPa}$$

oppure i valori di  $\alpha$  suggeriti da Viggiani (1999)

| pali trivellati | $c_u$   | $\alpha$                          |
|-----------------|---------|-----------------------------------|
|                 | (kPa)   | (-)                               |
|                 | <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,

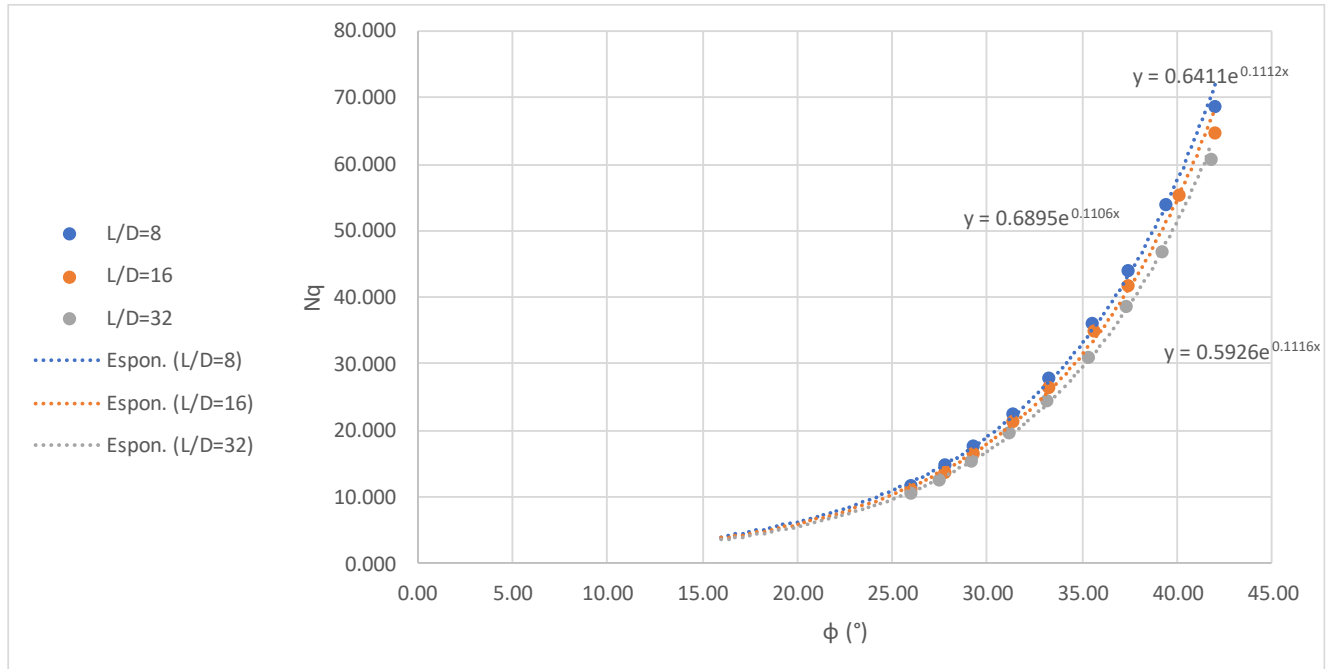
$q_{bl}$  = portata limite specifica di base.

### Depositi Incoerenti e coesivi in condizioni drenate

La portata limite di base viene valutata con la correlazione di Berezantzev (1965) interpretata 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 48. 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 72 - 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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 164 di 195 |

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  $q_{ber}$ , per terreni coesivi, viene valutata con l'espressione:

$$q_{ber} = (9 c_u + \sigma_v)$$

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 ( $= \gamma_{st} \cdot \xi_3$ ).

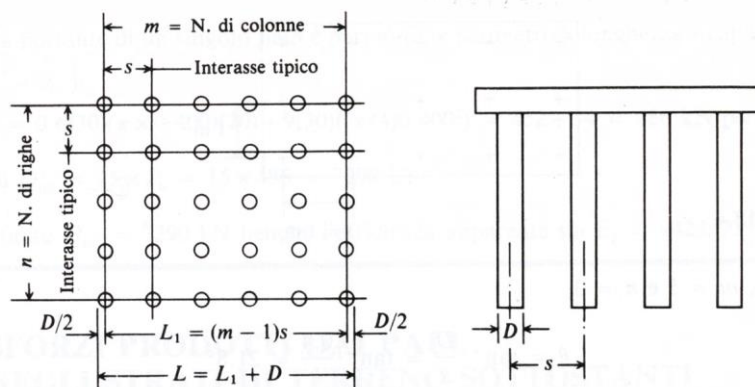
#### **10.2.2 Comportamento di gruppo a carichi verticali**

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 49. 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 interessi 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 ( $Q_{il} / FS_{el}$ , con  $FS \geq 1.25$  per condizioni di carico SLE).

### 10.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI

#### 10.3.1 Viadotto VI04

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 8 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 11.5*         | Unità U1         |
| Da 11.5 a 15.5         | Unità U2b        |
| Da 15.5 a 18.5         | Unità U2a        |
| Da 18.5 a 22.0         | Unità U2         |
| Da 22.0 a 25.5         | Unità U2b        |
| Da 25.5 a 32.5         | Unità U2         |
| Da 32.5 a 35.0         | Unità U2b        |
| Da 35.0 a 43.5         | Unità U2         |
| Da 43.5 a 50.0         | Unità U3         |

