

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO  
dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**  
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
dott. ing. Roberto Bosetti

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

|         |  |
|---------|--|
| 1       | ELABORATI GENERALI   |
| 2.3.25. | STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI<br>Regione Emilia-Romagna<br>Relazione geotecnica |

|                               |   |   |   |            |               |
|-------------------------------|---|---|---|------------|---------------|
| 0                             | MAR. 2021   | EMISSIONE                                 | ENGE0 S.r.l.  | G. BERRERA | C. COSTA      |
| REVISIONE:                    | DATA:   | DESCRIZIONE:                              | REDAZIONE:  | VERIFICA:  | APPROVAZIONE: |
| DATA PROGETTO:<br>LUGLIO 2009 |  | <b>DIREZIONE<br/>TECNICA<br/>GENERALE</b> | IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:  |            |               |
| NUMERO PROGETTO:<br>31/09     |   |   |  |            |               |

INDICE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | Premesse.....   | 3  |
| 1.1    | Inquadramento geografico.....   | 3  |
| 1.2    | Normativa di riferimento.....   | 4  |
| 1.3    | Elaborati grafici prodotti.....   | 5  |
| 1.4    | Report verifiche geotecniche.....   | 5  |
| 2      | Indagini geologiche e geotecniche in situ.....  | 7  |
| 2.1    | Indagini geognostiche pregresse.....  | 7  |
| 2.1.1  | Sondaggi a carotaggio continuo.....   | 7  |
| 2.1.2  | Trincee o pozzetti esplorativi.....   | 9  |
| 2.1.3  | Prove penetrometriche statiche con punta meccanica.....                                 | 10 |
| 2.1.4  | Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono.....                     | 12 |
| 2.2    | Indagini integrative.....   | 13 |
| 3      | Analisi di laboratorio.....   | 15 |
| 4      | Modello geologico.....  | 47 |
| 5      | Elaborazione dei risultati delle indagini in situ.....                                  | 48 |
| 5.1    | Depositi coesivi.....   | 48 |
| 5.1.1  | Coesione in condizioni non drenate.....   | 48 |
| 5.1.2  | Coesione in condizioni drenate.....   | 48 |
| 5.1.3  | Angolo di resistenza al taglio.....   | 48 |
| 5.1.4  | Modulo edometrico.....  | 49 |
| 5.2    | Depositi granulari.....   | 49 |
| 5.2.1  | Angolo di resistenza al taglio.....   | 49 |
| 5.2.2  | Modulo elastico.....  | 49 |
| 6      | Modello geotecnico.....   | 51 |
| 6.1    | Orizzonte A.....  | 53 |
| 6.2    | Orizzonte B.....  | 54 |
| 6.3    | Orizzonte C.....  | 54 |
| 6.4    | Orizzonte D.....  | 55 |
| 6.5    | Orizzonte E.....  | 55 |
| 6.6    | Modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere antirumore..... | 56 |
| 6.6.1  | Tratto Km 285+300-285+500.....  | 57 |
| 6.6.2  | Tratto Km 286+200-287+700.....  | 58 |
| 6.6.3  | Tratto Km 287+850-288+800.....  | 59 |
| 6.6.4  | Tratto Km 288+800-290+100.....  | 60 |
| 6.6.5  | Tratto Km 290+500-291+500.....  | 61 |
| 6.6.6  | Tratto Km 293+850-296+100.....  | 62 |
| 6.6.7  | Tratto Km 296+550-298+000.....  | 63 |
| 6.6.8  | Tratto Km 298+000-299+500.....  | 63 |
| 6.6.9  | Tratto Km 299+600-301+300.....  | 64 |
| 6.6.10 | Tratto Km 304+600-306+200.....  | 65 |
| 6.6.11 | Tratto Km 307+700-309+800.....  | 66 |
| 6.6.12 | Tratto Km 310+250-311+600.....  | 67 |
| 6.6.13 | Tratto Km 311+600-312+300.....  | 68 |
| 7      | Verifiche geotecniche.....  | 70 |
| 7.1    | Valutazione della stabilità dei rilevati.....   | 70 |
| 7.1.1  | Approccio normativo di verifica.....  | 70 |
| 7.1.2  | Analisi statica e pseudostatica.....  | 70 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.1.3 | Sovraccarico (carico mobile da traffico) .....                          | 72  |
| 7.1.4 | Sezioni verificate.....   | 72  |
| 7.1.5 | Risultati della verifica .....  | 74  |
| 7.2   | Valutazione delle bonifiche dei terreni di fondazione.....              | 124 |
| 7.2.1 | Metodo di Burmister per la definizione dello spessore di bonifica.....  | 124 |
| 7.2.2 | Calcolo degli spessori di bonifica.....                                 | 125 |
| 7.3   | Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati.....                     | 127 |
| 7.3.1 | Risultati delle verifiche dei cedimenti.....                            | 129 |
| 7.4   | Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione ..... | 132 |
| 7.4.1 | Determinazione teorica dell'andamento dei cedimenti nel tempo .....     | 132 |
| 7.4.2 | Sezioni verificate e risultati .....                                    | 132 |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | <i>Progetto definitivo</i> |

## 1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geotecnico effettuato a supporto della progettazione esecutiva per la realizzazione della terza corsia dell'autostrada A22, "del Brennero", prevista tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314), relativamente al tratto ricadente nella sola Regione Emilia Romagna.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 1.2, e, in particolare del D.M. 14/01/2008, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Esso ha comportato:

- l'elaborazione e l'integrazione di tutti i dati geotecnici disponibili, individuati nello studio geologico (cfr. elaborato ER-GE.1);
- la correlazione dei dati stratigrafici con le caratteristiche geotecniche e la definizione, per orizzonti omogenei, con metodo statistico, dei parametri da utilizzare per le valutazioni progettuali delle opere minori;
- l'individuazione, per ciascun parametro, dei metodi di elaborazione da utilizzare, sulla base della tipologia e della quantità dei dati di input;
- l'effettuazione dei seguenti verifiche, per i nuovi rilevati:
  - valutazione dello spessore delle bonifiche dei terreni di fondazione;
  - valutazione della stabilità globale dell'insieme rilevato-terreno di fondazione, per tutti i rilevati più significativi;
  - valutazione dei cedimenti, per tutti i rilevati più significativi;
  - valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione a seguito della realizzazione dei rilevati ed eventuale verifica di sistemi di accelerazione dei cedimenti residui (dreni verticali).

### 1.1 Inquadramento geografico

Il tratto emiliano dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di una trentina di chilometri, collegando all'incirca la chilometrica 284 con l'intersezione con l'autostrada A1, nei pressi del km 314.

Come rappresentato nell'immagine aerea di Fig. 1, nella porzione settentrionale ricade in provincia di Reggio Emilia, interessando i comuni di Reggiolo e Rolo; mentre, più a sud attraversa i comuni di Carpi e Campogalliano, in provincia di Modena.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione di pianura padana in cui gli unici elementi geografici significativi sono due corsi d'acqua artificiali: il cavo Lama e il canale della Bonifica Parmigiana Moglia.

|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 3 di 143 |

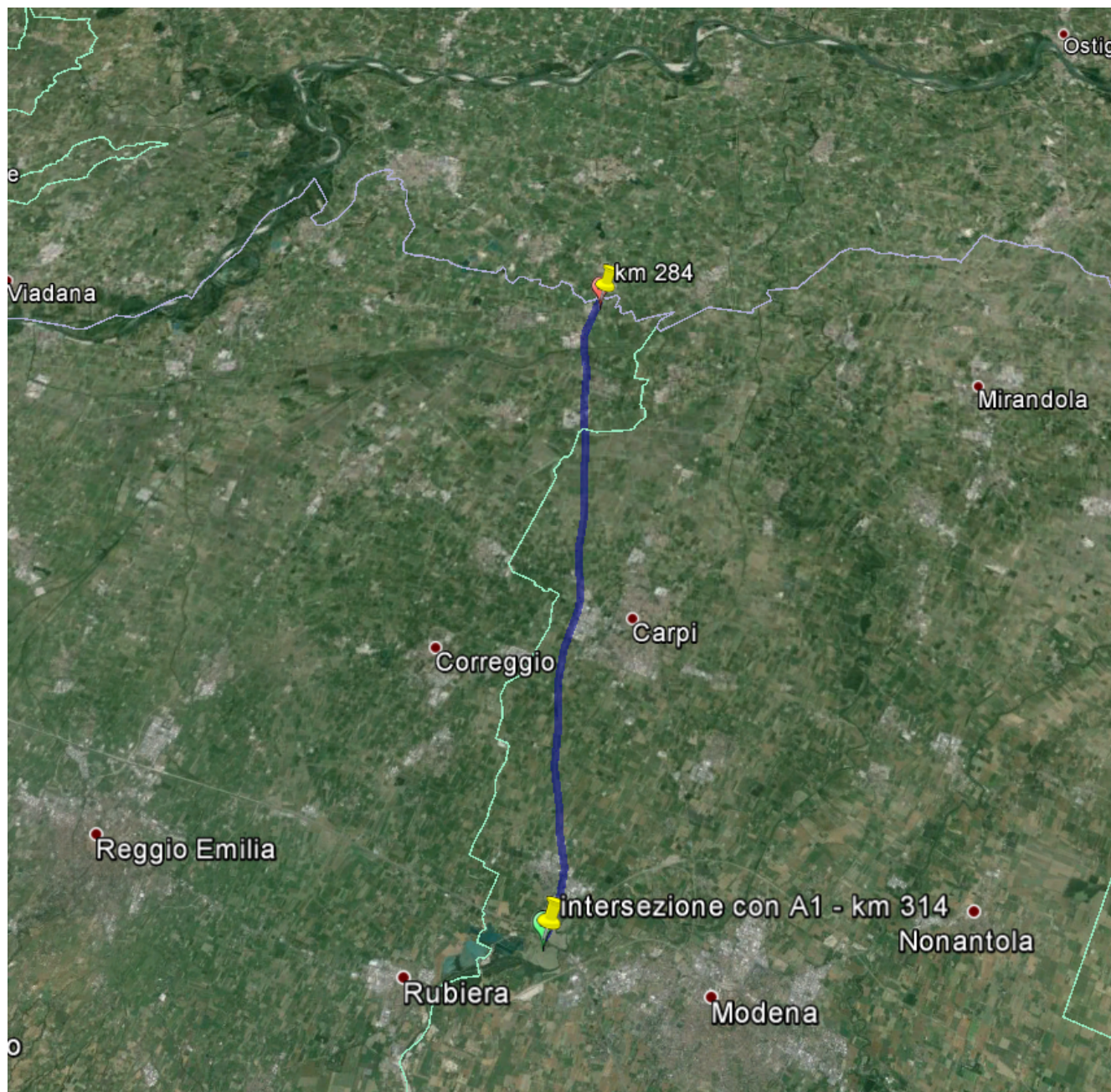



FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA EMILIANO OGGETTO D'INTERVENTO  
 (DA GOOGLE EARTH)

## 1.2 Normativa di riferimento

- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14-01-2008, Circolare 2 febbraio 2009

|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 4 di 143 |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito - UNI
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

### 1.3 Elaborati grafici prodotti

A supporto della presente relazione sono stati redatti gli elaborati grafici indicati nella seguente tabella (cfr. Tab. 1– Elaborati grafici prodotti):


| <b>Codice</b> | <b>Codice</b>                 | <b>Scala</b>       |
|---------------|-------------------------------|--------------------|
| ER-GT.2.1     | Modello geotecnico (Tav. 1/4) | D=1:5.000, H=1:500 |
| ER-GT.2.2     | Modello geotecnico (Tav. 2/4) | D=1:5.000, H=1:500 |
| ER-GT.2.3     | Modello geotecnico (Tav. 3/4) | D=1:5.000, H=1:500 |
| ER-GT.2.4     | Modello geotecnico (Tav. 4/4) | D=1:5.000, H=1:500 |

TAB. 1– ELABORATI GRAFICI PRODOTTI

### 1.4 Report verifiche geotecniche

I risultati delle indagini geognostiche utilizzati nel presente studio sono riportati negli allegati elencati nella seguente tabella (cfr. Tab. 2– Allegati con report delle indagini geognostiche):

| <b>Codice</b> | <b>Titolo</b>   |
|---------------|---|
| ER-GE.5.1     | Report indagini geognostiche - Stratigrafie sondaggi      |
| ER-GE.5.2     | Report indagini geognostiche - Prove penetrometriche      |
| ER-GE.5.3.1   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 1/7 |
| ER-GE.5.3.2   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 2/7 |


|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 5 di 143 |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i> | <i>Progetto definitivo</i> |

| <b>Codice</b> | <b>Titolo</b>   |
|---------------|---|
| ER-GE.5.3.3   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 3/7 |
| ER-GE.5.3.4   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 4/7 |
| ER-GE.5.3.5   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 5/7 |
| ER-GE.5.3.6   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 6/7 |
| ER-GE.5.3.7   | Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 7/7 |
| ER-GE.5.4     | Report indagini geognostiche - Sismica                    |
| ER-GE.5.5     | Report indagini geognostiche - Sondaggi con escavatore    |

**TAB. 2– ALLEGATI CON REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Va chiarito che nell'elaborato ER-GE.5.4 sono riportati i risultati delle indagini sismiche la cui ubicazione è raffigurata nella Carta geolitologica con ubicazione indagini (cfr. elaborati ER-GE.2.1, ER-GE.2.2, ER-GE.2.3 e ER-GE.2.4), ma che questi dati non saranno analizzati nella presente relazione. Per la trattazione di tale argomento si rimanda alla Relazione sismica.

|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 6 di 143 |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

## 2 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE IN SITU

### 2.1 Indagini geognostiche pregresse

Per ricostruire le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni dell'area oggetto di studio, sono stati considerati, innanzitutto, i dati pregressi.

In particolare, va sottolineata la vasta mole di informazioni fornite dalle campagne geognostiche effettuate dopo la redazione del progetto definitivo dell'intervento in esame.

Nei successivi paragrafi, sono descritte le varie tipologie di indagini di cui si sono potuti esaminare i risultati.


#### 2.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per la conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti lungo il tratto di infrastruttura oggetto d'intervento sono stati eseguiti 45 sondaggi a carotaggio continuo: 34 in provincia di Modena e 11 in provincia di Reggio Emilia.

In Tab. 3, per ciascun sondaggio sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- eventuale prova *down-hole* effettuata nel foro di sondaggio
- eventuale piezometro installato nel foro di sondaggio
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

| provincia | Codice    | quota (m) | progressiva (km) | profondità (m) | down hole | piezometro | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|-----------|-----------|------------------|----------------|-----------|------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-SC1-PZ | 20,0      | 285+456          | 25,00          |           | X          | 4975173,72                     | 645757,47                       |
| RE        | RE-SC2-DH | 20,3      | 285+852          | 45,00          | X         |            | 4974711,15                     | 645914,10                       |
| RE        | RE-SC3-PZ | 19,73     | 287+000          | 25,00          |           | X          | 4973550,30                     | 645987,44                       |
| RE        | RE-SC4-PZ | 20,8      | 288+410          | -33,60         |           | X          | 4972164,72                     | 646126,32                       |
| RE        | RE-SC5-DH | 20,8      | 290+732          | 45,00          | X         |            | 4969849,76                     | 646206,14                       |
| RE        | RE-SC6-DH | 18,5      | 290+783          | 45,00          | X         |            | 4969795,91                     | 646187,93                       |
| RE        | RE-SC7    | 18,8      | 285+450          | 27,70          |           |            | 4975104,83                     | 646052,44                       |
| RE        | RE-SC8    | 19,0      | 286+700          | 21,30          |           |            | 4973873,00                     | 645933,10                       |
| RE        | RE-SC9    | 19,0      | 288+240          | 20,60          |           |            | 4972353,19                     | 646125,92                       |

|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 7 di 143 |




|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | <i>Progetto definitivo</i> |