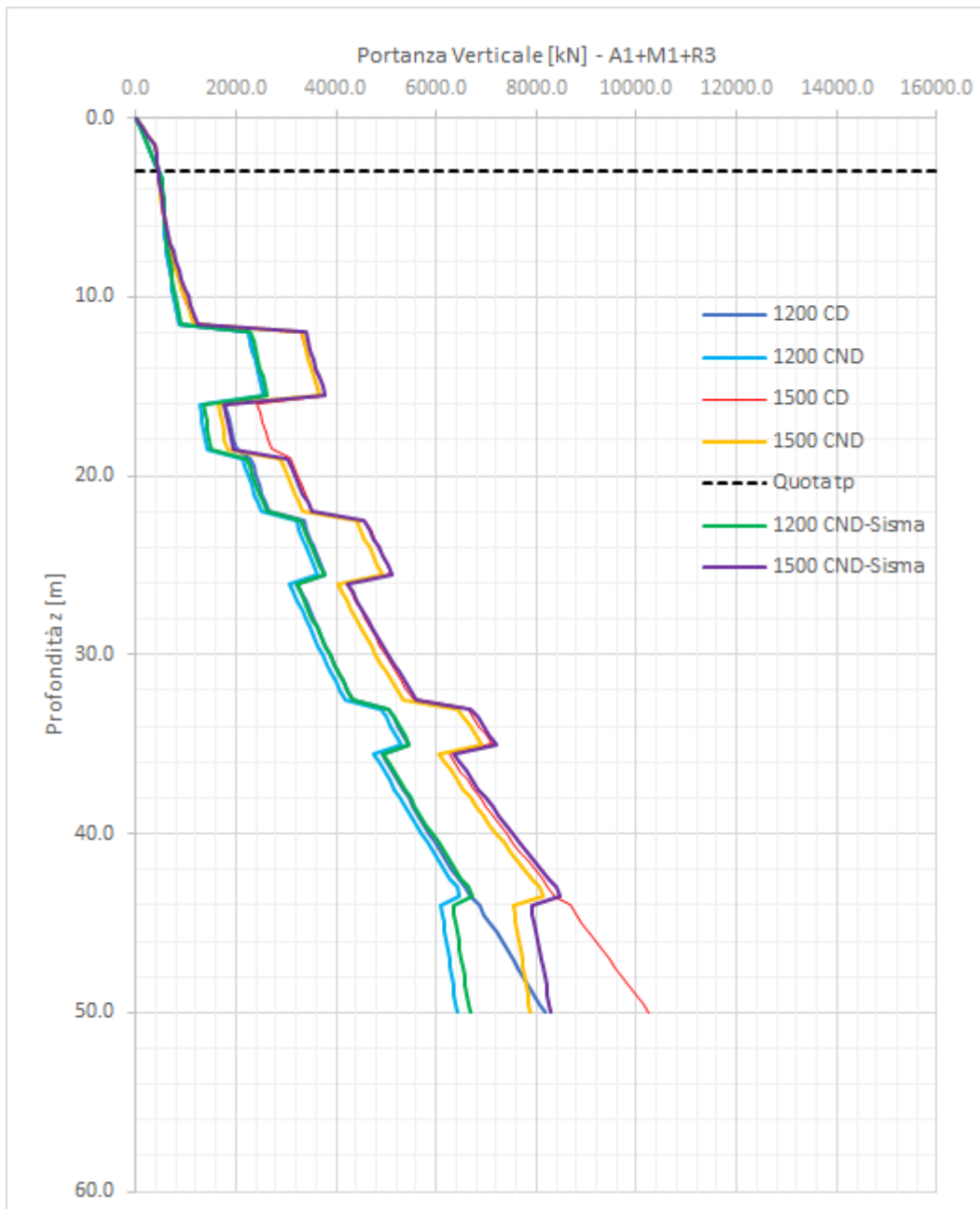
\*strato liquefacibile da 8.0 a 11.5m da p.c.

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         | 19.0                          | 29                          | 13                               |                         |
| Unità U2         | 19.5                          | 29                          | 30                               |                         |
| Unità U2a        | 19.5                          | 25                          | 25                               | 100                     |
| Unità U2b        | 19.5                          | 35                          | 45                               |                         |
| Unità U3         | 20.5                          | 20                          | 33                               | 100                     |

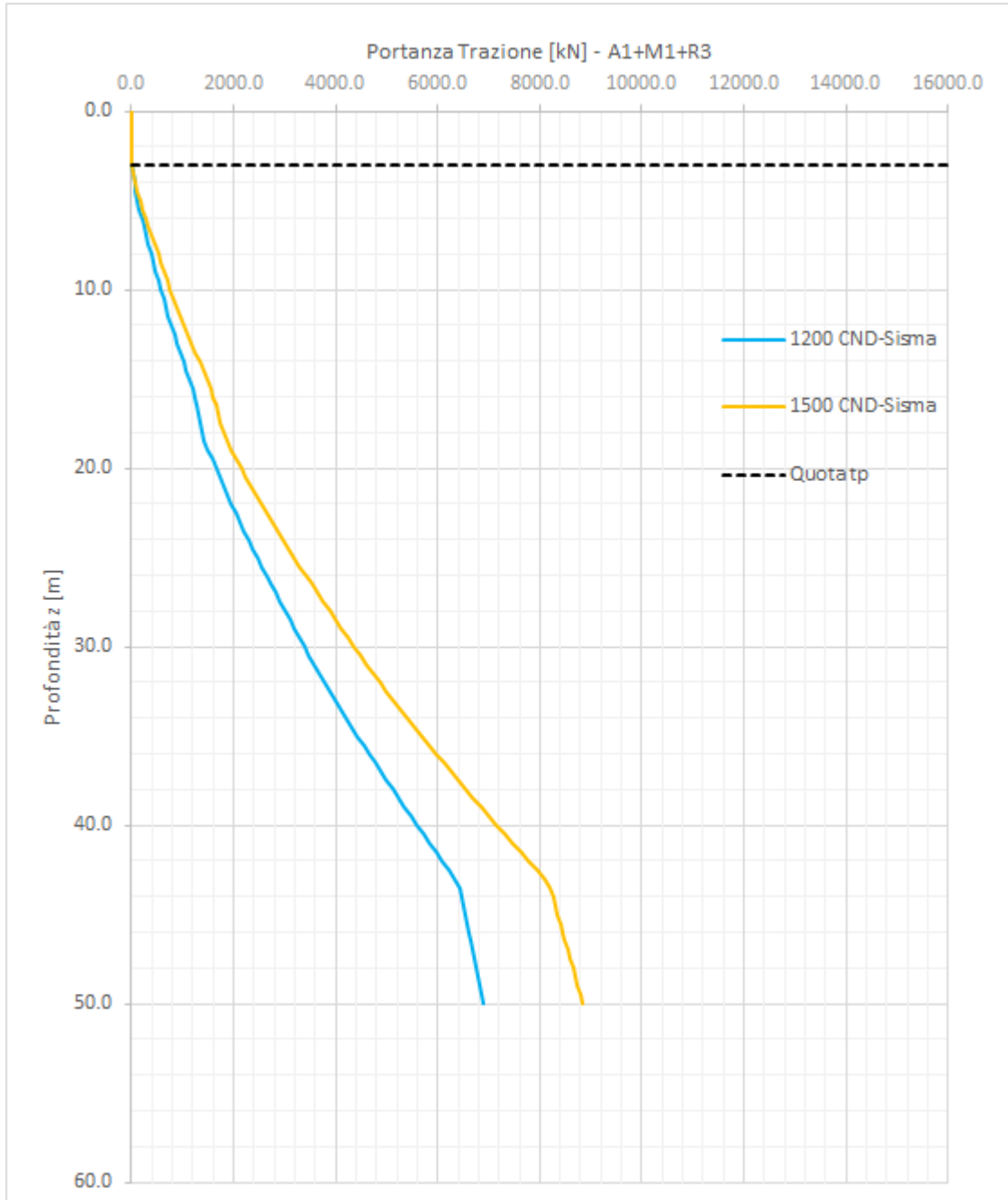
Per il viadotto sono state svolte valutazioni sul potenziale rischio di liquefazione, in relazione alla presenza di valori di  $N_{SPT}$  molto bassi ( $< 10$  colpi/30 cm) in corrispondenza di livelli sabbiosi dell'unità U1 sotto falda. A tal proposito si rimanda alla apposita relazione sulla liquefazione e nel seguito si riassumono le conclusioni per la valutazione della potenziale interferenza con i pali.

Per le 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 di senza liquefazione poiché in corrispondenza delle fondazioni dell'opera in oggetto si prevedono interventi di mitigazione.

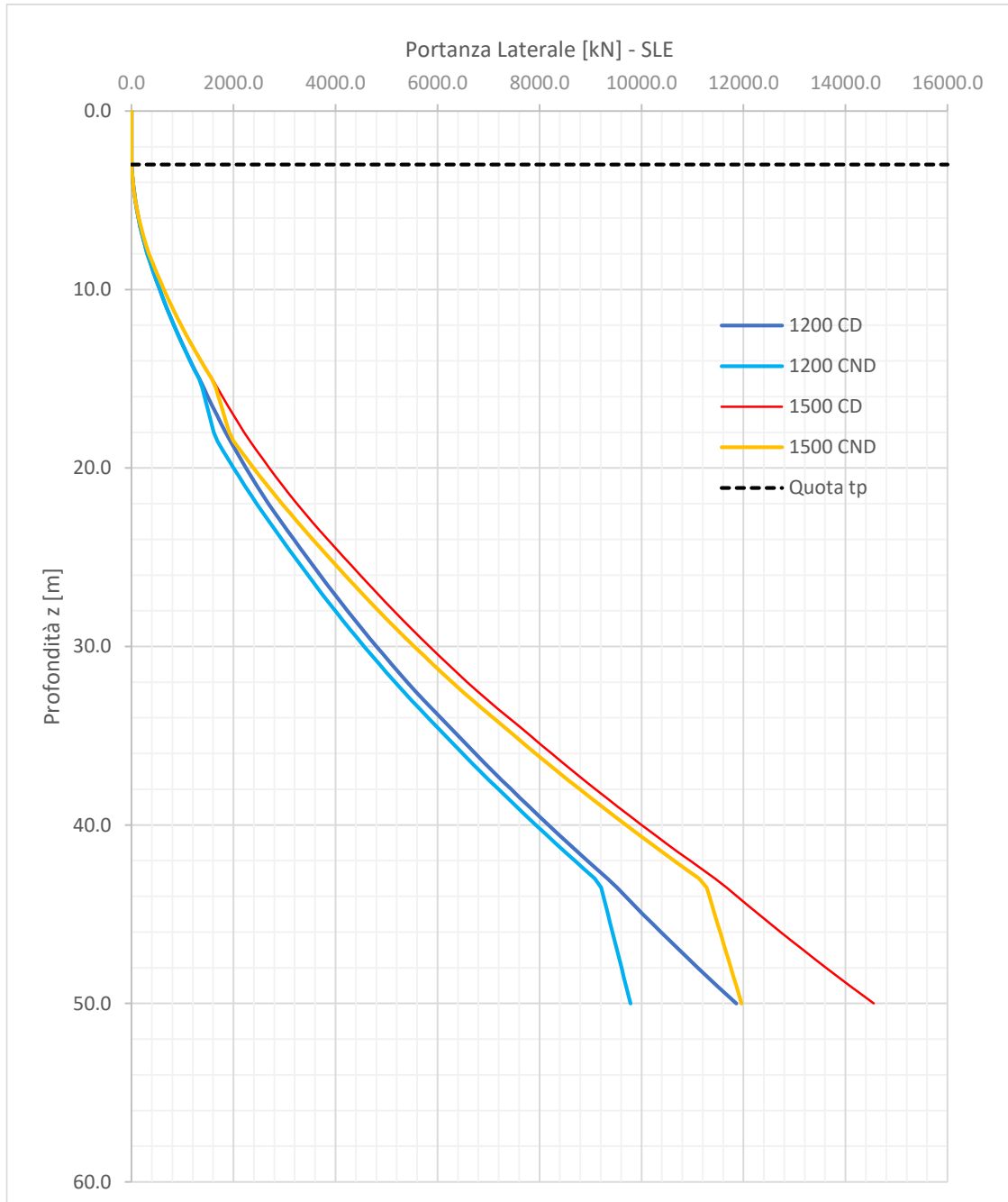




**Figura 50. VI04-Portanza Pali (A1+M1+R3) a compressione**



**Figura 51. VI04-Portanza Pali (A1+M1+R3) a trazione**



**Figura 52. VI04-Portanza Pali (SLE) laterale**

### 10.3.2 GA03 e NV11

La capacità portante dei pali delle opere di viabilità NW03 e NW04 è stata valutata con riferimento a quota testa palo a 3 m da p.c. e falda a 8 m da p.c. e con la stratigrafia media cautelativa di seguito riportata.

| Profondità da p.c. [m] | Unità geotecnica |
|------------------------|------------------|
| Da 0.0 a 3.0           | Unità U1         |
| Da 3.0 a 5.5           | Unità U1a        |
| Da 5.5 a 9.0*          | Unità U1         |
| Da 9.0 a 14.5          | Unità U2a        |
| Da 14.5 a 19.5         | Unità U2         |
| Da 19.5 a 22.0         | Unità U2a        |
| Da 22.0 a 30.5         | Unità U2b        |
| Da 30.5 a 32.5         | Unità U2a        |
| Da 32.5 a 44.0         | Unità U2         |
| Da 44.0 a 50.0         | Unità U3         |

\*strato liquefacibile

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         | 19.0                          | 29                          | 13                               |                         |
| Unità U1a        | 19.5                          | 21                          | 14                               | 50                      |
| Unità U2         | 19.5                          | 29                          | 30                               |                         |
| Unità U2a        | 19.5                          | 20                          | 25                               | 40                      |
| Unità U2b        | 19.5                          | 35                          | 45                               |                         |
| Unità U3         | 20.5                          | 20                          | 33                               | 100                     |

Per il viadotto sono state svolte valutazioni sul potenziale rischio di liquefazione, in relazione alla presenza di valori di  $N_{SPT}$  molto bassi ( $< 10$  colpi/30 cm) in corrispondenza di livelli sabbiosi dell'unità U1 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 le palificate la verifica di portanza dei pali (per tutte le condizioni di carico statiche e sismiche SLU) viene eseguita con le curve di portanza con ipotesi senza liquefazione.