| provincia | Codice     | quota (m) | progressiva (km) | profondità (m) | down hole | piezometro | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|------------|-----------|------------------|----------------|-----------|------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-SC10    | 19,6      | 288+560          | 32,30          |           |            | 4972029,37                     | 646124,48                       |
| RE        | RE-SC11    | 20,0      | 290+720          | 25,40          |           |            | 4969878,23                     | 646201,61                       |
| MO        | MO-SC1-PZ  | 20,5      | 290+827          | 45,00          |           | X          | 4969755,54                     | 646218,08                       |
| MO        | MO-SC2-PZ  | 20,2      | 291+993          | -45,00         |           | X          | 4968603,06                     | 646349,19                       |
| MO        | MO-SC3-DH  | 20,2      | 292+025          | 45,00          | X         |            | 4968558,78                     | 646259,96                       |
| MO        | MO-SC4-PZ  | 20,8      | 294+039          | 60,00          |           | X          | 4966552,43                     | 646444,69                       |
| MO        | MO-SC5-DH  | 21,0      | 294+068          | 60,00          | X         |            | 4966518,28                     | 646379,97                       |
| MO        | MO-SC6-PZ  | 22,2      | 295+000          | 25,00          |           | X          | 4965575,64                     | 646455,01                       |
| MO        | MO-SC7-PZ  | 23,7      | 296+626          | 60,00          |           | X          | 4963968,87                     | 646370,94                       |
| MO        | MO-SC8-DH  | 23,0      | 296+658          | 60,00          | X         |            | 4963937,98                     | 646304,81                       |
| MO        | MO-SC9-DH  | 29,0      | 300+893          | 60,00          | X         |            | 4959757,60                     | 646132,11                       |
| MO        | MO-SC10-PZ | 29,0      | 300+890          | 60,00          |           | X          | 4959775,17                     | 646079,29                       |
| MO        | MO-SC11-DH | 29,7      | 302+141          | 45,00          | X         |            | 4958529,98                     | 645923,99                       |
| MO        | MO-SC12-PZ | 29,7      | 302+177          | 45,00          |           | X          | 4958488,72                     | 645986,80                       |
| MO        | MO-SC13-PZ | 31,0      | 304+403          | 60,00          |           | X          | 4956270,41                     | 646006,19                       |
| MO        | MO-SC14-DH | 31,1      | 304+464          | 60,00          | X         |            | 4956210,63                     | 646087,00                       |
| MO        | MO-SC15-PZ | 33,1      | 305+200          | 25,00          |           | X          | 4955474,25                     | 646028,59                       |
| MO        | MO-SC16-DH | 36,0      | 308+503          | 55,00          | X         |            | 4952202,43                     | 646402,29                       |
| MO        | MO-SC17-PZ | 36,0      | 308+514          | 55,00          |           | X          | 4952186,35                     | 646348,94                       |
| MO        | MO-SC18    | 36,3      | 309+019          | 25,00          |           |            | 4951671,77                     | 646348,92                       |
| MO        | MO-SC19    | 36,3      | 309+044          | 22,00          |           |            | 4951652,15                     | 646379,12                       |
| MO        | MO-SC20    | 36,3      | 309+102          | 15,00          |           |            | 4951590,46                     | 646372,44                       |
| MO        | MO-SC21    | 41,1      | 312+030          | 35,00          |           |            | 4948699,30                     | 646492,09                       |
| MO        | MO-SC22-DH | 42,0      | 312+611          | 30,00          | X         |            | 4948166,89                     | 646291,84                       |
| MO        | MO-SC23    | 20,0      | 294+150          | 27,70          |           |            | 4966457,06                     | 646420,97                       |
| MO        | MO-SC24    | 23,0      | 296+540          | 22,30          |           |            | 4964075,44                     | 646340,62                       |
| MO        | MO-SC25    | 26,0      | 297+940          | 28,30          |           |            | 4962678,81                     | 646457,89                       |
| MO        | MO-SC26    | 28,5      | 299+700          | 22,30          |           |            | 4960938,13                     | 646412,95                       |
| MO        | MO-SC27    | 33,8      | 307+080          | 40,30          |           |            | 4953625,90                     | 646172,72                       |
| MO        | MO-SC28    | 36,5      | 309+470          | 23,70          |           |            | 4951259,57                     | 646521,37                       |
| MO        | MO-SC29-PZ | 35,5      | 307+333          | 55,00          |           | X          | 4953349,53                     | 646167,05                       |
| MO        | MO-SC30-DH | 35,1      | 307+347          | 55,00          | X         |            | 4953350,83                     | 646255,51                       |
| MO        | MO-SC31-DH | 40,2      | 310+467          | 55,00          | X         |            | 4950259,70                     | 646682,36                       |
| MO        | MO-SC32-PZ | 40,2      | 310+505          | 55,00          |           | X          | 4950226,40                     | 646617,66                       |
| MO        | MO-SC33-PZ | 40,4      | 311+205          | 50,00          |           | X          | 4949523,85                     | 646609,23                       |
| MO        | MO-SC34-DH | 40,9      | 311+207          | 50,00          | X         |            | 4949529,62                     | 646535,69                       |

TAB. 3- TABELLA RIEPILOGATIVA DEI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO PREGRESSI

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi e risultati delle prove in foro sono riportati nell'elaborato ER-GE.5.1 dello studio geologico.

|   |                                |             |      |          |
|---|--------------------------------|-------------|------|----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.     |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 8 di 143 |

Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, agli elaborati ER-GE.5.3.1, ER-GE.5.3.2, ER-GE.5.3.3, ER-GE.5.3.4, ER-GE.5.3.5, ER-GE.5.3.6 e ER-GE.5.3.7 sempre dello studio geologico.

### 2.1.2 Trincee o pozzetti esplorativi

Per l'approfondimento delle conoscenze dei soli terreni più superficiali, In corrispondenza della fascia di spartitraffico, è stata eseguita una campagna di trincee e pozzetti che, nel tratto in esame ha previsto la realizzazione di 58 indagini: 44 in provincia di Modena e 14 in provincia di Reggio Emilia.

In Tab. 4 per ciascun saggio sono riportati:

- provincia
- codice
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

| provincia | codice | progressiva (km) | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-T1  | 284+200          | 2,3            | 4976293,44                     | 646431,55                       |
| RE        | RE-T2  | 284+700          | 2,5            | 4975820,94                     | 646276,89                       |
| RE        | RE-T3  | 285+200          | 2,5            | 4975340,22                     | 646137,51                       |
| RE        | RE-T4  | 285+700          | 2,5            | 4974860,37                     | 646000,96                       |
| RE        | RE-T5  | 286+200          | 2,3            | 4974372,44                     | 645927,56                       |
| RE        | RE-T6  | 286+650          | 2,3            | 4973927,06                     | 645945,38                       |
| RE        | RE-T7  | 287+200          | 2,3            | 4973385,79                     | 646033,49                       |
| RE        | RE-T8  | 287+700          | 2,4            | 4972891,61                     | 646114,78                       |
| RE        | RE-T9  | 288+150          | 2,6            | 4972440,69                     | 646148,82                       |
| RE        | RE-T10 | 288+700          | 2,6            | 4971890,79                     | 646139,72                       |
| RE        | RE-T11 | 289+200          | 2,4            | 4971391,35                     | 646131,87                       |
| RE        | RE-T12 | 289+700          | 2,8            | 4970891,44                     | 646124,09                       |
| RE        | RE-T13 | 290+230          | 2,5            | 4970365,07                     | 646161,31                       |
| RE        | RE-T14 | 290+600          | 3,4            | 4969997,98                     | 646205,48                       |
| MO        | MO-T1  | 291+200          | 2,3            | 4969402,72                     | 646279,51                       |
| MO        | MO-T2  | 291+700          | 2,3            | 4968902,59                     | 646308,15                       |
| MO        | MO-T3  | 292+200          | 2,3            | 4968402,91                     | 646330,88                       |
| MO        | MO-T4  | 292+700          | 2,3            | 4967903,78                     | 646355,77                       |
| MO        | MO-T5  | 293+200          | 2,2            | 4967404,97                     | 646382,73                       |
| MO        | MO-T6  | 293+720          | 2,3            | 4966886,02                     | 646412,93                       |
| MO        | MO-T7  | 294+200          | 2,3            | 4966406,61                     | 646441,19                       |
| MO        | MO-T8  | 294+700          | 2,4            | 4965907,68                     | 646468,23                       |
| MO        | MO-T9  | 295+200          | 2,2            | 4965406,85                     | 646466,42                       |
| MO        | MO-T10 | 295+600          | 2,4            | 4965007,48                     | 646435,31                       |

| provincia | codice | progressiva (km) | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| MO        | MO-T11 | 296+200          | 2,4            | 4964409,68                     | 646381,58                       |
| MO        | MO-T12 | 296+700          | 2,5            | 4963912,55                     | 646352,52                       |
| MO        | MO-T13 | 297+200          | 2,1            | 4963415,58                     | 646393,67                       |
| MO        | MO-T14 | 297+700          | 2,3            | 4962918,13                     | 646450,25                       |
| MO        | MO-T15 | 298+200          | 2,4            | 4962421,55                     | 646504,20                       |
| MO        | MO-T16 | 298+700          | 2,3            | 4961923,34                     | 646550,92                       |
| MO        | MO-T17 | 299+200          | 2,0            | 4961422,33                     | 646531,50                       |
| MO        | MO-T18 | 299+700          | 2,3            | 4960931,64                     | 646427,85                       |
| MO        | MO-T19 | 300+200          | 2,4            | 4960447,64                     | 646303,11                       |
| MO        | MO-T20 | 300+700          | 2,4            | 4959963,32                     | 646178,73                       |
| MO        | MO-T21 | 301+200          | 2,3            | 4959479,58                     | 646061,47                       |
| MO        | MO-T22 | 301+700          | 2,0            | 4958983,20                     | 646006,78                       |
| MO        | MO-T23 | 302+200          | 2,4            | 4958485,74                     | 645961,55                       |
| MO        | MO-T24 | 302+700          | 2,4            | 4957986,57                     | 645936,03                       |
| MO        | MO-T25 | 303+200          | 2,5            | 4957488,57                     | 645971,23                       |
| MO        | MO-T26 | 303+700          | 2,3            | 4956990,70                     | 646014,28                       |
| MO        | MO-T27 | 304+200          | 2,3            | 4956491,33                     | 646049,58                       |
| MO        | MO-T28 | 304+700          | 2,4            | 4955990,92                     | 646056,39                       |
| MO        | MO-T29 | 305+200          | 2,5            | 4955490,91                     | 646046,13                       |
| MO        | MO-T30 | 305+700          | 2,3            | 4954990,74                     | 646035,95                       |
| MO        | MO-T31 | 306+200          | 2,3            | 4954492,02                     | 646042,02                       |
| MO        | MO-T32 | 306+700          | 2,4            | 4953999,52                     | 646119,40                       |
| MO        | MO-T33 | 307+200          | 2,0            | 4953508,29                     | 646213,98                       |
| MO        | MO-T34 | 307+700          | 2,3            | 4953016,02                     | 646303,33                       |
| MO        | MO-T35 | 308+200          | 2,4            | 4952517,92                     | 646358,33                       |
| MO        | MO-T36 | 308+700          | 2,4            | 4952020,13                     | 646405,49                       |
| MO        | MO-T37 | 309+200          | 2,2            | 4951528,74                     | 646481,87                       |
| MO        | MO-T38 | 309+700          | 2,0            | 4951038,75                     | 646582,45                       |
| MO        | MO-T39 | 310+200          | 2,3            | 4950544,89                     | 646668,88                       |
| MO        | MO-T40 | 310+700          | 2,3            | 4950041,98                     | 646663,91                       |
| MO        | MO-T41 | 311+200          | 2,4            | 4949544,82                     | 646600,44                       |
| MO        | MO-T42 | 311+700          | 2,2            | 4949047,89                     | 646540,82                       |
| MO        | MO-T43 | 312+200          | 2,2            | 4948565,54                     | 646408,02                       |
| MO        | MO-T44 | 312+700          | 2,0            | 4948088,66                     | 646243,71                       |

TAB. 4– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE TRINCEE O POZZETTI ESPLORATIVI PREGRESSI

Le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportate nel report di cui all'elaborato ER-GE.5.5 dello studio geologico.

### 2.1.3 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica

Le prove penetrometriche statiche, o CPT (*Cone Penetration Test*), sono delle indagini, eseguite in situ, per poter determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche del terreno.

|  |                                |             |      |           |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 10 di 143 |

Sviluppate negli anni cinquanta in Olanda, sono oggi, in Italia, uno dei più usati ed accettati test di campagna. Sono indicate per tutte le tipologie di terreni, a parte in presenza di orizzonti ghiaiosi o di sabbie molto addensate, che non si riescono ad attraversare.

Uno dei principali vantaggi delle prove penetrometriche è la possibilità di ottenere dei dati in continuo. Esse, infatti, consistono nell'infissione all'interno del terreno, a velocità standardizzata costante, pari a 2 cm/s ± 0.5 cm/s, di una punta.

Per separare la resistenza alla punta da quella dovuta all'attrito lungo la batteria di aste, si agisce su una serie di aste interne ed indipendenti da quelle principali: esse agiscono direttamente solo sulla punta che può, così, penetrare di qualche centimetro prima di trascinare anche le aste esterne.

Abitualmente si fa uso della punta meccanica "di *Begemann*" (dal nome dell'ingegnere che l'ha progettata e realizzata), dotata di un manicotto cilindrico, posto sopra la punta stessa.

Anche le dimensioni della punta e del manicotto sono standardizzate, come di seguito elencato:

- diametro di base del cono  $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono  $\beta = 60^\circ$

Spingendo sulle aste interne si fa penetrare dapprima la punta e si effettua la prima lettura; dopo circa 40 mm di penetrazione, viene agganciato anche il manicotto cilindrico e si misura pertanto la resistenza alla punta più quella dovuta all'attrito sul manicotto (seconda lettura). Per differenza si può ottenere, pertanto, anche il valore dell'attrito laterale (adesione terreno-acciaio). Infine spingendo sulle aste esterne, si ricompatta dapprima la punta precedentemente estesa (senza nessuna misura) e, insistendo, si può misurare lo sforzo totale necessario per far avanzare la punta, il manicotto e la batteria di aste esterne.

Nel tratto in esame sono state realizzate 11 prove CPT: 7 in provincia di Modena e 4 in provincia di Reggio Emilia.

In Tab. 5, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

| provincia | codice PROVA | quota (m) | progressiva (km) | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------------|-----------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
|-----------|--------------|-----------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|

| provincia | codice PROVA | quota (m) | progressiva (km) | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------------|-----------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-CPT1      | 18,9      | 284+457          | 7,80           | 4976038,31                     | 646354,30                       |
| RE        | RE-CPT2      | 20,3      | 285+464          | 25,00          | 4975159,89                     | 645772,05                       |
| RE        | RE-CPT3      | 20,0      | 285+510          | 25,00          | 4975117,88                     | 645751,53                       |
| RE        | RE-CPT4      | 20,1      | 288+828          | 9,80           | 4971748,71                     | 646075,45                       |
| MO        | MO-CPT1      | 20,0      | 291+945          | 7,80           | 4968638,97                     | 646262,64                       |
| MO        | MO-CPT2      | 21,0      | 295+224          | 8,80           | 4965363,85                     | 646483,68                       |
| MO        | MO-CPT3      | 26,5      | 298+035          | 9,80           | 4962563,59                     | 646437,94                       |
| MO        | MO-CPT4      | 28,6      | 301+258          | 8,80           | 4959402,90                     | 646058,53                       |
| MO        | MO-CPT5      | 31,3      | 304+227          | 9,80           | 4956449,60                     | 646057,41                       |
| MO        | MO-CPT6      | 32,5      | 305+850          | 8,80           | 4954825,48                     | 645985,66                       |
| MO        | MO-CPT7      | 35,5      | 307+372          | 9,80           | 4953316,82                     | 646207,09                       |

TAB. 5– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPT PREGRESSE

I report con i risultati delle prove CPT sono riportati nell'elaborato ER-GE.5.2 dello studio geologico.

#### 2.1.4 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono

Queste prove consistono nella misurazione della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$ ). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici e successivamente elaborati.

Nel tratto in esame sono state realizzate 23 prove CPTU: 22 in provincia di Modena e 1 in provincia di Reggio Emilia.

In Tab. 6, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 12 di 143 |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

| provincia | codice PROVA | quota (m) | progressiva (km) | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------------|-----------|------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-CPTU1     | 19,7      | 287+000          | 1,71           | 4973540,00                     | 645989,05                       |
| MO        | MO-CPTU1     | 20,0      | 291+985          | 32,00          | 4968598,29                     | 646367,45                       |
| MO        | MO-CPTU2     | 20,2      | 292+032          | 29,00          | 4968552,28                     | 646272,38                       |
| MO        | MO-CPTU3     | 20,8      | 294+039          | 30,00          | 4966554,06                     | 646468,51                       |
| MO        | MO-CPTU4     | 21,0      | 294+068          | 30,00          | 4966516,00                     | 646341,99                       |
| MO        | MO-CPTU5     | 22,2      | 295+000          | 25,00          | 4965561,26                     | 646455,01                       |
| MO        | MO-CPTU6     | 23,7      | 296+626          | 35,00          | 4963968,56                     | 646394,73                       |
| MO        | MO-CPTU7     | 23,0      | 296+658          | 40,50          | 4963938,04                     | 646278,54                       |
| MO        | MO-CPTU8     | 29,0      | 300+890          | 41,50          | 4959778,07                     | 646059,99                       |
| MO        | MO-CPTU9     | 29,0      | 300+893          | 43,00          | 4959752,08                     | 646153,35                       |
| MO        | MO-CPTU10    | 31,0      | 304+420          | 45,00          | 4956253,57                     | 646006,47                       |
| MO        | MO-CPTU11    | 31,1      | 304+464          | 41,60          | 4956210,33                     | 646067,01                       |
| MO        | MO-CPTU12    | 33,1      | 305+200          | 1,43           | 4955462,25                     | 646028,58                       |
| MO        | MO-CPTU13    | 36,0      | 308+484          | 45,00          | 4952216,01                     | 646345,71                       |
| MO        | MO-CPTU14    | 36,0      | 308+503          | 43,50          | 4952204,83                     | 646424,23                       |
| MO        | MO-CPTU15    | 35,5      | 307+339          | 27,96          | 4953342,31                     | 646163,58                       |
| MO        | MO-CPTU16    | 35,1      | 307+340          | 29,94          | 4953358,59                     | 646257,04                       |
| MO        | MO-CPTU17    | 26,0      | 298+935          | 30,00          | 4961669,45                     | 646557,85                       |
| MO        | MO-CPTU18    | 28,8      | 299+500          | 35,00          | 4961154,47                     | 646450,92                       |
| MO        | MO-CPTU19    | 40,2      | 310+455          | 43,88          | 4950271,74                     | 646682,86                       |
| MO        | MO-CPTU20    | 40,2      | 310+517          | 43,30          | 4950214,68                     | 646619,41                       |
| MO        | MO-CPTU21    | 40,4      | 311+193          | 32,86          | 4949535,90                     | 646609,74                       |
| MO        | MO-CPTU22    | 40,9      | 311+195          | 39,22          | 4949541,67                     | 646536,19                       |


TAB. 6– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

Analogamente a quanto fatto per le prove CPT, i report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove CPTU, sono riportati nell'elaborato ER-GE.5.2 dello studio geologico.