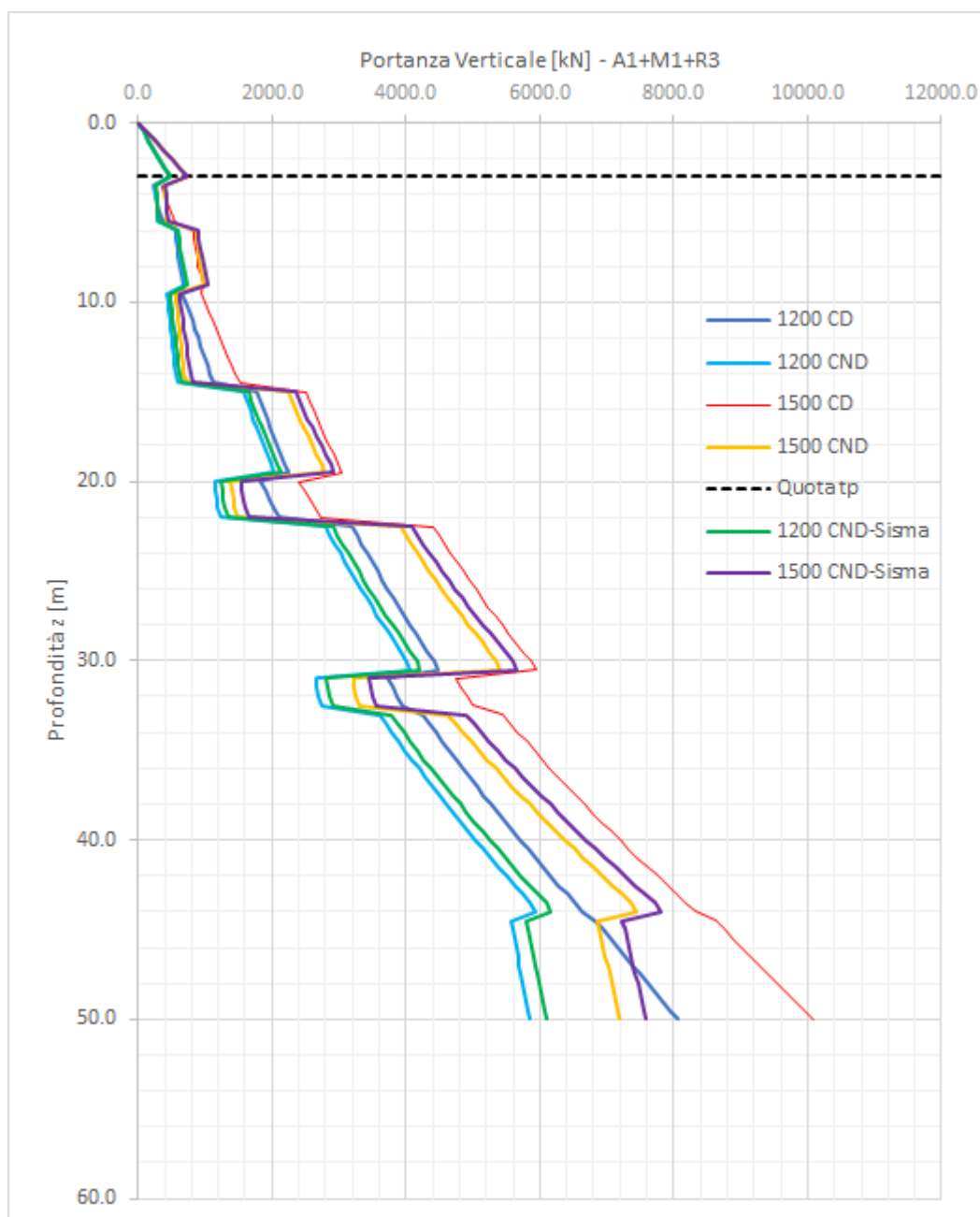


Figura 53. NW03 e NW04-Portanza Pali (A1+M1+R3) a compressione

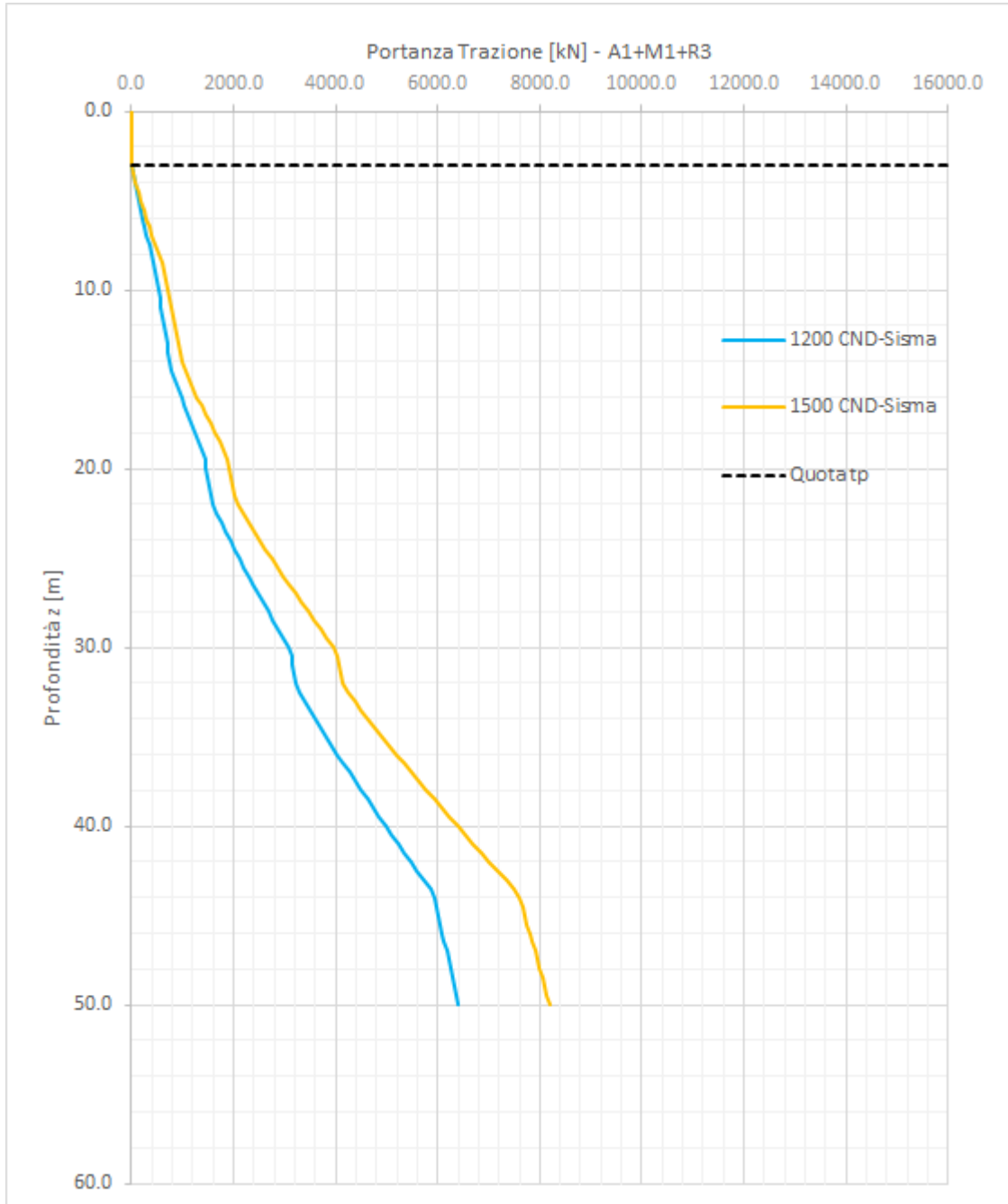
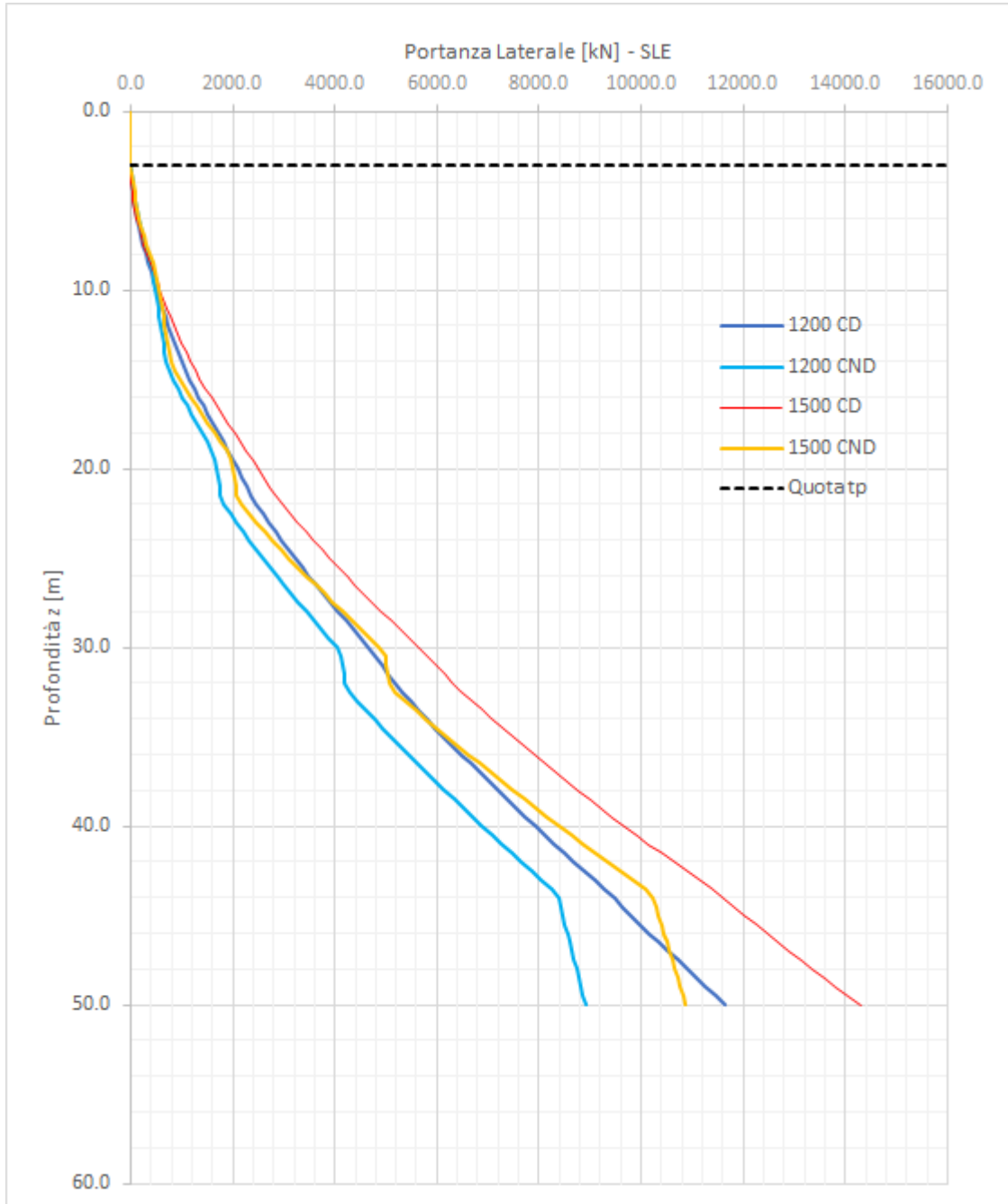
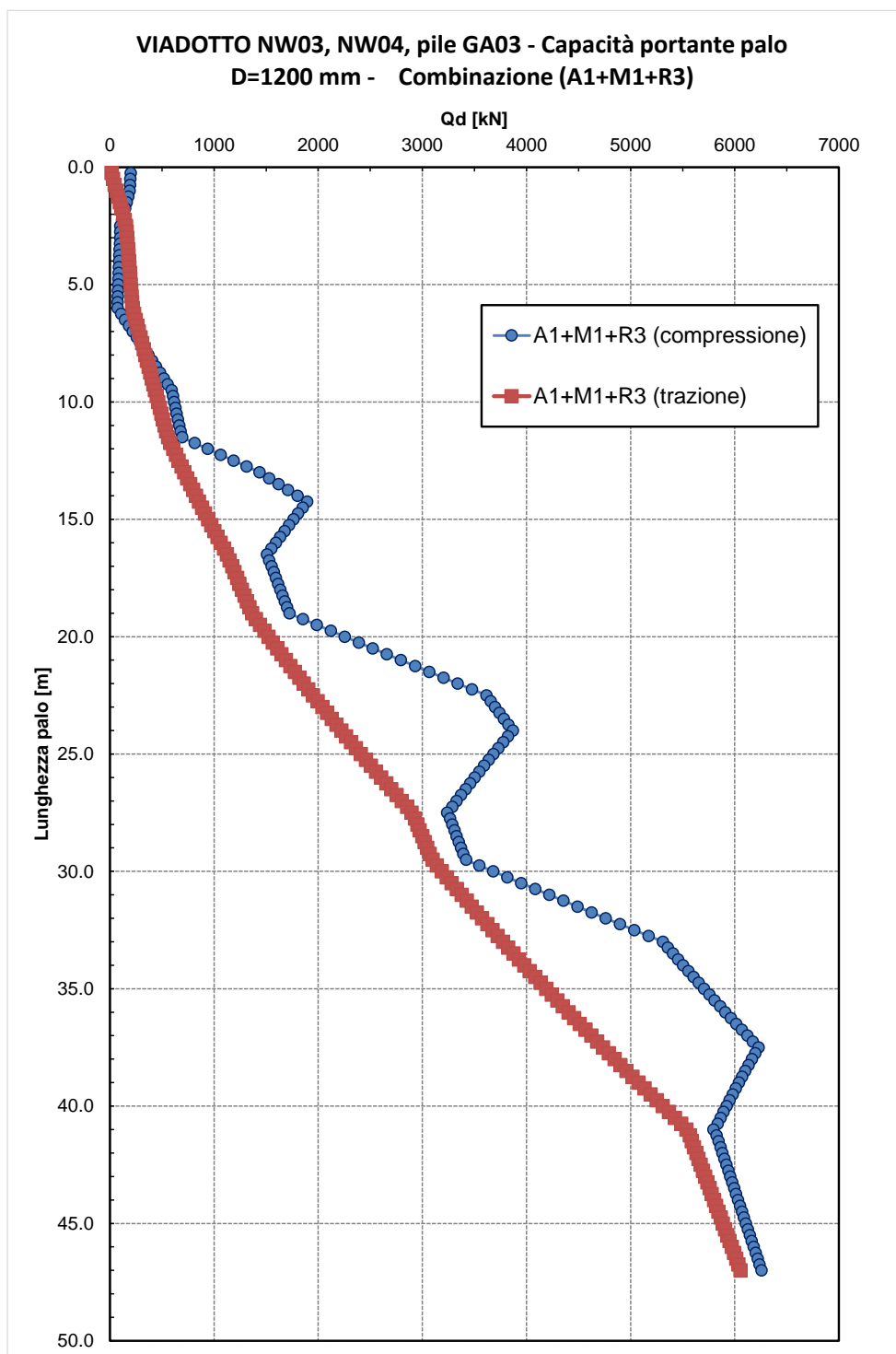