## 2.2 Indagini integrative

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, descritta nel capitolo 2, all'interno del presente studio, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Intergeo s.r.l. di Modena tra l'ottobre e il dicembre 2015.

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 13 di 143 |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><b>Tratto Regione Emilia-Romagna</b> | <i>Progetto definitivo</i> |


Come indicato in Tab. 7, nel tratto emiliano sono state realizzate 6 prove CPTU: 2 in provincia di Modena e 4 in provincia di Reggio Emilia. 2 di esse non hanno raggiunto la profondità prevista, pari a 30 m, riuscendo comunque a indagare un discreto spessore di sottosuolo: rispettivamente, 10,94 e 25,00 m.

In 3 casi, per l'attraversamento dell'orizzonte più superficiale, è stato necessario realizzare un preforo tramite sondaggio a carotaggio continuo.

| provincia | codice prova | sondaggio di preforo | quota (m) | progressiva (km) | eseguita nel | profondità (m) | latitudine WGS84 UTM zona 32 N | longitudine WGS84 UTM zona 32 N |
|-----------|--------------|----------------------|-----------|------------------|--------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| RE        | RE-CPTU2     | si                   | 19,16     | 287+223          | ott-15       | - 30,00 m      | 4973341,84                     | 646003,51                       |
| RE        | RE-CPTU3     | si                   | 21,80     | 289+234          | ott-15       | - 25,00 m      | 4971342,04                     | 646130,13                       |
| RE        | RE-CPTU4     | si                   | 21,00     | 290+352          | ott-15       | - 30,00 m      | 4970224,38                     | 646137,18                       |
| RE        | RE-CPTU5     |                      | 19,40     | 288+407          | dic-15       | - 30,00 m      | 4972168,54                     | 646092,99                       |
| MO        | MO-CPTU23    |                      | 41,00     | 311+729          | dic-15       | - 30,00 m      | 4949010,37                     | 646494,24                       |
| MO        | MO-CPTU24    |                      | 41,80     | 312+612          | dic-15       | - 10,94 m      | 4948183,21                     | 646212,73                       |

**TAB. 7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE RELATIVE AL TRATTO AUTOSTRADALE IN ESAME**

Anche i report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza rilevati nel corso delle prove CPTU integrative sono riportati nell'elaborato ER-GE.5.2 dello studio geologico.

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 14 di 143 |

### 3 ANALISI DI LABORATORIO

Come anticipato precedentemente (cfr. paragrafo 2.1.1), nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati campioni che sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio.

I risultati di tali analisi sono riportati negli elaborati ER-GE.5.3.1, ER-GE.5.3.2, ER-GE.5.3.3, ER-GE.5.3.4, ER-GE.5.3.5, ER-GE.5.3.6 e ER-GE.5.3.7 dello studio geologico e, più sinteticamente, nelle seguenti tabelle:

- in Tab. 8 i risultati delle prove di classificazione e di quelle per la determinazione dei pesi di volume
- in Tab. 9 i risultati delle prove per la determinazione dei contenuti d'acqua e delle analisi granulometriche
- in Tab. 10 i risultati delle prove triassiali
- in Tab. 11 i risultati delle prove a compressione assiale semplice non confinata (espansione libera laterale) e di taglio diretto
- in Tab. 12 i risultati delle prove edometriche (Modulo Edometrico)
- in Tab. 13 i risultati delle prove edometriche (Coefficiente di Consolidazione)
- in Tab. 14 i risultati delle prove edometriche (Permeabilità)

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                          | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|-----------|----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          |             |                                      | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|           |          |             |                                      | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| RE-SC1-PZ | SH1      | 4.50-5.00   | Limo con argilla con sabbia          | 70.8%                 | 32.5% | 38.3% |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC1-PZ | SH3      | 8.00-8.50   | Limo con sabbia argillosa            | 37.6%                 | 25.7% | 11.9% |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC2-DH | SH1      | 4.50-5.00   | Limo con argilla debolmente sabbioso |                       |       |       |                  | 19.02                | 15.19                | 25.87                |
| RE-SC3-PZ | SH1 (A)  | 3.50-3.90   | Argilla debolmente limosa            |                       |       |       |                  | 19.36                |                      |                      |
| RE-SC3-PZ | SH2 (B)  | 6.00-6.60   | Argilla con lenti di torba           | 72.0%                 | 24.9% | 47.1% |                  | 16.12                |                      |                      |
| RE-SC3-PZ | SH3 (C)  | 9.30-9.90   | Argilla limosa                       | 43.1%                 | 18.1% | 25.0% |                  | 17.28                |                      |                      |
| RE-SC3-PZ | SH4 (D)  | 12.30-12.90 | Argilla                              | 83.2%                 | 25.1% | 28.1% |                  | 18.53                |                      |                      |
| RE-SC4-PZ | SH1      | 9.00-9.50   | Limo con argilla                     | 55.7%                 | 29.6% | 26.2% |                  | 18.62                | 14.31                |                      |
| RE-SC5-DH | SH1      | 3.00-3.60   | Argilla limosa con resti vegetali    | 70.0%                 | 38.6% | 31.4% |                  | 19.01                |                      | 26.46                |
| RE-SC5-DH | SH2      | 6.00-6.60   | Argilla limosa                       | 70.5%                 | 39.2% | 31.3% |                  | 17.93                |                      | 26.56                |
| RE-SC5-DH | SH3      | 9.00-9.60   | Argilla limosa                       | 30.6%                 | 22.3% | 8.3%  |                  | 16.95                |                      | 26.36                |



| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Descrizione  | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|-----------|----------|-------------|--|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          |             |  | LI                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | γ <sub>nat</sub>     | γ <sub>sec</sub>     | γ <sub>gran</sub>    |
|           |          |             |  | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| RE-SC5-DH | SPT1     | 12.00       | Sabbia limosa debolmente argillosa                       | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC5-DH | SPT2     | 15.00       | Sabbia con limo  | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC5-DH | SPT5     | 24.00       | Argilla  | 69.8%                 | 44.4% | 25.4% |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC5-DH | SPT7     | 30.00       | Sabbia   | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC5-DH | SPT9     | 36.00       | Limo argilloso   | 69.6%                 | 44.4% | 25.2% |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC6-DH | SPT1     | 3.00        | Sabbia limosa  | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC6-DH | SPT3     | 12.00       | Limo con sabbia argillosa                                | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC6-DH | SPT4     | 15.00       | Sabbia con limo  | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| RE-SC6-DH | SPT8     | 27.00       | Limo   | 69.2%                 | 41.1% | 28.0% |                  |                      |                      |                      |
|           |          |             |  |                       |       |       |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SH1      | 3.00-3.60   | Argilla con limo sabbiosa con resti vegetali             | 69.5%                 | 40.7% | 28.7% |                  | 19.01                | 26.56                |                      |
| MO-SC1-PZ | SH2      | 6.00-6.60   | Argilla limosa debolmente sabbiosa con resti vegetali    | 71.2%                 | 40.5% | 30.8% |                  | 18.23                | 26.46                |                      |
| MO-SC1-PZ | SH3      | 9.00-9.60   | Argilla con limo sabbiosa                                | 30.6%                 | 21.8% | 8.8%  |                  | 20.68                | 26.26                |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT1     | 12.00       | Sabbia limosa  | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT2     | 15.00       | Sabbia limosa  | NP                    | NP    | NP    |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT3     | 18.00       | Sabbia limosa argillosa                                  | 30.6%                 | 21.9% | 8.8%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT5     | 24.00       | Limo argilloso   | 69.3%                 | 40.3% | 29.1% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT6     | 27.00       | Limo argilloso   | 67.3%                 | 40.6% | 26.7% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT8     | 33.00       | Argilla  | 71.0%                 | 35.1% | 35.9% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC1-PZ | SPT11    | 42.00       | Argilla  | 71.3%                 | 34.9% | 36.4% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC2-PZ | SH1      | 10.00-10.60 | Limo argilloso debolmente sabbioso                       |                       |       |       |                  | 19.22                | 15.12                | 26.17                |
| MO-SC2-PZ | SH2      | 17.00-17.60 | Limo con argilla debolmente sabbioso                     |                       |       |       |                  | 18.27                | 14.12                | 25.58                |
| MO-SC2-PZ | SH3      | 27.00-27.60 | Limo con argilla con sabbia                              |                       |       |       |                  | 16.67                | 12.43                | 25.87                |
| MO-SC2-PZ | CR1      | 3.50-3.70   | Argilla con limo sabbiosa                                | 64.0%                 | 25.0% | 39.0% |                  |                      |                      | 26.46                |
| MO-SC2-PZ | CR2      | 6.30-6.50   | Argilla limosa sabbiosa                                  | 85.0%                 | 37.0% | 48.0% |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC2-PZ | CR3      | 9.20-9.40   | Limo con sabbia argillosa                                | 41.0%                 | 23.0% | 18.0% |                  |                      |                      | 26.46                |
| MO-SC2-PZ | CR4      | 11.20-11.50 | Limo con argilla debolmente sabbioso                     | 38.0%                 | 20.0% | 17.0% |                  |                      |                      | 26.36                |
| MO-SC2-PZ | CR5      | 14.40-14.70 | Sabbia limosa  |                       |       |       |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC2-PZ | CR6      | 19.00-19.30 | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     | 68.0%                 | 27.0% | 41.0% |                  |                      |                      | 26.17                |
| MO-SC2-PZ | CR7      | 24.30-24.50 | Argilla con limo sabbiosa                                | 65.0%                 | 25.0% | 40.0% |                  |                      |                      | 24.79                |
| MO-SC2-PZ | CR8      | 25.50-25.70 | Limo con sabbia debolmente argillosa debolmente ghiaiosa | 27.0%                 | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 26.85                |
| MO-SC2-PZ | CR9      | 29.60-29.80 | Argilla con limo sabbiosa                                | 83.0%                 | 32.0% | 51.0% |                  |                      |                      | 26.56                |

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Descrizione  | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|-----------|----------|-------------|--|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          |             |  | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|           |          |             |  | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC3-DH | SH1      | 6.00-6.50   | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     |                       |       |       |                  | 19.22                | 15.49                | 25.97                |
| MO-SC3-DH | SH2      | 18.60-19.20 | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     |                       |       |       |                  | 19.22                | 15.23                | 26.17                |
| MO-SC3-DH | SH3      | 28.50-29.10 | Argilla con limo sabbiosa                                |                       |       |       |                  | 17.55                | 12.94                | 26.36                |
| MO-SC3-DH | CR1      | 2.60-2.80   | Argilla con limo sabbiosa                                | 75.0%                 | 28.0% | 47.0% |                  |                      |                      | 26.75                |
| MO-SC3-DH | CR2      | 8.80-9.00   | Limo con sabbia argillosa                                | 41.0%                 | 20.0% | 21.0% |                  |                      |                      | 25.58                |
| MO-SC3-DH | CR3      | 12.20-12.50 | Limo con sabbia debolmente argillosa debolmente ghiaiosa | 26.0%                 | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 26.17                |
| MO-SC3-DH | CR5      | 21.40-21.60 | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     | 78.0%                 | 31.0% | 47.0% |                  |                      |                      | 26.36                |
| MO-SC3-DH | CR6      | 25.80-26.00 | Sabbia con limo  | 28.0%                 | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 26.36                |
| MO-SC4-PZ | SH1      | 8.60-9.10   | Limo con argilla sabbioso                                | 53.0%                 | 24.7% | 28.3% |                  | 19.42                | 15.67                | 25.97                |
| MO-SC4-PZ | SH2      | 18.00-18.70 | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     |                       |       |       |                  | 18.49                | 14.77                | 26.46                |
| MO-SC4-PZ | SH3      | 26.70-27.40 | Limo argilloso sabbioso                                  |                       |       |       |                  | 19.22                | 15.15                | 25.38                |
| MO-SC4-PZ | SH4      | 36.10-36.60 | Limo con argilla sabbioso ghiaioso                       |                       |       |       |                  | 19.45                | 6.30                 | 25.87                |
| MO-SC4-PZ | SH5      | 42.35-42.95 | Argilla con limo debolmente sabbiosa                     |                       |       |       |                  | 19.46                | 15.90                | 25.19                |
| MO-SC4-PZ | CR1      | 2.00-2.20   | Argilla con limo sabbiosa                                | 65.0%                 | 33.0% | 32.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC4-PZ | CR2      | 10.00-10.20 | Argilla con limo sabbiosa                                | 56.0%                 | 26.0% | 31.0% |                  |                      |                      | 25.38                |
| MO-SC4-PZ | CR3      | 12.40-12.60 | Limo con argilla sabbioso                                | 60.0%                 | 29.0% | 31.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC4-PZ | CR4      | 15.50-15.70 | Argilla con limo sabbiosa                                | 66.0%                 | 28.0% | 38.0% |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC4-PZ | CR5      | 23.20-23.40 | Argilla limosa sabbiosa                                  | 88.0%                 | 31.0% | 57.0% |                  |                      |                      | 25.68                |
| MO-SC4-PZ | CR6      | 33.40-33.60 | Argilla con sabbia limosa                                | 84.0%                 | 53.0% | 31.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC4-PZ | CR7      | 38.20-38.40 | Argilla limosa debolmente sabbiosa                       | 66.0%                 | 33.0% | 33.0% |                  |                      |                      | 26.56                |
| MO-SC4-PZ | CR8      | 41.40-41.60 | Limo con argilla sabbioso                                | 38.0%                 | 20.0% | 19.0% |                  |                      |                      | 27.05                |
| MO-SC4-PZ | CR9      | 46.80-47.00 | Sabbia limosa argillosa                                  | 20.0%                 | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC4-PZ | CR11     | 59.25-59.50 | Limo con sabbia argillosa                                | 50.0%                 | 17.0% | 33.0% |                  |                      |                      | 25.38                |
| MO-SC5-DH | SH1      | 4.50-5.10   | Limo argilloso sabbioso                                  |                       |       |       |                  | 19.55                | 15.83                | 25.77                |
| MO-SC5-DH | SH2      | 15.40-16.00 | Limo con argilla sabbioso                                |                       |       |       |                  | 19.84                | 16.19                | 25.48                |
| MO-SC5-DH | SH3      | 24.60-25.20 | Argilla con limo sabbiosa                                |                       |       |       |                  | 18.25                | 13.73                | 26.07                |
| MO-SC5-DH | SH4      | 34.50-35.10 | Limo con argilla sabbioso                                |                       |       |       |                  | 18.90                | 14.51                | 26.17                |
| MO-SC5-DH | CR1      | 8.30-8.50   | Limo con argilla   | 42.0%                 | 20.0% | 22.0% |                  |                      |                      | 25.19                |
| MO-SC5-DH | CR2      | 11.25-11.45 | Limo con argilla debolmente sabbioso                     | 39.0%                 | 24.0% | 15.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC5-DH | CR3      | 14.00-14.20 | Argilla con limo sabbiosa                                | 71.0%                 | 36.0% | 35.0% |                  |                      |                      | 24.89                |
| MO-SC5-DH | CR4      | 23.20-23.40 | Limo con argilla sabbioso                                | 53.0%                 | 32.0% | 21.0% |                  |                      |                      | 25.58                |
| MO-SC5-DH | CR5      | 27.20-27.40 | Limo con argilla sabbioso                                | 33.0%                 | 22.0% | 11.0% |                  |                      |                      | 26.07                |