Figura 54. NW03 e NW04-Portanza Pali (A1+M1+R3) a trazione



**Figura 55. NW03 e NW04-Portanza Pali (SLE) laterale**

Le curve che tengono conto della liquefazione si riportano di seguito:



**Figura 56 – Portata di progetto**

Per ulteriori approfondimenti si rimanda agli elaborati di progetto: “NW03 – NW04 Relazione geotecnica e di



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 175 di 195 |

calcolo delle fondazioni” (RS3H03D78CLNW0000004A) e “GA03 Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni” (RS3H03D78CLGA0300002A).

### 10.3.3 Riepilogo lunghezze pali Viadotti

| OPERA     | Parte d'opera | Pali di fondazione |
|-----------|---------------|--------------------|
| NW02      | Spalla        | n.12 D1500 L=30m   |
| GA03      | Scatolare     | n.54 D1200 L=35m   |
| NW03-NW04 | Spalla        | n.12 D1200 L=36m   |
| NW03-NW04 | Pila          | n.20 D1200 L=34m   |



#### 10.4 CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per 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:

$$\textit{Palo corto:} \quad H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

$$\textit{Palo intermedio:} \quad H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

$$\textit{Palo lungo:} \quad H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

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):

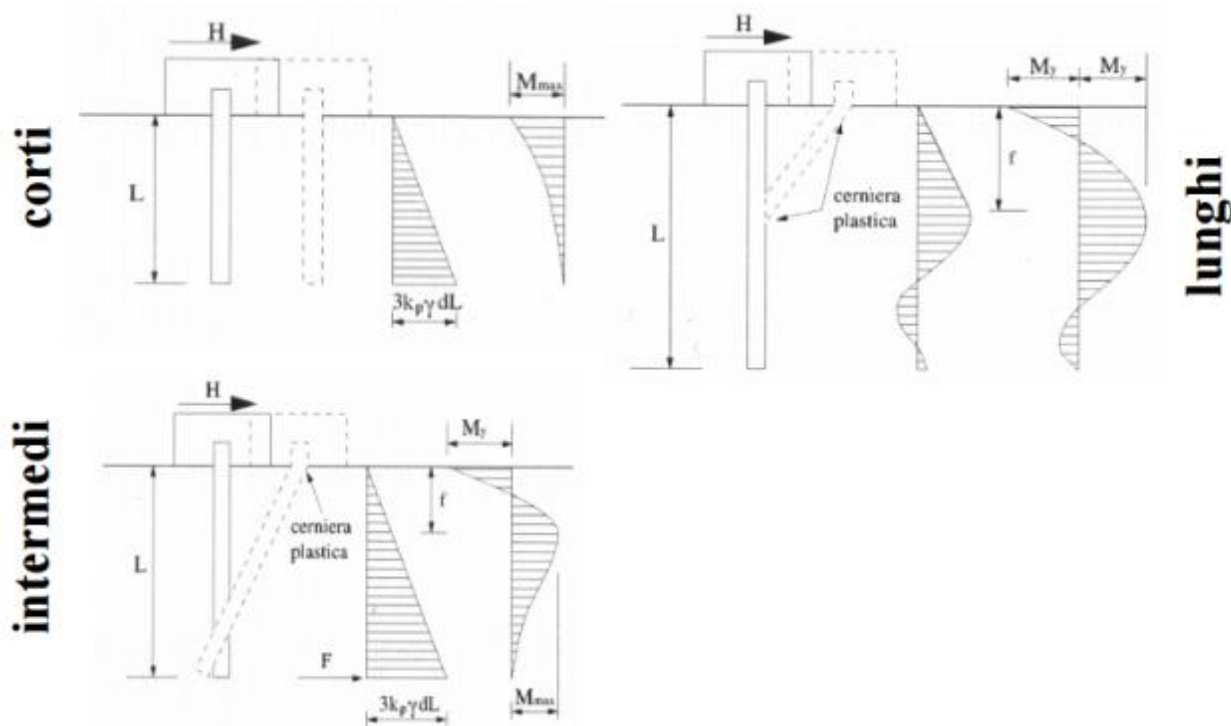
$$\textit{Palo corto:} \quad H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

$$\textit{Palo intermedio:} \quad H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

$$\textit{Palo lungo:} \quad H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

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 (Vpd); il valore determinato con la teoria di Broms dovrà essere ridotto secondo quanto prevede la normativa vigente.

$$H \lim = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq Vpd$$

dove:

H = valore limite in funzione del meccanismo attivato;

$\xi$  = fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate (vedasi Tabella 70);

$\gamma_T$  = fattore di resistenza laterale secondo la tabella di seguito riportata.

**Tabella 73 Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali**

**Coefficiente parziale (R3)**

$$\gamma_T = 1,3$$

### 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.

## 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 la palificata di fondazione della GA03 in presenza di terreno liquefacibile il valore del parametro alfa ( $\alpha_m = M/T$  a testa palo) è stato desunto dall'analisi FEM dove è stata implementata la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto del sito. In particolare dal rapporto  $M/T$  a testa palo si definisce un valore del parametro alfa:  $\alpha_m = -2.2$  m palo  $D=1200$  mm  $L_{palo}=36$  m per terreni con liquefazione

Per le palificate di fondazione dei viadotti NW03, NW04, in presenza di terreno liquefacibile il valore del parametro alfa ( $\alpha_m = M/T$  a testa palo) è stato desunto dall'analisi FEM dove è stata implementata la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto del sito ed è stata annullata la resistenza nello strato di terreno liquefacibile. In particolare dal rapporto  $M/T$  a testa palo si definisce cautelativamente per tutte le palificate in esame un valore del parametro alfa:  $\alpha_m = -2.8$  m palo  $D=1200$  mm  $L_{palo}=34$  m per terreni con liquefazione

## 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%.

## 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.

#### NW03 – NW04 SPALLA

| SCARICHI PALI - SPALLA NW03-NW04 |             |    | D (m) | L (m)     |
|----------------------------------|-------------|----|-------|-----------|
| N=                               | <b>2988</b> | KN | 1.2   | <b>34</b> |
| V=                               | <b>542</b>  | KN |       |           |

#### DATI DI IMPUT:

|                                      |        |       |
|--------------------------------------|--------|-------|
| Diametro del Palo (D):               | 1.20   | (m)   |
| Carico sul palo (P):                 | 2988.0 | (kN)  |
| Lunghezza del Palo (L):              | 34.00  | (m)   |
| Lunghezza Utile del Palo (Lu):       | 25.00  | (m)   |
| Modulo di Deformazione (E):          | 40.00  | (MPa) |
| Numero di pali della Palificata (n): | 20     | (-)   |
| Spaziatura dei pali (s)              | 3.6    | (m)   |

#### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.82 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = \quad 5.43 \quad (\text{mm})$$

#### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

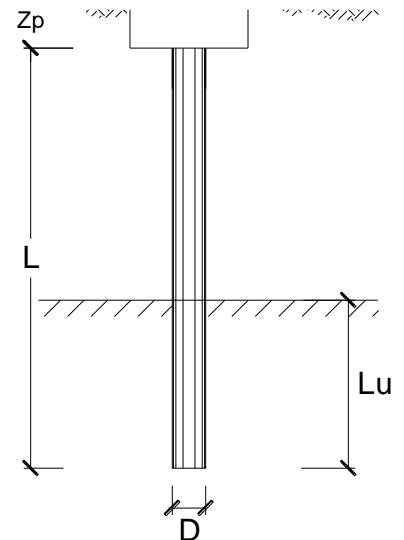
Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = \quad 1.455$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = \quad 20 \quad * \quad 0.40 \quad * \quad 5.43 \quad = \quad 44.02 \quad (\text{mm})$$



### NW03 – NW04 PILA

| SCARICHI PALI - PILA NW03-NW04 |             |    | D (m) | L (m)     |
|--------------------------------|-------------|----|-------|-----------|
| N=                             | <b>2895</b> | KN | 1.2   | <b>36</b> |
| V=                             | <b>124</b>  | KN |       |           |

#### DATI DI IMPUT:

|                                      |               |       |
|--------------------------------------|---------------|-------|
| Diametro del Palo (D):               | <b>1.20</b>   | (m)   |
| Carico sul palo (P):                 | <b>2895.0</b> | (kN)  |
| Lunghezza del Palo (L):              | <b>36.00</b>  | (m)   |
| Lunghezza Utile del Palo (Lu):       | <b>27.00</b>  | (m)   |
| Modulo di Deformazione (E):          | <b>40.00</b>  | (MPa) |
| Numero di pali della Palificata (n): | <b>15</b>     | (-)   |
| Spaziatura dei pali (s)              | <b>3.6</b>    | (m)   |

#### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.85 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = \quad 4.96 \quad (\text{mm})$$

#### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

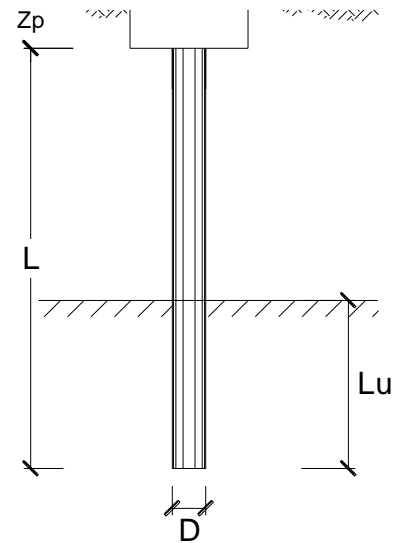
Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = \quad 1.225$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = \quad 15 \quad * \quad 0.49 \quad * \quad 4.96 \quad = \quad 36.86 \quad (\text{mm})$$



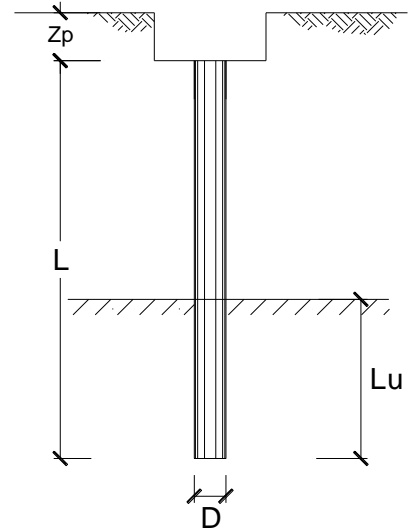
### NW02 SPALLA

La fondazione della spalla del viadotto NW02 è costituita da 12 pali phi1500 mm da 30 m.

Lo scarico assiale massimo per le combinazioni SLE N=3946 kN.