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                          | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|-----------|----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |          |             |                                      | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|           |          |             |                                      | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC5-DH | CR6      | 32.00-32.20 | Argilla limosa                       | 111.0%                | 37.0% | 74.0% |                  |                      |                      | 24.70                |
| MO-SC5-DH | CR7      | 40.00-40.20 | Argilla limosa debolmente sabbiosa   | 90.0%                 | 36.0% | 54.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC5-DH | CR8      | 44.60-44.80 | Argilla con sabbia limosa ghiaiosa   | 68.0%                 | 33.0% | 35.0% |                  |                      |                      | 24.99                |
| MO-SC5-DH | CR9      | 48.80-49.00 | Sabbia debolmente limosa             |                       |       |       |                  |                      |                      | 25.38                |
| MO-SC5-DH | CR11     | 59.60-59.80 | Argilla con limo debolmente sabbiosa |                       |       |       |                  |                      |                      | 25.09                |
| MO-SC6-PZ | SH1 (A)  | 4.80-5.30   | Argilla con limo sabbiosa            | 71.5%                 | 25.1% | 46.4% |                  | 19.36                |                      | 25.90                |
| MO-SC6-PZ | SH2 (B)  | 8.00-8.30   | Argilla con tracce di limo           |                       |       |       |                  | 19.05                |                      |                      |
| MO-SC6-PZ | SH2 (B)  | 8.35-8.60   | Limo argilloso con tracce di sabbia  |                       |       |       |                  | 19.89                |                      |                      |
| MO-SC6-PZ | SH3 (C)  | 12.00-12.60 | Limo con argilla sabbioso            | 48.9%                 | 18.2% | 30.8% |                  | 19.19                |                      | 26.77                |
| MO-SC6-PZ | CR1      | 1.50-1.95   | Sabbia                               | N.D.                  | N.P.  |       | A 3              |                      |                      |                      |
| MO-SC7-PZ | SH1      | 8.50-9.00   | Argilla con limo debolmente sabbiosa |                       |       |       |                  | 18.90                | 15.65                | 24.79                |
| MO-SC7-PZ | SH2      | 18.00-18.60 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 18.60                | 14.69                | 24.70                |
| MO-SC7-PZ | SH3      | 26.00-26.60 | Limo argilloso sabbioso              |                       |       |       |                  | 19.41                | 15.31                | 25.97                |
| MO-SC7-PZ | SH4      | 36.00-36.60 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 19.51                | 15.50                | 26.36                |
| MO-SC7-PZ | SH5      | 47.70-48.30 | Argilla con limo sabbiosa            |                       |       |       |                  | 18.92                | 14.96                | 24.99                |
| MO-SC7-PZ | CR1      | 2.50-2.70   | Limo argilloso sabbioso              | 50.0%                 | 28.0% | 22.0% |                  |                      |                      | 25.28                |
| MO-SC7-PZ | CR2      | 6.00-6.20   | Sabbia con limo debolmente argillosa | 26.0%                 | 20.0% | 6.0%  |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC7-PZ | CR3      | 13.30-13.50 | Argilla con limo sabbiosa            | 60.0%                 | 31.0% | 29.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC7-PZ | CR4      | 16.90-17.10 | Limo con argilla con sabbia          | 76.0%                 | 51.0% | 25.0% |                  |                      |                      | 24.30                |
| MO-SC7-PZ | CR5      | 20.30-20.50 | Limo con argilla sabbioso            | 36.0%                 | 21.0% | 15.0% |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC7-PZ | CR6      | 28.20-28.50 | Argilla con limo sabbiosa            | 57.0%                 | 31.0% | 26.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC7-PZ | CR7      | 33.10-33.30 | Limo con argilla sabbioso            | 68.0%                 | 33.0% | 35.0% |                  |                      |                      | 25.48                |
| MO-SC7-PZ | CR8      | 38.30-38.50 | Argilla con limo                     | 54.0%                 | 27.0% | 27.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC7-PZ | CR9      | 51.00-51.20 | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 83.0%                 | 49.0% | 34.0% |                  |                      |                      | 25.48                |
| MO-SC7-PZ | CR10     | 56.00-56.20 | Limo con sabbia argilloso            | 36.0%                 | 23.0% | 13.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC8-DH | SH1      | 5.00-5.60   | Argilla con limo sabbiosa            |                       |       |       |                  | 17.80                | 13.61                | 26.36                |
| MO-SC8-DH | SH2      | 18.00-18.50 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 18.02                | 13.98                | 26.26                |
| MO-SC8-DH | SH3      | 25.50-26.00 | Limo argilloso sabbioso              |                       |       |       |                  | 18.48                | 14.76                | 26.07                |
| MO-SC8-DH | SH4      | 36.00-36.60 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 17.77                | 14.12                | 26.26                |
| MO-SC8-DH | SH5      | 46.30-46.80 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 19.44                | 15.53                | 26.17                |
| MO-SC8-DH | CR1      | 3.50-3.70   | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 61.0%                 | 27.0% | 34.0% |                  |                      |                      | 26.66                |
| MO-SC8-DH | CR2      | 8.50-8.70   | Limo con argilla sabbioso            | 35.0%                 | 19.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 26.07                |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                                   | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|----------|-------------|---|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |          |             |   | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |          |             |   | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC8-DH  | CR3      | 11.00-11.30 | Limo con argilla debolmente sabbioso          | 58.0%                 | 25.0% | 33.0% |                  |                      |                      | 26.75                |
| MO-SC8-DH  | CR4      | 16.80-17.00 | Limo con sabbia ghiaioso argilloso            | 43.0%                 | 20.0% | 23.0% |                  |                      |                      | 18.33                |
| MO-SC8-DH  | CR5      | 22.00-22.20 | Argilla con limo sabbiosa                     | 69.0%                 | 28.0% | 41.0% |                  |                      |                      | 26.46                |
| MO-SC8-DH  | CR6      | 27.60-27.80 | Limo con argilla debolmente sabbioso          | 39.0%                 | 23.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 26.36                |
| MO-SC8-DH  | CR7      | 30.25-30.45 | Argilla con limo sabbiosa                     | 57.0%                 | 25.0% | 32.0% |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC8-DH  | CR8      | 37.40-37.60 | Limo argilloso sabbioso                       | 36.0%                 | 22.0% | 14.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC8-DH  | CR9      | 48.30-48.50 | Argilla limosa debolmente sabbiosa            | 92.0%                 | 37.0% | 55.0% |                  |                      |                      | 26.46                |
| MO-SC8-DH  | CR10     | 56.00-56.20 | Limo con argilla sabbioso                     | 45.0%                 | 18.0% | 27.0% |                  |                      |                      | 25.58                |
| MO-SC8-DH  | CR11     | 59.30-59.50 | Sabbia limosa                                 |                       |       |       |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC9-DH  | SH1      | 5.70-6.30   | Limo con argilla debolmente sabbioso          |                       |       |       |                  | 18.60                | 15.11                | 24.70                |
| MO-SC9-DH  | SH2      | 16.20-16.80 | Argilla con limo debolmente sabbiosa          |                       |       |       |                  | 17.10                | 12.35                | 25.09                |
| MO-SC9-DH  | SH3      | 26.60-27.20 | Argilla con limo sabbiosa                     |                       |       |       |                  | 18.27                | 14.05                | 24.79                |
| MO-SC9-DH  | SH4      | 36.40-37.00 | Argilla con limo debolmente sabbiosa          |                       |       |       |                  | 18.33                | 14.08                | 24.99                |
| MO-SC9-DH  | SH5      | 46.60-47.10 | Limo debolmente argilloso debolmente sabbioso |                       |       |       |                  | 18.66                | 14.41                | 24.99                |
| MO-SC9-DH  | CR1      | 2.50-2.70   | Sabbia con limo argillosa                     | 30.0%                 | 22.0% | 8.0%  |                  |                      |                      | 25.48                |
| MO-SC9-DH  | CR2      | 9.00-9.20   | Limo con argilla debolmente sabbioso          | 43.0%                 | 24.0% | 19.0% |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC9-DH  | CR3      | 14.00-14.20 | Limo con argilla sabbioso                     | 57.0%                 | 33.0% | 24.0% |                  |                      |                      | 24.60                |
| MO-SC9-DH  | CR4      | 19.00-19.20 | Sabbia con limo debolmente argillosa          | 26.0%                 | 19.0% | 7.0%  |                  |                      |                      | 25.48                |
| MO-SC9-DH  | CR5      | 24.20-24.40 | Limo con sabbia argilloso                     | 28.0%                 | 22.0% | 6.0%  |                  |                      |                      | 25.28                |
| MO-SC9-DH  | CR6      | 27.40-27.60 | Limo argilloso sabbioso                       | 36.0%                 | 21.0% | 15.0% |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC9-DH  | CR7      | 33.50-33.70 | Argilla con limo debolmente sabbiosa          | 54.0%                 | 32.0% | 22.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC9-DH  | CR8      | 38.20-38.40 | Limo argilloso sabbioso                       | 43.0%                 | 28.0% | 15.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC9-DH  | CR9      | 44.00-44.20 | Limo con argilla sabbioso                     | 43.0%                 | 28.0% | 15.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC9-DH  | CR10     | 51.40-51.60 | Sabbia con limo argillosa                     | 28.0%                 | 19.0% | 9.0%  |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC9-DH  | CR11     | 56.60-56.80 | Limo con argilla sabbioso                     | 45.0%                 | 37.0% | 8.0%  |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC10-PZ | SH1      | 8.80-9.40   | Limo con argilla sabbioso                     |                       |       |       |                  | 17.08                | 12.52                | 24.30                |
| MO-SC10-PZ | SH2      | 17.70-18.30 | Argilla con limo                              |                       |       |       |                  | 18.28                | 13.94                | 25.68                |
| MO-SC10-PZ | SH3      | 28.20-28.70 | Limo con sabbia con argilla                   |                       |       |       |                  | 19.47                | 15.71                | 25.68                |
| MO-SC10-PZ | SH4      | 38.70-39.20 | Argilla con limo                              |                       |       |       |                  | 18.80                | 14.74                | 25.38                |
| MO-SC10-PZ | SH5      | 47.20-47.80 | Limo con argilla debolmente sabbioso          |                       |       |       |                  | 20.06                | 16.50                | 25.38                |
| MO-SC10-PZ | CR1      | 3.00-3.20   | Limo con sabbia con argilla                   | 36.0%                 | 19.0% | 17.0% |                  |                      |                      | 24.70                |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Descrizione  | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|----------|-------------|--|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |          |             |  | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |          |             |  | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC10-PZ | CR2      | 6.20-6.40   | Limo con sabbia argilloso                              | 38.0%                 | 22.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC10-PZ | CR3      | 12.60-12.80 | Limo con argilla sabbioso                              | 63.0%                 | 30.0% | 33.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC10-PZ | CR4      | 15.20-15.40 | Limo con sabbia argilloso                              | 29.0%                 | 20.0% | 9.0%  |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC10-PZ | CR5      | 23.00-23.20 | Limo con argilla sabbioso                              | 58.0%                 | 23.0% | 35.0% |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC10-PZ | CR6      | 31.00-31.30 | Limo con argilla debolmente sabbioso                   | 56.0%                 | 30.0% | 26.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC10-PZ | CR7      | 41.00-41.25 | Limo con sabbia argilloso                              | 29.0%                 | 18.0% | 11.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC10-PZ | CR8      | 48.90-49.10 | Sabbia con limo con argilla                            | 25.0%                 | 14.0% | 11.0% |                  |                      |                      | 25.68                |
| MO-SC10-PZ | CR9      | 52.60-52.80 | Argilla con limo sabbiosa                              | 67.0%                 | 27.0% | 40.0% |                  |                      |                      | 26.17                |
| MO-SC10-PZ | CR10     | 54.60-54.80 | Limo argilloso sabbioso                                | 37.0%                 | 23.0% | 14.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC10-PZ | CR11     | 58.00-58.20 | Argilla limosa debolmente sabbiosa debolmente ghiaiosa | 92.0%                 | 37.0% | 55.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC11-DH | SH1      | 6.00-6.60   | Argilla con punti limosi e torbosi                     | 59.0%                 | 29.0% | 30.0% |                  |                      |                      | 25.57                |
| MO-SC11-DH | SH2      | 9.00-9.60   | Argilla limosa   | 42.0%                 | 26.0% | 16.0% |                  | 19.00                |                      | 26.34                |
| MO-SC11-DH | SH3      | 30.00-30.60 | Argilla limosa e limo sabbio-argilloso                 | 50.0%                 | 26.0% | 24.0% |                  | 18.37                |                      | 26.49                |
| MO-SC11-DH | CR1      | 12.00-12.45 | Limo argilloso sabbioso                                | 31.0%                 | 21.0% | 10.0% |                  | 19.74                |                      |                      |
| MO-SC11-DH | CR3      | 27.00-27.45 | Argilla con punti limosi                               | 58.0%                 | 26.0% | 32.0% |                  | 26.45                |                      |                      |
| MO-SC12-PZ | SH1      | 3.50-4.10   | Argilla limosa   | 41.0%                 | 24.0% | 17.0% |                  | 17.54                |                      | 26.02                |
| MO-SC12-PZ | SH2      | 10.50-11.10 | Limo sabbio-argilloso                                  | 28.0%                 | 21.0% | 7.0%  |                  | 19.84                |                      | 26.67                |
| MO-SC12-PZ | SH3      | 30.00-30.60 | Argilla limosa   | 38.0%                 | 22.0% | 16.0% |                  | 19.24                |                      | 26.22                |
| MO-SC12-PZ | CR1      | 13.20-13.50 | Sabbia limosa  |                       |       |       |                  |                      |                      | 26.47                |
| MO-SC13-PZ | SH1      | 7.30-7.80   | Limo con argilla sabbioso                              |                       |       |       |                  | 19.23                | 15.05                | 26.07                |
| MO-SC13-PZ | SH2      | 16.50-17.00 | Limo con argilla sabbioso                              |                       |       |       |                  | 17.56                | 12.62                | 25.68                |
| MO-SC13-PZ | SH3      | 24.00-24.50 | Argilla limosa   |                       |       |       |                  | 19.02                | 14.50                | 25.97                |
| MO-SC13-PZ | SH4      | 34.30-34.90 | Limo con argilla sabbioso                              |                       |       |       |                  | 18.87                | 14.81                | 25.97                |
| MO-SC13-PZ | SH5      | 44.50-45.00 | Limo con argilla sabbioso                              |                       |       |       |                  | 19.74                | 16.06                | 26.07                |
| MO-SC13-PZ | CR1      | 4.00-4.20   | Limo argilloso sabbioso                                | 42.0%                 | 26.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC13-PZ | CR2      | 11.00-11.20 | Limo argilloso debolmente sabbioso                     | 42.0%                 | 26.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 25.68                |
| MO-SC13-PZ | CR3      | 19.00-19.30 | Limo argilloso sabbioso                                | 43.0%                 | 30.0% | 13.0% |                  |                      |                      | 25.58                |
| MO-SC13-PZ | CR4      | 20.00-20.20 | Limo con argilla con sabbia                            | 72.0%                 | 43.0% | 29.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC13-PZ | CR5      | 28.00-28.20 | Limo con argilla sabbioso                              | 66.0%                 | 34.0% | 32.0% |                  |                      |                      | 24.79                |
| MO-SC13-PZ | CR6      | 33.00-33.20 | Limo con sabbia debolmente argilloso                   | 27.0%                 | 20.0% | 6.0%  |                  |                      |                      | 24.70                |
| MO-SC13-PZ | CR7      | 38.80-39.00 | Argilla con limo sabbiosa                              | 61.0%                 | 40.0% | 20.0% |                  |                      |                      | 24.70                |
| MO-SC13-PZ | CR8      | 52.00-52.30 | Sabbia con limo  | 24.0%                 | 19.0% | 5.0%  |                  |                      |                      | 25.19                |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                          | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |          |             |                                      | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |          |             |                                      | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC13-PZ | CR9      | 54.50-54.70 | Limo con sabbia con argilla          | 56.0%                 | 35.0% | 21.0% |                  |                      |                      | 24.99                |
| MO-SC13-PZ | CR10     | 58.20-58.45 | Limo con argilla debolmente sabbioso | 56.0%                 | 31.0% | 25.0% |                  |                      |                      | 25.97                |
| MO-SC14-DH | SH1      | 9.00-9.60   | Limo argilloso debolmente sabbioso   |                       |       |       |                  | 17.58                | 13.05                | 24.70                |
| MO-SC14-DH | SH2      | 17.80-18.40 | Limo argilloso debolmente sabbioso   |                       |       |       |                  | 19.01                | 14.64                | 25.77                |
| MO-SC14-DH | SH3      | 30.80-31.40 | Limo sabbioso argilloso              |                       |       |       |                  | 18.78                | 15.42                | 25.97                |
| MO-SC14-DH | SH4      | 39.00-39.60 | Argilla con limo                     |                       |       |       |                  | 19.11                | 15.43                | 25.48                |
| MO-SC14-DH | SH5      | 49.00-49.60 | Argilla con limo debolmente sabbiosa |                       |       |       |                  | 18.09                | 13.52                | 25.58                |
| MO-SC14-DH | CR1      | 2.00-2.20   | Limo con argilla sabbioso            | 51.0%                 | 30.0% | 21.0% |                  |                      |                      | 25.87                |
| MO-SC14-DH | CR2      | 5.00-5.20   | Limo con sabbia debolmente argilloso | 33.0%                 | 22.0% | 11.0% |                  |                      |                      | 24.79                |
| MO-SC14-DH | CR3      | 14.00-14.20 | Limo sabbioso argilloso              | 45.0%                 | 25.0% | 20.0% |                  |                      |                      | 24.89                |
| MO-SC14-DH | CR4      | 23.00-23.20 | Argilla con limo sabbiosa            | 61.0%                 | 31.0% | 30.0% |                  |                      |                      | 24.50                |
| MO-SC14-DH | CR5      | 28.00-28.20 | Argilla con limo sabbiosa            | 52.0%                 | 28.0% | 23.0% |                  |                      |                      | 24.70                |
| MO-SC14-DH | CR6      | 29.80-30.00 | Sabbia limosa debolmente argillosa   | N.D.                  | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 26.07                |
| MO-SC14-DH | CR7      | 42.60-42.80 | Limo con argilla sabbioso            | 48.0%                 | 27.0% | 21.0% |                  |                      |                      | 25.19                |
| MO-SC14-DH | CR8      | 50.00-50.20 | Limo con sabbia con argilla          | 43.0%                 | 27.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 24.79                |
| MO-SC14-DH | CR9      | 53.90-54.20 | Sabbia debolmente limosa             |                       |       |       |                  |                      |                      | 24.40                |
| MO-SC14-DH | CR10     | 57.80-58.00 | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 64.0%                 | 35.0% | 28.0% |                  |                      |                      | 24.40                |
| MO-SC15-PZ | SH1 (A)  | 4.50-5.00   | Argilla limosa                       | 46.8%                 | 22.6% | 24.2% |                  | 18.66                |                      | 26.62                |
| MO-SC15-PZ | SH2 (B)  | 7.50-8.00   | Limo argilloso                       | 44.4%                 | 21.5% | 22.9% |                  | 18.70                |                      | 26.77                |
| MO-SC15-PZ | SH3 (C)  | 13.50-14.00 | Limo argilloso                       | 41.7%                 | 19.6% | 22.1% |                  | 19.27                |                      | 26.68                |
| MO-SC15-PZ | CR1      | 1.50-1.86   | Sabbia con ghiaietto                 | N.D.                  | N.P.  | 0.0%  | A1-a             |                      |                      |                      |
| MO-SC16-DH | SH1      | 3.00-3.60   | Limo argilloso sabbioso              |                       |       |       |                  | 18.77                | 14.73                | 26.36                |
| MO-SC16-DH | SH2      | 8.00-8.60   | Limo con sabbia argilloso            |                       |       |       |                  | 18.82                | 14.88                | 26.17                |
| MO-SC16-DH | SH3      | 23.80-24.40 | Argilla con limo sabbiosa            |                       |       |       |                  | 18.71                | 14.90                | 25.97                |
| MO-SC16-DH | SH4      | 35.80-36.40 | Limo con argilla sabbioso            |                       |       |       |                  | 19.52                | 15.87                | 26.36                |
| MO-SC16-DH | CR1      | 1.25-2.00   | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 57.0%                 | 28.0% | 30.0% |                  |                      |                      | 26.66                |
| MO-SC16-DH | CR2      | 6.20-6.50   | Argilla con limo sabbiosa            | 89.0%                 | 34.0% | 54.0% |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC16-DH | CR3      | 14.35-15.55 | Limo con sabbia argilloso            | 32.0%                 | 20.0% | 12.0% |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC16-DH | CR4      | 18.20-18.40 | Limo con argilla sabbioso            | 76.0%                 | 39.0% | 36.0% |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC16-DH | CR5      | 26.80-27.00 | Sabbia con limo                      | N.D.                  | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 26.26                |
| MO-SC16-DH | CR6      | 33.80-34.00 | Limo con sabbia argilloso            | 33.0%                 | 17.0% | 16.0% |                  |                      |                      | 26.36                |
| MO-SC16-DH | CR7      | 41.00-41.20 | Sabbia limosa debolmente argillosa   | N.D.                  | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 25.97                |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                                   | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|----------|-------------|---|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |          |             |   | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |          |             |   | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC16-DH | CR8      | 47.00-47.20 | Ghiaia con sabbia debolmente limosa           |                       |       |       |                  |                      |                      | 25.58                |
| MO-SC16-DH | CR9      | 50.80-51.00 | Limo con argilla sabbioso                     | 53.0%                 | 24.0% | 29.0% |                  |                      |                      | 25.19                |
| MO-SC16-DH | CR10     | 54.60-54.80 | Limo con sabbia debolmente argilloso          | 30.0%                 | 19.0% | 11.0% |                  |                      |                      | 24.99                |
| MO-SC17-PZ | SH1      | 5.90-6.50   | Limo sabbioso argilloso                       |                       |       |       |                  | 18.38                | 14.35                | 24.70                |
| MO-SC17-PZ | SH2      | 17.60-18.20 | Argilla con limo debolmente sabbiosa          |                       |       |       |                  | 16.39                | 11.70                | 24.60                |
| MO-SC17-PZ | SH3      | 29.45-30.00 | Limo con argilla sabbioso                     |                       |       |       |                  | 19.11                | 15.43                | 25.19                |
| MO-SC17-PZ | SH4      | 37.30-37.90 | Limo con sabbia argilloso                     |                       |       |       |                  | 19.43                | 15.81                | 25.19                |
| MO-SC17-PZ | CR1      | 3.40-3.70   | Sabbia con limo argillosa                     | 27.0%                 | 17.0% | 10.0% |                  |                      |                      | 25.48                |
| MO-SC17-PZ | CR2      | 8.40-8.70   | Limo con sabbia argilloso                     | 48.0%                 | 20.0% | 28.0% |                  |                      |                      | 25.09                |
| MO-SC17-PZ | CR3      | 15.30-15.60 | Limo argilloso sabbioso                       | 40.0%                 | 27.0% | 13.0% |                  |                      |                      | 26.17                |
| MO-SC17-PZ | CR4      | 23.80-24.00 | Argilla con limo sabbiosa                     | 69.0%                 | 21.0% | 48.0% |                  |                      |                      | 25.38                |
| MO-SC17-PZ | CR5      | 31.40-31.60 | Sabbia con limo argillosa                     | N.D.                  | N.D.  | N.D.  |                  |                      |                      | 25.77                |
| MO-SC17-PZ | CR6      | 34.80-35.00 | Limo con argilla sabbioso                     | 40.0%                 | 20.0% | 20.0% |                  |                      |                      | 25.38                |
| MO-SC17-PZ | CR7      | 39.50-39.70 | Limo con argilla sabbioso                     | 55.0%                 | 26.0% | 29.0% |                  |                      |                      | 26.17                |
| MO-SC17-PZ | CR9      | 47.40-47.60 | Limo con sabbia argilloso                     | 37.0%                 | 17.0% | 20.0% |                  |                      |                      | 25.68                |
| MO-SC21    | SH1 (A)  | 1.80-2.30   | Limo con sabbia argilloso debolmente ghiaioso | 41.6%                 | 20.5% | 21.1% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC22    | SH2 (B)  | 4.80-5.30   | Argilla con limo debolmente sabbiosa          | 66.3%                 | 26.1% | 40.2% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC23    | SH3 (C)  | 8.80-9.30   | Argilla con limo debolmente sabbiosa          | 43.6%                 | 25.8% | 17.8% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC24    | SH4 (D)  | 13.80-14.30 | Argilla con limo                              | 44.0%                 | 25.5% | 18.6% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC25    | SH5 (E)  | 19.80-20.30 | Argilla con limo                              | 66.6%                 | 26.9% | 39.7% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC26    | SH6 (F)  | 26.80-27.30 | Sabbia limosa                                 | N.P.                  | N.P.  |       |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC22-DH | SH1      | 5.00-5.50   | Limo debolmente argilloso e sabbioso          |                       |       |       |                  | 19.01                | 14.90                | 26.36                |
| MO-SC22-DH | SH2      | 27.50-28.00 | Limo debolmente argilloso                     |                       |       |       |                  | 19.21                | 15.09                | 26.36                |
| MO-SC22-DH | CR1      | 1.40-1.60   | Limo con argilla                              | 40.0%                 | 21.0% | 19.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC22-DH | CR2      | 6.20-6.50   | Limo con argilla                              | 46.0%                 | 23.0% | 23.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC22-DH | CR3      | 10.00-10.40 | Limo debolmente argilloso e sabbioso          | 33.0%                 | 20.0% | 13.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC22-DH | CR4      | 11.70-12.40 | Argilla con limo                              | 44.0%                 | 22.0% | 21.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | SH1      | 9.50-10.00  | Limo con argilla sabbioso                     | 34.0%                 | 24.0% | 10.0% |                  | 20.11                |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | SH2      | 19.40-20.00 | Argilla limosa                                | 56.0%                 | 28.0% | 28.0% |                  | 18.30                |                      | 26.33                |
| MO-SC29-PZ | SH3      | 28.00-28.60 | Argilla con limo                              | 48.0%                 | 24.0% | 24.0% |                  | 19.75                |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | SH4      | 39.50-40.00 | Argilla limosa                                | 97.0%                 | 29.0% | 68.0% |                  | 19.39                |                      | 25.94                |
| MO-SC29-PZ | CR1 (A)  | 2.50-3.00   | Limo con argilla sabbioso                     | 39.0%                 | 25.0% | 14.0% |                  |                      |                      |                      |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Descrizione                          | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |          |             |                                      | LI                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |          |             |                                      | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC29-PZ | CR2 (B)  | 6.50-7.00   | Limo con argilla debolmente sabbioso | 34.0%                 | 24.0% | 10.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | CR3 (C)  | 14.00-14.50 | Argilla limosa                       | 67.0%                 | 26.0% | 41.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | CR4 (D)  | 33.50-34.00 | Sabbia limosa argillosa              | 22.0%                 | 18.0% | 4.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | CR5 (E)  | 43.50-44.00 | Argilla limosa                       | 86.0%                 | 28.0% | 58.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | CR6 (F)  | 47.50-48.00 | Argilla con limo                     | 39.0%                 | 23.0% | 16.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC29-PZ | CR7 (G)  | 52.00-52.50 | Sabbia limosa argillosa              | 19.0%                 | 14.0% | 5.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | SH1      | 9.50-10.00  | Limo con argilla sabbioso            | 39.0%                 | 29.0% | 10.0% |                  | 18.64                | 26.20                |                      |
| MO-SC30-DH | SH2      | 18.50-19.00 | Argilla limosa con punti torbosi     | 64.0%                 | 28.0% | 36.0% |                  | 19.49                |                      |                      |
| MO-SC30-DH | SH3      | 27.50-28.00 | Argilla con limo                     | 56.0%                 | 26.0% | 30.0% |                  | 19.80                | 25.94                |                      |
| MO-SC30-DH | SH4      | 39.50-40.00 | Argilla con limo                     | 56.0%                 | 24.0% | 32.0% |                  | 19.57                |                      |                      |
| MO-SC30-DH | SH5      | 49.00-49.50 | Argilla con limo                     | 46.0%                 | 23.0% | 23.0% |                  | 20.08                |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR1 (A)  | 1.50-2.00   | Limo con argilla con sabbia          | 32.0%                 | 23.0% | 9.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR2 (B)  | 3.50-4.00   | Limo con argilla sabbioso            | 33.0%                 | 25.0% | 8.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR3 (C)  | 6.50-7.00   | Sabbia limosa argillosa              | 26.0%                 | 22.0% | 4.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR4 (D)  | 14.50-15.00 | Limo con sabbia argilloso            | 29.0%                 | 23.0% | 6.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR5 (E)  | 23.00-23.50 | Argilla con limo                     | 44.0%                 | 26.0% | 18.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR6 (F)  | 34.00-34.50 | Argilla con limo                     | 47.0%                 | 24.0% | 23.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC30-DH | CR7 (G)  | 43.50-44.00 | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 48.0%                 | 21.0% | 27.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC31-DH | OS1      | 5.40-5.90   | Argilla con limo                     | 66.0%                 | 27.0% | 39.0% |                  | 19.06                |                      |                      |
| MO-SC31-DH | OS2      | 18.00-18.50 | Argilla con limo                     | 49.0%                 | 24.0% | 25.0% |                  | 18.71                | 27.05                |                      |
| MO-SC31-DH | SH3      | 24.00-24.60 | Argilla con limo                     | 71.0%                 | 31.0% | 40.0% |                  | 18.47                |                      |                      |
| MO-SC31-DH | SH4      | 35.50-36.10 | Limo con argilla                     | 44.0%                 | 18.0% | 26.0% |                  | 19.97                | 26.56                |                      |
| MO-SC31-DH | SH5      | 54.40-55.00 | Limo con argilla debolmente sabbioso | 65.0%                 | 26.0% | 39.0% |                  | 18.93                |                      |                      |
| MO-SC31-DH | SPT1 (A) | 2.50-2.95   | Limo con argilla sabbioso            | 37.0%                 | 26.0% | 11.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC31-DH | SPT4 (D) | 11.50-11.95 | Argilla con limo debolmente sabbiosa | 54.0%                 | 26.0% | 28.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC31-DH | SPT6 (F) | 16.00-16.45 | Sabbia con limo debolmente argillosa | 26.0%                 | 18.0% | 8.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC31-DH | SPT9 (I) | 29.50-29.95 | Limo con argilla                     | 47.0%                 | 22.0% | 25.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC32-PZ | OS1      | 7.00-7.60   | Argilla con limo                     | 48.0%                 | 24.0% | 24.0% |                  | 19.32                | 26.66                |                      |
| MO-SC32-PZ | OS2      | 25.30-25.90 | Limo argilloso                       | 39.0%                 | 23.0% | 16.0% |                  | 18.89                | 27.05                |                      |
| MO-SC32-PZ | OS3      | 43.00-43.60 | Argilla con limo                     | 68.0%                 | 24.0% | 44.0% |                  | 19.40                | 26.95                |                      |
| MO-SC32-PZ | CR (P)   | 3.10-4.00   | Sabbia con limo debolmente argillosa | 25.0%                 | 20.0% | 5.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC32-PZ | SPT1 (A) | 5.50-5.95   | Limo con argilla debolmente sabbioso | 41.0%                 | 25.0% | 16.0% |                  |                      |                      |                      |