#### DATI DI IMPUT:

|                                      |        |       |
|--------------------------------------|--------|-------|
| Diametro del Palo (D):               | 1.50   | (m)   |
| Carico sul palo (P):                 | 3946.0 | (kN)  |
| Lunghezza del Palo (L):              | 30.00  | (m)   |
| Lunghezza Utile del Palo (Lu):       | 21.00  | (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:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): \quad 1.65 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 7.73 \quad (\text{mm})$$

#### CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2 \quad (\text{Viggiani, 1999})$$

$$R = (n * s / L)^{0,5} \quad R = 1.342$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta = 12 * 0.44 * 7.73 = 41.28 \quad (\text{mm})$$



### 11.2.2 Cedimenti differenziali spalla e pila del viadotto NW03-NW04

Nel precedente paragrafo sono stati calcolati i cedimenti di spalle e pile del viadotto NW03 e , il cedimento della spalla è pari a 44.02 mm e quello della pila è pari a 36.86 mm, di conseguenza il cedimento differenziale è pari 5.16 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  $\delta = 5.16 \text{ mm} < 25 \text{ mm} (=25\text{m}/1000)$  e pertanto la verifica risulta soddisfatta.

## 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;



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 2  
 LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 185 di 195 |

- $G_g, G_c, G_q$  = Fattori di inclinazione del piano campagna;

Atri 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  $\leq c'$
- $F_z$  = 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):

- $N_q = \tan^2(\pi/4 + \phi'/2) \cdot e^{\pi \tan \phi'}$
- $N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$

- $N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

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:

- $d_{\gamma} = 1$
- $d_q = 1 + 2 \cdot \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi')^2 \cdot k$
- $d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$

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:

- $i_{\gamma} = [1 - FX / (FZ + A_{ef} \cdot c_a \cdot \cot \varphi')]^{m+1}$
- $i_q = [1 - FX / (FZ + A_{ef} \cdot c_a \cdot \cot \varphi')]^m$
- $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$
- $m = (2 + B'/L') / (1 + B'/L')$

Per tener conto dell'inclinazione del piano di posa (angolo  $\alpha$ ) si adottano le seguenti espressioni:

- $b_q = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi')^2$
- $b_{\gamma} = b_q$
- $b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$

Per tener conto dell'inclinazione del piano campagna (angolo  $\beta$ ) si adottano le seguenti espressioni:

- $g_q = (1 - \tan \beta)^2$

- $g\gamma = gq$
- $gc = gq - (1 - gq) / (Nc \cdot \tan \phi')$ .

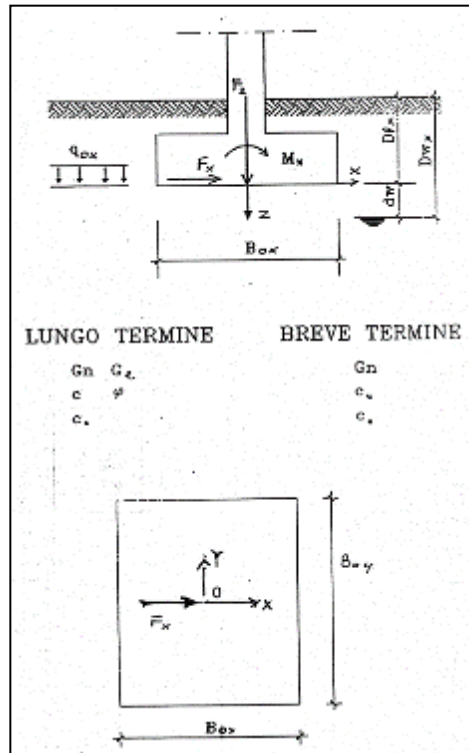


Figura 57 Schema per la verifica della capacità portante

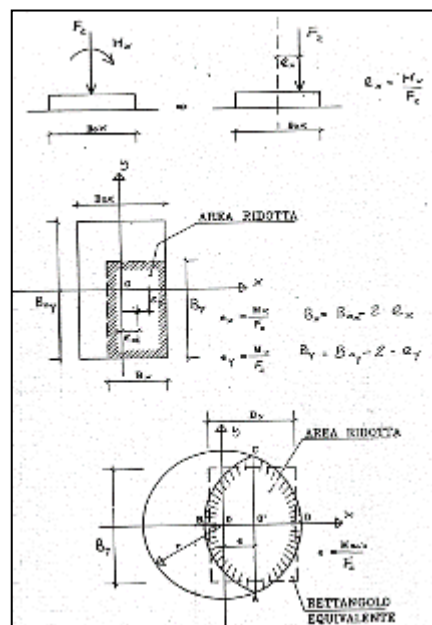


Figura 58. Aree di impronta ridotte in presenza di carichi eccentrici (Meyerhof, 1953)



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 2  
LOTTO

Relazione geotecnica generale – Lotto 3

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO     |
|----------|-------|----------|--------------|------|------------|
| RS3H     | 03    | D 78 RH  | GE 00 05 001 | A    | 188 di 195 |

## 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 74. 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. |                                |

### 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] |
|---------------------|--|-------|-------|--------------|---------------|
| <b>MACRO FASE 2</b> | <b>BRETELLA PA-SR</b>                                  | 0+000 | 0+200 | -            | -             |
|                     |  | 0+200 | 0+400 | 50           | 50            |
|                     |  | 0+460 | 0+950 | 50           | 20            |
|                     |  | 0+950 | 1+150 | 50           | 40            |
|                     |  | 1+150 | 1+300 | 50           | 20            |
|                     | <b>FASCIO A/P LOTTO 3 (pk riferite BRETELLA CT-SR)</b> | 1+900 | 2+700 | 50           | 20            |

Per la viabilità occorre prevedere:

|                     |             | Scotico [cm] | Bonifica [cm] |
|---------------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>MACRO FASE 2</b> | <b>NV10</b> | 50           | 20            |
|                     | <b>NV11</b> | 50           | 20            |
|                     | <b>NV12</b> | 50           | 20            |
|                     | <b>NV13</b> | 50           | 20            |

## 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 75. Classificazione per unità U1**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | Classificazione<br>AASHTO |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|---------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(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 76. Classificazione per unità U1a**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | Classificazione<br>AASHTO |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|---------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(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 77. Classificazione per unità U2**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | Classificazione<br>AASHTO |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|---------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(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 78. Classificazione per unità U2a**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | Classificazione<br>AASHTO |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|---------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(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 79. Classificazione per unità U3**

| Sondaggio | Campione | profondità |          |              | Unità | Classificazione<br>AASHTO |
|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------|---------------------------|
|           |          | da<br>(m)  | a<br>(m) | media<br>(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                     |

## 15 FOTO CAMPIONI OSSIDATI





**Figura 59 – Foto campione ossidato sondaggio SD18.**