| Sondaggio  | Campione  | Prof. (m)   | Descrizione                          | Classificazione terre |       |       |                  | Peso di volume       |                      |                      |
|------------|-----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |           |             |                                      | LL                    | LP    | IP    | CNR-UNI<br>10006 | $\gamma_{nat}$       | $\gamma_{sec}$       | $\gamma_{gran}$      |
|            |           |             |                                      | %                     | %     | %     |                  | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| MO-SC32-PZ | SPT4 (D)  | 15.00-15.45 | Sabbia con limo argillosa            | 26.0%                 | 20.0% | 6.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC32-PZ | SPT7 (G)  | 22.50-22.95 | Argilla con limo                     | 57.0%                 | 26.0% | 31.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC32-PZ | SPT9 (I)  | 31.00-31.45 | Limo con argilla                     | 47.0%                 | 21.0% | 26.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC33-PZ | OS1       | 5.50-6.10   | Limo con sabbia argilloso            | 31.0%                 | 21.0% | 10.0% |                  | 20.43                | 26.95                |                      |
| MO-SC33-PZ | SH2       | 28.00-28.60 | Limo con argilla debolmente sabbioso | 47.0%                 | 23.0% | 24.0% |                  | 20.09                | 27.15                |                      |
| MO-SC33-PZ | SPT1 (A)  | 2.50-2.95   | Limo con argilla sabbioso            | 41.0%                 | 21.0% | 20.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC33-PZ | SPT3 (C)  | 10.00-10.45 | Limo sabbioso argilloso              | 35.0%                 | 23.0% | 12.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC33-PZ | SPT5 (E)  | 16.00-16.45 | Sabbia con limo debolmente argillosa | 24.0%                 | 19.0% | 5.0%  |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC33-PZ | SPT8 (H)  | 25.00-25.45 | Limo con sabbia argilloso            | 37.0%                 | 18.0% | 19.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC33-PZ | SPT10 (L) | 38.50-38.95 | Limo con argilla                     | 41.0%                 | 16.0% | 25.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC34-DH | OS1       | 23.50-24.10 | Limo con sabbia debolmente argilloso | 32.0%                 | 17.0% | 15.0% |                  | 19.04                |                      |                      |
| MO-SC34-DH | OS2       | 27.00-27.50 | Limo con argilla                     | 44.0%                 | 19.0% | 25.0% |                  | 20.00                | 26.36                |                      |
| MO-SC34-DH | SH3       | 40.00-40.60 | Limo con argilla sabbioso            | 35.0%                 | 18.0% | 17.0% |                  | 21.06                |                      |                      |
| MO-SC34-DH | SPT2 (B)  | 4.00-4.45   | Limo con argilla                     | 56.0%                 | 27.0% | 29.0% |                  |                      |                      |                      |
| MO-SC34-DH | SPT10 (L) | 16.00-16.45 | Sabbia con limo                      | 23.0%                 | 20.0% | 3.0%  |                  |                      |                      |                      |

TAB. 8 – RISULTATI DELLE PROVE DI CLASSIFICAZIONE E DI QUELLE PER LA DETERMINAZIONE DEI PESI DI VOLUME

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Umidità | Analisi granulometrica |        |       |         |
|-----------|----------|-------------|---------|------------------------|--------|-------|---------|
|           |          |             | W       | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|           |          |             | %       | %                      | %      | %     | %       |
| RE-SC1-PZ | SH1      | 4.50-5.00   | 29.80   | 0.1%                   | 27.9%  | 42.0% | 30.0%   |
| RE-SC1-PZ | SH3      | 8.00-8.50   | 32.50   |                        | 33.0%  | 54.5% | 12.5%   |
| RE-SC2-DH | SH1      | 4.50-5.00   | 26.69   |                        | 9.0%   | 51.0% | 40.0%   |
| RE-SC3-PZ | SH1 (A)  | 3.50-3.90   | 25.26   |                        |        |       |         |
| RE-SC3-PZ | SH2 (B)  | 6.00-6.60   | 57.54   |                        |        |       |         |
| RE-SC3-PZ | SH3 (C)  | 9.30-9.90   | 44.02   |                        |        |       |         |
| RE-SC3-PZ | SH4 (D)  | 12.30-12.90 | 32.09   |                        |        |       |         |

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Umidità |      | Analisi granulometrica |        |        |         |
|-----------|----------|-------------|---------|------|------------------------|--------|--------|---------|
|           |          |             | W       |      | Ghiaie                 | Sabbie | Limo   | Argilla |
|           |          |             | %       | %    | %                      | %      | %      | %       |
| RE-SC4-PZ | SH1      | 9.00-9.50   | 30.41   |      |                        | 1.0%   | 70.5%  | 28.5%   |
| RE-SC4-PZ | CR23     | 17.50-17.60 |         |      |                        | 24.8%  | 75.2%  |         |
| RE-SC4-PZ | CR28     | 25.50-25.60 |         |      |                        | 78.5%  | 21.5%  |         |
| RE-SC5-DH | SH1      | 3.00-3.60   | 37.65   |      |                        | 1.3%   | 23.0%  | 75.7%   |
| RE-SC5-DH | SH2      | 6.00-6.60   | 38.14   |      |                        | 2.1%   | 21.7%  | 76.2%   |
| RE-SC5-DH | SH3      | 9.00-9.60   | 44.69   |      |                        | 0.8%   | 20.7%  | 78.5%   |
| RE-SC5-DH | SPT1     | 12.00       |         |      |                        | 70.5%  | 23.4%  | 6.1%    |
| RE-SC5-DH | SPT2     | 15.00       |         |      |                        | 51.3%  | 44.5%  | 4.2%    |
| RE-SC5-DH | SPT5     | 24.00       |         |      |                        | 4.2%   | 95.8%  |         |
| RE-SC5-DH | SPT7     | 30.00       |         |      |                        | 96.1%  | 3.9%   |         |
| RE-SC5-DH | SPT9     | 36.00       |         |      |                        | 3.0%   | 97.0%  |         |
| RE-SC6-DH | SPT1     | 3.00        |         |      |                        | 85.3%  | 13.8%  | 0.9%    |
| RE-SC6-DH | SPT3     | 12.00       |         |      |                        | 43.7%  | 46.2%  | 10.1%   |
| RE-SC6-DH | SPT4     | 15.00       |         |      |                        | 68.6%  | 28.4%  | 3.0%    |
| RE-SC6-DH | SPT8     | 27.00       |         |      |                        | 4.1%   | 95.9%  |         |
|           |          |             |         |      |                        |        |        |         |
| MO-SC1-PZ | SH1      | 3.00-3.60   | 38.34   |      |                        | 12.5%  | 26.4%  | 61.1%   |
| MO-SC1-PZ | SH2      | 6.00-6.60   | 38.31   |      |                        | 7.8%   | 23.4%  | 68.8%   |
| MO-SC1-PZ | SH3      | 9.00-9.60   | 42.62   |      |                        | 11.50% | 35.3%  | 53.2%   |
| MO-SC1-PZ | SPT1     | 12.00       |         |      |                        | 87.80% | 10.3%  | 1.9%    |
| MO-SC1-PZ | SPT2     | 15.00       |         |      |                        | 75.10% | 22.90% | 2.00%   |
| MO-SC1-PZ | SPT3     | 18.00       |         |      |                        | 41.20% | 58.80% |         |
| MO-SC1-PZ | SPT5     | 24.00       |         |      |                        | 2.5%   | 97.50% |         |
| MO-SC1-PZ | SPT6     | 27.00       |         |      |                        | 2.1%   | 97.90% |         |
| MO-SC1-PZ | SPT8     | 33.00       |         |      |                        | 3.9%   | 96.1%  |         |
| MO-SC1-PZ | SPT11    | 42.00       |         |      |                        | 5.0%   | 95.0%  |         |
| MO-SC2-PZ | SH1      | 10.00-10.60 | 27.14   |      |                        | 10.0%  | 74.0%  | 16.0%   |
| MO-SC2-PZ | SH2      | 17.00-17.60 | 29.38   |      |                        | 10.0%  | 58.0%  | 32.0%   |
| MO-SC2-PZ | SH3      | 27.00-27.60 | 34.14   | 2.0% |                        | 25.0%  | 41.0%  | 32.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR1      | 3.50-3.70   |         |      |                        | 15.0%  | 41.0%  | 44.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR2      | 6.30-6.50   |         | 3.0% |                        | 12.0%  | 24.0%  | 61.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR3      | 9.20-9.40   |         |      |                        | 25.0%  | 57.0%  | 18.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR4      | 11.20-11.50 |         | 1.0% |                        | 9.0%   | 60.0%  | 30.0%   |

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Umidità |       | Analisi granulometrica |        |       |         |
|-----------|----------|-------------|---------|-------|------------------------|--------|-------|---------|
|           |          |             | W       |       | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|           |          |             | %       |       | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC2-PZ | CR5      | 14.40-14.70 |         |       |                        | 81.0%  | 14.0% | 5.0%    |
| MO-SC2-PZ | CR6      | 19.00-19.30 |         |       | 1.0%                   | 5.0%   | 38.0% | 56.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR7      | 24.30-24.50 |         |       |                        | 15.0%  | 35.0% | 50.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR8      | 25.50-25.70 |         |       | 5.0%                   | 32.0%  | 56.0% | 7.0%    |
| MO-SC2-PZ | CR9      | 29.60-29.80 |         |       | 1.0%                   | 18.0%  | 27.0% | 54.0%   |
| MO-SC2-PZ | CR10     | 37.00-37.30 |         |       | 1.0%                   | 83.0%  | 13.0% | 3.0%    |
| MO-SC3-DH | SH1      | 6.00-6.50   | 24.17   |       | 1.0%                   | 6.0%   | 36.0% | 57.0%   |
| MO-SC3-DH | SH2      | 18.60-19.20 | 26.23   |       | 1.0%                   | 8.0%   | 42.0% | 49.0%   |
| MO-SC3-DH | SH3      | 28.50-29.10 | 35.67   |       |                        | 18.0%  | 32.0% | 50.0%   |
| MO-SC3-DH | CR1      | 2.60-2.80   |         |       |                        | 14.0%  | 36.0% | 50.0%   |
| MO-SC3-DH | CR2      | 8.80-9.00   |         |       |                        | 27.0%  | 55.0% | 18.0%   |
| MO-SC3-DH | CR3      | 12.20-12.50 |         |       | 5.0%                   | 32.0%  | 56.0% | 7.0%    |
| MO-SC3-DH | CR4      | 15.00-15.50 |         |       | 2.0%                   | 91.0%  | 5.0%  | 2.0%    |
| MO-SC3-DH | CR5      | 21.40-21.60 |         |       | 2.0%                   | 9.0%   | 29.0% | 60.0%   |
| MO-SC3-DH | CR6      | 25.80-26.00 |         |       | 2.0%                   | 68.0%  | 26.0% | 4.0%    |
| MO-SC3-DH | CR7      | 33.40-33.70 |         |       |                        | 87.0%  | 10.0% | 3.0%    |
| MO-SC3-DH | CR8      | 43.00-43.30 |         |       | 21.0%                  | 77.0%  | 2.0%  |         |
| MO-SC4-PZ | SH1      | 8.60-9.10   | 23.98   |       |                        | 18.0%  | 54.0% | 28.0%   |
| MO-SC4-PZ | SH2      | 18.00-18.70 | 25.12   |       |                        | 8.0%   | 42.0% | 50.0%   |
| MO-SC4-PZ | SH3      | 26.70-27.40 | 26.90   |       |                        | 12.0%  | 68.0% | 20.0%   |
| MO-SC4-PZ | SH4      | 36.10-36.60 | 19.37   | 12.0% | 24.0%                  | 36.0%  | 28.0% |         |
| MO-SC4-PZ | SH5      | 42.35-42.95 | 22.74   |       |                        | 7.0%   | 45.0% | 48.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR1      | 2.00-2.20   |         |       |                        | 21.0%  | 26.0% | 53.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR2      | 10.00-10.20 |         |       |                        | 22.0%  | 35.0% | 43.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR3      | 12.40-12.60 |         |       | 1.0%                   | 10.0%  | 51.0% | 38.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR4      | 15.50-15.70 |         |       |                        | 11.0%  | 27.0% | 62.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR5      | 23.20-23.40 |         |       |                        | 18.0%  | 19.0% | 63.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR6      | 33.40-33.60 |         |       |                        | 26.0%  | 11.0% | 63.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR7      | 38.20-38.40 |         |       | 2.0%                   | 9.0%   | 24.0% | 65.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR8      | 41.40-41.60 |         |       |                        | 22.0%  | 49.0% | 29.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR9      | 46.80-47.00 |         |       |                        | 62.0%  | 22.0% | 16.0%   |
| MO-SC4-PZ | CR10     | 54.00-54.30 |         |       |                        | 96.0%  | 2.0%  | 2.0%    |
| MO-SC4-PZ | CR11     | 59.25-59.50 |         |       |                        | 27.0%  | 49.0% | 24.0%   |
| MO-SC5-DH | SH1      | 4.50-5.10   | 23.48   | 2.0%  | 17.0%                  | 58.0%  | 23.0% |         |

| Sondaggio | Campione | Prof. (m)   | Umidità |       | Analisi granulometrica |        |       |         |
|-----------|----------|-------------|---------|-------|------------------------|--------|-------|---------|
|           |          |             | W       |       | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|           |          |             | %       |       | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC5-DH | SH2      | 15.40-16.00 | 22.59   |       |                        | 14.0%  | 53.0% | 33.0%   |
| MO-SC5-DH | SH3      | 24.60-25.20 | 32.95   | 1.0%  |                        | 11.0%  | 29.0% | 59.0%   |
| MO-SC5-DH | SH4      | 34.50-35.10 | 30.29   |       |                        | 17.0%  | 46.0% | 37.0%   |
| MO-SC5-DH | CR1      | 8.30-8.50   |         |       |                        | 4.0%   | 57.0% | 39.0%   |
| MO-SC5-DH | CR2      | 11.25-11.45 |         |       |                        | 9.0%   | 58.0% | 33.0%   |
| MO-SC5-DH | CR3      | 14.00-14.20 |         | 3.0%  |                        | 19.0%  | 27.0% | 51.0%   |
| MO-SC5-DH | CR4      | 23.20-23.40 |         | 1.0%  |                        | 14.0%  | 46.0% | 39.0%   |
| MO-SC5-DH | CR5      | 27.20-27.40 |         |       |                        | 20.0%  | 54.0% | 26.0%   |
| MO-SC5-DH | CR6      | 32.00-32.20 |         |       |                        | 3.0%   | 19.0% | 78.0%   |
| MO-SC5-DH | CR7      | 40.00-40.20 |         |       |                        | 5.0%   | 16.0% | 79.0%   |
| MO-SC5-DH | CR8      | 44.60-44.80 |         | 13.0% |                        | 31.0%  | 17.0% | 39.0%   |
| MO-SC5-DH | CR9      | 48.80-49.00 |         |       |                        | 90.0%  | 9.0%  | 1.0%    |
| MO-SC5-DH | CR10     | 53.00-53.20 |         | 12.0% |                        | 81.0%  | 6.0%  | 1.0%    |
| MO-SC5-DH | CR11     | 59.60-59.80 |         |       |                        | 9.0%   | 25.0% | 66.0%   |
| MO-SC6-PZ | SH1 (A)  | 4.80-5.30   | 27.08   |       |                        | 12.3%  | 30.7% | 57.0%   |
| MO-SC6-PZ | SH2 (B)  | 8.00-8.30   | 28.89   |       |                        |        |       |         |
| MO-SC6-PZ |          | 8.35-8.60   | 21.57   |       |                        |        |       |         |
| MO-SC6-PZ | SH3 (C)  | 12.00-12.60 | 24.93   |       |                        | 21.7%  | 42.3% | 36.0%   |
| MO-SC6-PZ | CR1      | 1.50-1.95   | 6.46    | 0.5%  |                        | 91.9%  | 7.6%  |         |
| MO-SC7-PZ | SH1      | 8.50-9.00   | 20.72   |       |                        | 8.0%   | 34.0% | 58.0%   |
| MO-SC7-PZ | SH2      | 18.00-18.60 | 26.61   |       |                        | 22.0%  | 47.0% | 31.0%   |
| MO-SC7-PZ | SH3      | 26.00-26.60 | 26.8    |       |                        | 19.0%  | 58.0% | 23.0%   |
| MO-SC7-PZ | SH4      | 36.00-36.60 | 25.87   |       |                        | 14.0%  | 56.0% | 30.0%   |
| MO-SC7-PZ | SH5      | 47.70-48.30 | 26.48   | 3.0%  |                        | 14.0%  | 26.0% | 57.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR1      | 2.50-2.70   |         | 1.0%  |                        | 18.0%  | 61.0% | 20.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR2      | 6.00-6.20   |         | 1.0%  |                        | 57.0%  | 33.0% | 9.0%    |
| MO-SC7-PZ | CR3      | 13.30-13.50 |         | 3.0%  |                        | 14.0%  | 32.0% | 51.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR4      | 16.90-17.10 |         | 2.0%  |                        | 27.0%  | 44.0% | 27.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR5      | 20.30-20.50 |         |       |                        | 12.0%  | 61.0% | 27.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR6      | 28.20-28.50 |         |       |                        | 14.0%  | 41.0% | 45.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR7      | 33.10-33.30 |         |       |                        | 13.0%  | 44.0% | 43.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR8      | 38.30-38.50 |         |       |                        | 3.0%   | 47.0% | 50.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR9      | 51.00-51.20 |         |       |                        | 8.0%   | 31.0% | 61.0%   |
| MO-SC7-PZ | CR10     | 56.00-56.20 |         | 2.0%  |                        | 26.0%  | 59.0% | 13.0%   |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Umidità | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|----------|-------------|---------|------------------------|--------|-------|---------|
|            |          |             | W       | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |          |             | %       | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC8-DH  | SH1      | 5.00-5.60   | 30.79   |                        | 17.0%  | 35.0% | 48.0%   |
| MO-SC8-DH  | SH2      | 18.00-18.50 | 28.9    |                        | 18.0%  | 48.0% | 34.0%   |
| MO-SC8-DH  | SH3      | 25.50-26.00 | 25.18   |                        | 20.0%  | 56.0% | 24.0%   |
| MO-SC8-DH  | SH4      | 36.00-36.60 | 25.83   |                        | 18.0%  | 55.0% | 27.0%   |
| MO-SC8-DH  | SH5      | 46.30-46.80 | 25.2    |                        | 13.0%  | 57.0% | 30.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR1      | 3.50-3.70   |         | 1.0%                   | 10.0%  | 32.0% | 57.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR2      | 8.50-8.70   |         |                        | 14.0%  | 60.0% | 26.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR3      | 11.00-11.30 |         |                        | 7.0%   | 47.0% | 46.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR4      | 16.80-17.00 |         | 18.0%                  | 32.0%  | 35.0% | 15.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR5      | 22.00-22.20 |         |                        | 11.0%  | 26.0% | 63.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR6      | 27.60-27.80 |         |                        | 10.0%  | 64.0% | 26.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR7      | 30.25-30.45 |         | 1.0%                   | 14.0%  | 40.0% | 45.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR8      | 37.40-37.60 |         |                        | 21.0%  | 57.0% | 22.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR9      | 48.30-48.50 |         |                        | 5.0%   | 24.0% | 71.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR10     | 56.00-56.20 |         |                        | 16.0%  | 55.0% | 29.0%   |
| MO-SC8-DH  | CR11     | 59.30-59.50 |         | 1.0%                   | 81.0%  | 16.0% | 2.0%    |
| MO-SC9-DH  | SH1      | 5.70-6.30   | 23.1    |                        | 8.0%   | 65.0% | 27.0%   |
| MO-SC9-DH  | SH2      | 16.20-16.80 | 38.6    |                        | 8.0%   | 33.0% | 59.0%   |
| MO-SC9-DH  | SH3      | 26.60-27.20 | 30.1    |                        | 12.0%  | 40.0% | 48.0%   |
| MO-SC9-DH  | SH4      | 36.40-37.00 | 30.16   |                        | 5.0%   | 25.0% | 70.0%   |
| MO-SC9-DH  | SH5      | 46.60-47.10 | 29.47   |                        | 5.0%   | 56.0% | 9.0%    |
| MO-SC9-DH  | CR1      | 2.50-2.70   |         |                        | 48.0%  | 32.0% | 20.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR2      | 9.00-9.20   |         |                        | 10.0%  | 59.0% | 31.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR3      | 14.00-14.20 |         |                        | 16.0%  | 54.0% | 30.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR4      | 19.00-19.20 |         |                        | 67.0%  | 29.0% | 4.0%    |
| MO-SC9-DH  | CR5      | 24.20-24.40 |         |                        | 28.0%  | 58.0% | 14.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR6      | 27.40-27.60 |         |                        | 12.0%  | 67.0% | 21.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR7      | 33.50-33.70 |         |                        | 5.0%   | 41.0% | 54.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR8      | 38.20-38.40 |         |                        | 11.0%  | 65.0% | 24.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR9      | 44.00-44.20 |         |                        | 16.0%  | 47.0% | 37.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR10     | 51.40-51.60 |         |                        | 60.0%  | 30.0% | 10.0%   |
| MO-SC9-DH  | CR11     | 56.60-56.80 |         |                        | 20.0%  | 50.0% | 30.0%   |
| MO-SC10-PZ | SH1      | 8.80-9.40   | 36.6    |                        | 13.0%  | 49.0% | 38.0%   |
| MO-SC10-PZ | SH2      | 17.70-18.30 | 31.24   |                        | 3.0%   | 37.0% | 60.0%   |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Umidità |   | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|----------|-------------|---------|---|------------------------|--------|-------|---------|
|            |          |             | W       |   | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |          |             | %       | % | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC10-PZ | SH3      | 28.20-28.70 | 23.95   |   |                        | 31.0%  | 42.0% | 27.0%   |
| MO-SC10-PZ | SH4      | 38.70-39.20 | 27.58   |   |                        | 4.0%   | 47.0% | 49.0%   |
| MO-SC10-PZ | SH5      | 47.20-47.80 | 21.52   |   |                        | 8.0%   | 59.0% | 33.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR1      | 3.00-3.20   |         |   |                        | 30.0%  | 40.0% | 30.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR2      | 6.20-6.40   |         |   |                        | 25.0%  | 59.0% | 16.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR3      | 12.60-12.80 |         |   |                        | 20.0%  | 47.0% | 33.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR4      | 15.20-15.40 |         |   |                        | 25.0%  | 57.0% | 18.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR5      | 23.00-23.20 |         |   |                        | 14.0%  | 36.0% | 50.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR6      | 31.00-31.30 |         |   |                        | 5.0%   | 55.0% | 40.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR7      | 41.00-41.25 |         |   | 1.0%                   | 30.0%  | 48.0% | 21.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR8      | 48.90-49.10 |         |   |                        | 43.0%  | 30.0% | 27.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR9      | 52.60-52.80 |         |   |                        | 11.0%  | 33.0% | 56.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR10     | 54.60-54.80 |         |   |                        | 19.0%  | 59.0% | 22.0%   |
| MO-SC10-PZ | CR11     | 58.00-58.20 |         |   | 5.0%                   | 9.0%   | 16.0% | 70.0%   |
| MO-SC11-DH | SH1      | 6.00-6.60   |         |   | 0.0%                   | 1.9%   | 98.1% |         |
| MO-SC11-DH | SH2      | 9.00-9.60   | 28.8    |   | 3.2%                   | 3.9%   | 92.9% |         |
| MO-SC11-DH | SH3      | 30.00-30.60 | 30.9    |   |                        | 2.0%   | 98.0% |         |
| MO-SC11-DH | CR1      | 12.00-12.45 |         |   | 0.2%                   | 25.9%  | 73.9% |         |
| MO-SC11-DH | CR2      | 18.00-18.45 |         |   |                        | 3.0%   | 97.0% |         |
| MO-SC11-DH | CR3      | 27.00-27.45 |         |   |                        | 0.6%   | 99.4% |         |
| MO-SC12-PZ | SH1      | 3.50-4.10   | 35      |   |                        | 8.0%   | 92.0% |         |
| MO-SC12-PZ | SH2      | 10.50-11.10 | 23.8    |   | 0.2%                   | 46.0%  | 53.8% |         |
| MO-SC12-PZ | SH3      | 30.00-30.60 | 25.8    |   |                        | 2.0%   | 98.0% |         |
| MO-SC12-PZ | CR1      | 13.20-13.50 |         |   |                        | 72.6%  | 27.4% |         |
| MO-SC13-PZ | SH1      | 7.30-7.80   | 27.79   |   |                        | 12.0%  | 61.0% | 27.0%   |
| MO-SC13-PZ | SH2      | 16.50-17.00 | 39.21   |   |                        | 12.0%  | 48.0% | 40.0%   |
| MO-SC13-PZ | SH3      | 24.00-24.50 | 31.23   |   |                        | 3.0%   | 24.0% | 73.0%   |
| MO-SC13-PZ | SH4      | 34.30-34.90 | 27.47   |   |                        | 14.0%  | 59.0% | 27.0%   |
| MO-SC13-PZ | SH5      | 44.50-45.00 | 23.14   |   |                        | 13.0%  | 61.0% | 26.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR1      | 4.00-4.20   |         |   |                        | 21.0%  | 57.0% | 22.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR2      | 11.00-11.20 |         |   |                        | 8.0%   | 71.0% | 21.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR3      | 19.00-19.30 |         |   |                        | 10.0%  | 70.0% | 20.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR4      | 20.00-20.20 |         |   | 3.0%                   | 25.0%  | 33.0% | 39.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR5      | 28.00-28.20 |         |   |                        | 18.0%  | 46.0% | 36.0%   |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Umidità |   | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|----------|-------------|---------|---|------------------------|--------|-------|---------|
|            |          |             | W       |   | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |          |             | %       | % | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC13-PZ | CR6      | 33.00-33.20 |         |   |                        | 44.0%  | 48.0% | 8.0%    |
| MO-SC13-PZ | CR7      | 38.80-39.00 |         |   |                        | 18.0%  | 30.0% | 52.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR8      | 52.00-52.30 |         |   | 2.0%                   | 62.0%  | 32.0% | 4.0%    |
| MO-SC13-PZ | CR9      | 54.50-54.70 |         |   | 3.0%                   | 27.0%  | 44.0% | 26.0%   |
| MO-SC13-PZ | CR10     | 58.20-58.45 |         |   |                        | 9.0%   | 50.0% | 41.0%   |
| MO-SC14-DH | SH1      | 9.00-9.60   | 34.72   |   | 1.0%                   | 10.0%  | 69.0% | 20.0%   |
| MO-SC14-DH | SH2      | 17.80-18.40 | 29.89   |   |                        | 10.0%  | 72.0% | 18.0%   |
| MO-SC14-DH | SH3      | 30.80-31.40 | 21.81   |   |                        | 22.0%  | 58.0% | 20.0%   |
| MO-SC14-DH | SH4      | 39.00-39.60 | 23.93   |   |                        | 3.0%   | 39.0% | 58.0%   |
| MO-SC14-DH | SH5      | 49.00-49.60 | 34.16   |   |                        | 8.0%   | 41.0% | 51.0%   |
| MO-SC14-DH | CR1      | 2.00-2.20   |         |   | 1.0%                   | 17.0%  | 52.0% | 30.0%   |
| MO-SC14-DH | CR2      | 5.00-5.20   |         |   |                        | 32.0%  | 63.0% | 5.0%    |
| MO-SC14-DH | CR3      | 14.00-14.20 |         |   |                        | 21.0%  | 58.0% | 21.0%   |
| MO-SC14-DH | CR4      | 23.00-23.20 |         |   |                        | 18.0%  | 29.0% | 53.0%   |
| MO-SC14-DH | CR5      | 28.00-28.20 |         |   |                        | 18.0%  | 29.0% | 53.0%   |
| MO-SC14-DH | CR6      | 29.80-30.00 |         |   |                        | 78.0%  | 17.0% | 5.0%    |
| MO-SC14-DH | CR7      | 42.60-42.80 |         |   |                        | 10.0%  | 51.0% | 39.0%   |
| MO-SC14-DH | CR8      | 50.00-50.20 |         |   |                        | 28.0%  | 45.0% | 27.0%   |
| MO-SC14-DH | CR9      | 53.90-54.20 |         |   |                        | 89.0%  | 9.0%  | 2.0%    |
| MO-SC14-DH | CR10     | 57.80-58.00 |         |   |                        | 8.0%   | 34.0% | 58.0%   |
| MO-SC15-PZ | SH1 (A)  | 4.50-5.00   | 29.46   |   |                        | 2.0%   | 73.0% | 25.0%   |
| MO-SC15-PZ | SH2 (B)  | 7.50-8.00   | 30.31   |   |                        | 25.1%  | 42.4% | 32.6%   |
| MO-SC15-PZ | SH3 (C)  | 13.50-14.00 | 23.66   |   |                        | 25.6%  | 52.0% | 22.4%   |
| MO-SC15-PZ | CR1      | 1.50-1.86   | 4.9     |   | 70.6%                  | 18.2%  | 11.2% |         |
| MO-SC16-DH | SH1      | 3.00-3.60   | 27.46   |   | 1.0%                   | 20.0%  | 56.0% | 23.0%   |
| MO-SC16-DH | SH2      | 8.00-8.60   | 26.49   |   |                        | 31.0%  | 50.0% | 19.0%   |
| MO-SC16-DH | SH3      | 23.80-24.40 | 25.56   |   |                        | 21.0%  | 38.0% | 41.0%   |
| MO-SC16-DH | SH4      | 35.80-36.40 | 23.04   |   |                        | 19.0%  | 53.0% | 28.0%   |
| MO-SC16-DH | CR1      | 1.25-2.00   |         |   | 1.0%                   | 6.0%   | 33.0% | 60.0%   |
| MO-SC16-DH | CR2      | 6.20-6.50   |         |   |                        | 16.0%  | 36.0% | 48.0%   |
| MO-SC16-DH | CR3      | 14.35-15.55 |         |   |                        | 37.0%  | 52.0% | 11.0%   |
| MO-SC16-DH | CR4      | 18.20-18.40 |         |   |                        | 20.0%  | 48.0% | 32.0%   |
| MO-SC16-DH | CR5      | 26.80-27.00 |         |   |                        | 68.0%  | 28.0% | 4.0%    |
| MO-SC16-DH | CR6      | 33.80-34.00 |         |   |                        | 43.0%  | 44.0% | 13.0%   |

| Sondaggio  | Campione | Prof. (m)   | Umidità |  | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|----------|-------------|---------|--|------------------------|--------|-------|---------|
|            |          |             | W       |  | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |          |             | %       |  | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC16-DH | CR7      | 41.00-41.20 |         |  |                        | 72.0%  | 19.0% | 9.0%    |
| MO-SC16-DH | CR8      | 47.00-47.20 |         |  | 48.0%                  | 43.0%  | 8.0%  | 1.0%    |
| MO-SC16-DH | CR9      | 50.80-51.00 |         |  |                        | 16.0%  | 54.0% | 30.0%   |
| MO-SC16-DH | CR10     | 54.60-54.80 |         |  |                        | 40.0%  | 53.0% | 7.0%    |
| MO-SC17-PZ | SH1      | 5.90-6.50   | 28.14   |  | 1.0%                   | 21.0%  | 60.0% | 18.0%   |
| MO-SC17-PZ | SH2      | 17.60-18.20 | 40.25   |  |                        | 7.0%   | 45.0% | 48.0%   |
| MO-SC17-PZ | SH3      | 29.45-30.00 | 24.02   |  |                        | 19.0%  | 43.0% | 38.0%   |
| MO-SC17-PZ | SH4      | 37.30-37.90 | 22.89   |  |                        | 28.0%  | 50.0% | 22.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR1      | 3.40-3.70   |         |  |                        | 62.0%  | 26.0% | 12.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR2      | 8.40-8.70   |         |  | 1.0%                   | 35.0%  | 44.0% | 20.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR3      | 15.30-15.60 |         |  | 1.0%                   | 15.0%  | 66.0% | 18.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR4      | 23.80-24.00 |         |  | 1.0%                   | 11.0%  | 40.0% | 48.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR5      | 31.40-31.60 |         |  | 1.0%                   | 46.0%  | 42.0% | 11.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR6      | 34.80-35.00 |         |  |                        | 13.0%  | 59.0% | 28.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR7      | 39.50-39.70 |         |  |                        | 15.0%  | 43.0% | 42.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR8      | 42.00-42.30 |         |  |                        | 84.0%  | 13.0% | 3.0%    |
| MO-SC17-PZ | CR9      | 47.40-47.60 |         |  |                        | 27.0%  | 51.0% | 22.0%   |
| MO-SC17-PZ | CR10     | 52.60-52.90 |         |  | 37.0%                  | 45.0%  | 14.0% | 4.0%    |
| MO-SC21    | SH1 (A)  | 1.80-2.30   |         |  | 7.5%                   | 32.4%  | 39.4% | 20.7%   |
| MO-SC22    | SH2 (B)  | 4.80-5.30   |         |  | 0.4%                   | 8.5%   | 42.7% | 48.4%   |
| MO-SC23    | SH3 (C)  | 8.80-9.30   |         |  | 0.5%                   | 5.6%   | 47.9% | 46.0%   |
| MO-SC24    | SH4 (D)  | 13.80-14.30 |         |  | 0.1%                   | 1.6%   | 44.8% | 53.5%   |
| MO-SC25    | SH5 (E)  | 19.80-20.30 |         |  | 0.6%                   | 2.3%   | 44.9% | 52.2%   |
| MO-SC26    | SH6 (F)  | 26.80-27.30 |         |  | 0.1%                   | 73.5%  | 21.8% | 4.6%    |
| MO-SC22-DH | SH1      | 5.00-5.50   | 27.9    |  |                        |        |       |         |
| MO-SC22-DH | SH2      | 27.50-28.00 | 26.8    |  |                        |        |       |         |
| MO-SC22-DH | CR1      | 1.40-1.60   | 22      |  |                        | 10.6%  | 49.0% | 40.4%   |
| MO-SC22-DH | CR2      | 6.20-6.50   | 32      |  | 0.5%                   | 8.6%   | 55.6% | 35.3%   |
| MO-SC22-DH | CR3      | 10.00-10.40 | 30      |  |                        | 17.7%  | 56.7% | 25.6%   |
| MO-SC22-DH | CR4      | 11.70-12.40 | 29      |  |                        | 2.1%   | 31.6% | 66.3%   |
| MO-SC22-DH | CR5      | 13.40-13.60 |         |  |                        | 66.4%  | 24.3% | 9.3%    |
| MO-SC22-DH | CR6      | 19.00-20.00 |         |  | 63.5%                  | 21.5%  | 11.7% | 3.3%    |
| MO-SC29-PZ | SH1      | 9.50-10.00  | 26.7    |  |                        | 19.1%  | 49.3% | 31.6%   |
| MO-SC29-PZ | SH2      | 19.40-20.00 | 32.2    |  |                        | 0.0%   | 24.2% | 75.7%   |



| Sondaggio  | Campione  | Prof. (m)   | Umidità |   | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|-----------|-------------|---------|---|------------------------|--------|-------|---------|
|            |           |             | W       |   | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |           |             | %       | % | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC29-PZ | SH3       | 28.00-28.60 | 23.1    |   |                        | 0.3%   | 40.0% | 59.6%   |
| MO-SC29-PZ | SH4       | 39.50-40.00 | 28.8    |   |                        | 0.3%   | 13.1% | 86.7%   |
| MO-SC29-PZ | CR1 (A)   | 2.50-3.00   |         |   | 1.4%                   | 17.4%  | 43.1% | 38.0%   |
| MO-SC29-PZ | CR2 (B)   | 6.50-7.00   |         |   |                        | 9.5%   | 52.9% | 37.6%   |
| MO-SC29-PZ | CR3 (C)   | 14.00-14.50 |         |   |                        | 2.5%   | 18.5% | 79.1%   |
| MO-SC29-PZ | CR4 (D)   | 33.50-34.00 |         |   | 0.2%                   | 73.1%  | 15.1% | 11.6%   |
| MO-SC29-PZ | CR5 (E)   | 43.50-44.00 |         |   |                        | 0.9%   | 18.2% | 81.0%   |
| MO-SC29-PZ | CR6 (F)   | 47.50-48.00 |         |   |                        | 2.1%   | 40.2% | 57.7%   |
| MO-SC29-PZ | CR7 (G)   | 52.00-52.50 |         |   |                        | 59.9%  | 20.3% | 19.8%   |
| MO-SC30-DH | SH1       | 9.50-10.00  | 32.2    |   |                        | 14.7%  | 51.0% | 34.3%   |
| MO-SC30-DH | SH2       | 18.50-19.00 | 41.3    |   |                        | 0.1%   | 13.7% | 86.2%   |
| MO-SC30-DH | SH3       | 27.50-28.00 | 24.1    |   |                        | 0.1%   | 26.5% | 73.4%   |
| MO-SC30-DH | SH4       | 39.50-40.00 | 24.7    |   |                        | 0.3%   | 26.6% | 73.2%   |
| MO-SC30-DH | SH5       | 49.00-49.50 | 21.3    |   |                        | 0.2%   | 46.5% | 53.3%   |
| MO-SC30-DH | CR1 (A)   | 1.50-2.00   |         |   | 1.6%                   | 28.5%  | 40.8% | 29.0%   |
| MO-SC30-DH | CR2 (B)   | 3.50-4.00   |         |   |                        | 18.2%  | 42.1% | 39.7%   |
| MO-SC30-DH | CR3 (C)   | 6.50-7.00   |         |   |                        | 69.2%  | 18.6% | 12.2%   |
| MO-SC30-DH | CR4 (D)   | 14.50-15.00 |         |   |                        | 38.5%  | 40.9% | 20.6%   |
| MO-SC30-DH | CR5 (E)   | 23.00-23.50 |         |   |                        | 0.4%   | 38.0% | 61.6%   |
| MO-SC30-DH | CR6 (F)   | 34.00-34.50 |         |   |                        | 0.9%   | 29.4% | 69.7%   |
| MO-SC30-DH | CR7 (G)   | 43.50-44.00 |         |   |                        | 6.2%   | 32.0% | 61.7%   |
| MO-SC31-DH | OS1       | 5.40-5.90   | 28.8    |   | 1.0%                   |        | 35.0% | 64.0%   |
| MO-SC31-DH | OS2       | 18.00-18.50 | 29.4    |   | 2.0%                   |        | 38.0% | 60.0%   |
| MO-SC31-DH | SH3       | 24.00-24.60 | 36.5    |   |                        |        | 25.0% | 75.0%   |
| MO-SC31-DH | SH4       | 35.50-36.10 | 20.5    |   | 7.0%                   |        | 55.0% | 38.0%   |
| MO-SC31-DH | SH5       | 54.40-55.00 | 32.8    |   | 10.0%                  |        | 50.0% | 40.0%   |
| MO-SC31-DH | SPT1 (A)  | 2.50-2.95   |         |   | 1.0%                   | 13.0%  | 70.0% | 16.0%   |
| MO-SC31-DH | SPT4 (D)  | 11.50-11.95 |         |   | 6.0%                   |        | 43.0% | 51.0%   |
| MO-SC31-DH | SPT6 (F)  | 16.00-16.45 |         |   |                        | 54.0%  | 37.0% | 9.0%    |
| MO-SC31-DH | SPT9 (I)  | 29.50-29.95 |         |   | 4.0%                   |        | 64.0% | 32.0%   |
| MO-SC31-DH | SPT11 (M) | 38.50-38.95 |         |   | 64.0%                  | 28.0%  | 8.0%  |         |
| MO-SC31-DH | SPT12 (N) | 48.00-48.50 |         |   | 44.0%                  | 32.0%  | 17.0% | 7.0%    |
| MO-SC32-PZ | OS1       | 7.00-7.60   | 31.3    |   | 5.0%                   |        | 41.0% | 54.0%   |

| Sondaggio  | Campione  | Prof. (m)   | Umidità |  | Analisi granulometrica |        |       |         |
|------------|-----------|-------------|---------|--|------------------------|--------|-------|---------|
|            |           |             | W       |  | Ghiaie                 | Sabbie | Limo  | Argilla |
|            |           |             | %       |  | %                      | %      | %     | %       |
| MO-SC32-PZ | OS2       | 25.30-25.90 | 26.6    |  | 6.0%                   |        | 78.0% | 16.0%   |
| MO-SC32-PZ | OS3       | 43.00-43.60 | 24.4    |  | 1.0%                   |        | 48.0% | 51.0%   |
| MO-SC32-PZ | CR (P)    | 3.10-4.00   |         |  |                        | 66.0%  | 28.0% | 6.0%    |
| MO-SC32-PZ | SPT1(A)   | 5.50-5.95   |         |  |                        | 6.0%   | 50.0% | 44.0%   |
| MO-SC32-PZ | SPT4 (D)  | 15.00-15.45 |         |  |                        | 47.0%  | 43.0% | 10.0%   |
| MO-SC32-PZ | SPT7 (G)  | 22.50-22.95 |         |  |                        | 2.0%   | 46.0% | 52.0%   |
| MO-SC32-PZ | SPT9 (I)  | 31.00-31.45 |         |  |                        | 2.0%   | 54.0% | 44.0%   |
| MO-SC32-PZ | CR (M)    | 40.00-40.45 |         |  | 31.0%                  | 60.0%  | 9.0%  |         |
| MO-SC32-PZ | CR (N)    | 46.00-50.00 |         |  | 66.0%                  | 25.0%  | 9.0%  |         |
| MO-SC33-PZ | OS1       | 5.50-6.10   | 25.5    |  | 3.0%                   | 35.0%  | 45.0% | 17.0%   |
| MO-SC33-PZ | SH2       | 28.00-28.60 | 29      |  |                        | 6.0%   | 73.0% | 21.0%   |
| MO-SC33-PZ | SPT1 (A)  | 2.50-2.95   |         |  | 3.0%                   | 13.0%  | 59.0% | 25.0%   |
| MO-SC33-PZ | SPT3 (C)  | 10.00-10.45 |         |  |                        | 21.0%  | 65.0% | 14.0%   |
| MO-SC33-PZ | SPT5 (E)  | 16.00-16.45 |         |  |                        | 63.0%  | 28.0% | 9.0%    |
| MO-SC33-PZ | SPT6 (F)  | 19.00-19.45 |         |  | 7.0%                   | 78.0%  | 12.0% | 3.0%    |
| MO-SC33-PZ | SPT8 (H)  | 25.00-25.45 |         |  |                        | 28.0%  | 55.0% | 17.0%   |
| MO-SC33-PZ | SPT9 (I)  | 32.50-32.95 |         |  | 70.0%                  | 18.0%  | 9.0%  | 3.0%    |
| MO-SC33-PZ | CR (N)    | 36.00-37.00 |         |  | 24.0%                  | 62.0%  | 11.0% | 3.0%    |
| MO-SC33-PZ | SPT10 (L) | 38.50-38.95 |         |  | 7.0%                   |        | 53.0% | 40.0%   |
| MO-SC33-PZ | SPT11 (M) | 41.50-41.95 |         |  | 68.0%                  | 24.0%  | 8.0%  |         |
| MO-SC33-PZ | CR (O)    | 46.00-47.00 |         |  | 69.0%                  | 23.0%  | 8.0%  |         |
| MO-SC34-DH | OS1       | 23.50-24.10 | 26.4    |  |                        | 42.0%  | 49.0% | 9.0%    |
| MO-SC34-DH | OS2       | 27.00-27.50 | 26.4    |  | 3.0%                   |        | 66.0% | 31.0%   |
| MO-SC34-DH | SH3       | 40.00-40.60 | 21.8    |  |                        | 14.0%  | 59.0% | 27.0%   |
| MO-SC34-DH | SPT2 (B)  | 4.00-4.45   |         |  |                        | 4.0%   | 49.0% | 47.0%   |
| MO-SC34-DH | SPT4 (D)  | 7.00-7.45   |         |  |                        | 79.0%  | 17.0% | 4.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT6 (F)  | 10.00-10.45 |         |  |                        | 78.0%  | 18.0% | 4.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT8 (H)  | 13.00-13.45 |         |  |                        | 82.0%  | 15.0% | 3.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT10 (L) | 16.00-16.45 |         |  |                        | 68.0%  | 26.0% | 6.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT12 (N) | 19.00-19.45 |         |  | 66.0%                  | 25.0%  | 9.0%  |         |
| MO-SC34-DH | SPT16 (R) | 32.50-32.95 |         |  | 17.0%                  | 72.0%  | 9.0%  | 2.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT17 (S) | 37.00-37.45 |         |  | 49.0%                  | 33.0%  | 14.0% | 4.0%    |
| MO-SC34-DH | SPT18 (T) | 46.50-46.95 |         |  | 56.0%                  | 23.0%  | 15.0% | 6.0%    |

TAB. 9 – RISULTATI DELLE PROVE PER LA DETERMINAZIONE DEI CONTENUTI D'ACQUA E DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE

| Sondaggio  | Campione<br>(CR \ SH-<br>OS \ SPT) | Prof. (m)   | Prove triassiali |       |         |       |        |
|------------|------------------------------------|-------------|------------------|-------|---------|-------|--------|
|            |                                    |             | CID              |       | CIU     |       | UU     |
|            |                                    |             | $\phi'$          | c'    | $\phi'$ | c'    | cu     |
|            |                                    |             | °                | Kpa   | °       | Kpa   | Kpa    |
| RE-SC3-PZ  | SH2 (B)                            | 6.00-6.60   |                  |       | 26.52   | 1.96  |        |
| RE-SC3-PZ  | SH3 (C)                            | 9.30-9.90   |                  |       | 26.14   | 0.00  |        |
| RE-SC3-PZ  | SH4 (D)                            | 12.30-12.90 |                  |       | 17.46   | 34.32 |        |
| MO-SC29-PZ | SH1                                | 9.50-10.00  |                  |       |         |       | 40.30  |
| MO-SC29-PZ | SH2                                | 19.40-20.00 | 17.80            | 10.00 |         |       | 41.00  |
| MO-SC29-PZ | SH3                                | 28.00-28.60 |                  |       |         |       | 84.00  |
| MO-SC29-PZ | SH4                                | 39.50-40.00 | 17.00            | 20.00 |         |       |        |
| MO-SC30-DH | SH1                                | 9.50-10.00  | 21.20            | 15.00 |         |       | 56.90  |
| MO-SC30-DH | SH2                                | 18.50-19.00 |                  |       |         |       | 50.20  |
| MO-SC30-DH | SH3                                | 27.50-28.00 | 18.50            | 45.00 |         |       | 108.40 |
| MO-SC30-DH | SH4                                | 39.50-40.00 |                  |       |         |       | 108.00 |
| MO-SC30-DH | SH5                                | 49.00-49.50 | 18.80            | 8.00  |         |       | 125.20 |
| MO-SC31-DH | OS1                                | 5.40-5.90   |                  |       |         |       | 83.63  |
| MO-SC31-DH | OS2                                | 18.00-18.50 | 23.79            | 29.68 |         |       | 97.97  |
| MO-SC31-DH | SH3                                | 24.00-24.60 |                  |       |         |       | 44.61  |
| MO-SC31-DH | SH4                                | 35.50-36.10 | 28.78            | 13.78 |         |       | 137.90 |
| MO-SC31-DH | SH5                                | 54.40-55.00 |                  |       |         |       | 75.35  |
| MO-SC32-PZ | OS1                                | 7.00-7.60   | 22.31            | 40.71 |         |       | 95.31  |
| MO-SC32-PZ | OS2                                | 25.30-25.90 | 24.16            | 33.39 |         |       | 117.81 |
| MO-SC32-PZ | OS3                                | 43.00-43.60 |                  |       |         |       | 108.23 |
| MO-SC33-PZ | OS1                                | 5.50-6.10   | 31.66            | 7.10  |         |       | 32.63  |
| MO-SC33-PZ | SH2                                | 28.00-28.60 |                  |       |         |       | 43.58  |
| MO-SC34-DH | OS2                                | 27.00-27.50 | 24.04            | 36.42 |         |       | 97.39  |
| MO-SC34-DH | SH3                                | 40.00-40.60 | 27.64            | 14.02 |         |       | 107.91 |

| PROGETTO   | LIVELLO                    |
|--|----------------------------|
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><b>Tratto Regione Emilia-Romagna</b> | <i>Progetto definitivo</i> |

TAB. 10 – RISULTATI DELLE PROVE TRIASSIALI

|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 35 di 143 |

| Sondaggio | Campione<br>(CR \ SH-OS<br>\ SPT) | Prof. (m)   | Compressione Assiale<br>Semplice non confinata<br>(C.N.C.) (E.L.L.) |                        |                           | Prove di taglio |       |              |       |
|-----------|-----------------------------------|-------------|---|------------------------|---------------------------|-----------------|-------|--------------|-------|
|           |                                   |             | cu  | Pressione<br>a rottura | Deformazione<br>a rottura | CD picco        |       | CD vol. cost |       |
|           |                                   |             |   |                        |                           | $\phi'$         | c'    | $\phi'$      | c'    |
|           |                                   |             |   |                        |                           | °               | Kpa   | °            | Kpa   |
| RE-SC1-PZ | SH1                               | 4.50-5.00   | 64.72   | 129.45                 | 10.50%                    | 14.00           | 24.52 |              |       |
| RE-SC1-PZ | SH3                               | 8.00-8.50   | 32.36   | 64.72                  | 21.05%                    | 35.00           | 0.49  |              |       |
| RE-SC2-DH | SH1                               | 4.50-5.00   | 30.00   | 60.00                  | 7.00%                     | 26.00           | 24.00 |              |       |
| RE-SC3-PZ | SH1(A)                            | 3.50-3.90   | 112.29  | 224.57                 | 5.05%                     |                 |       |              |       |
| RE-SC3-PZ | SH2(B)                            | 6.00-6.60   | 25.01   | 50.01                  | 5.16%                     |                 |       |              |       |
| RE-SC3-PZ | SH3(C)                            | 9.30-9.90   |   |                        |                           |                 |       |              |       |
| RE-SC3-PZ | SH4(D)                            | 12.30-12.90 |   |                        |                           |                 |       |              |       |
| RE-SC5-DH | SH1                               | 3.00-3.60   | 12.00   | 24.00                  | 29.86%                    |                 |       |              |       |
| RE-SC5-DH | SH2                               | 6.00-6.60   | 23.50   | 47.00                  | 3.32%                     |                 |       | 26.90        | 18.80 |
| RE-SC5-DH | SH3                               | 9.00-9.60   | 39.00   | 78.00                  | 7.82%                     | 26.50           | 19.30 |              |       |
| MO-SC1-PZ | SH1                               | 3.00-3.60   | 7.00  | 14.00                  | 14.71%                    |                 |       | 20.90        | 3.60  |
| MO-SC1-PZ | SH2                               | 6.00-6.60   | 44.50   | 89.00                  | 5.29%                     |                 |       |              |       |
| MO-SC1-PZ | SH3                               | 9.00-9.60   | 7.50  | 15.00                  | 14.47%                    | 26.00           | 16.80 |              |       |
| MO-SC2-PZ | SH1                               | 10.00-10.60 | 42.00   | 84.00                  | 7.89%                     | 28.00           | 20.00 |              |       |
| MO-SC2-PZ | SH2                               | 17.00-17.60 | 36.00   | 72.00                  | 1.97%                     | 27.00           | 23.00 |              |       |
| MO-SC2-PZ | SH3                               | 27.00-27.60 | 28.50   | 57.00                  | 2.37%                     | 28.00           | 24.00 |              |       |
| MO-SC3-DH | SH1                               | 6.00-6.50   | 116.50  | 233.00                 | 5.26%                     | 25.00           | 26.00 |              |       |
| MO-SC3-DH | SH2                               | 18.60-19.20 | 99.50   | 199.00                 | 8.55%                     | 27.00           | 24.00 |              |       |
| MO-SC3-DH | SH3                               | 28.50-29.10 | 54.00   | 108.00                 | 4.00%                     | 27.00           | 26.00 |              |       |
| MO-SC4-PZ | SH1                               | 8.60-9.10   | 97.00   | 194.00                 | 4.87%                     | 30.00           | 20.00 |              |       |
| MO-SC4-PZ | SH2                               | 18.00-18.70 | 18.00   | 36.00                  | 2.50%                     | 24.00           | 30.00 |              |       |
| MO-SC4-PZ | SH3                               | 26.70-27.40 | 46.50   | 93.00                  | 3.95%                     | 31.00           | 18.00 |              |       |
| MO-SC4-PZ | SH4                               | 36.10-36.60 | 68.00   | 136.00                 | 5.26%                     | 31.00           | 17.00 |              |       |
| MO-SC4-PZ | SH5                               | 42.35-42.95 | 88.00   | 176.00                 | 3.68%                     | 23.00           | 31.00 |              |       |
| MO-SC5-DH | SH1                               | 4.50-5.10   | 101.50  | 203.00                 | 4.47%                     | 29.00           | 17.00 |              |       |
| MO-SC5-DH | SH2                               | 15.40-16.00 | 114.00  | 228.00                 | 4.34%                     | 27.00           | 21.00 |              |       |
| MO-SC5-DH | SH3                               | 24.60-25.20 | 118.50  | 237.00                 | 4.21%                     | 25.00           | 28.00 |              |       |
| MO-SC5-DH | SH4                               | 34.50-35.10 | 132.00  | 264.00                 | 4.74%                     | 28.00           | 20.00 |              |       |
| MO-SC6-PZ | SH1(A)                            | 4.80-5.30   | 125.53  | 251.05                 | 5.74%                     | 20.14           | 0.20  |              |       |
| MO-SC6-PZ | SH2(B)                            | 8.00-8.30   | 58.84   | 117.68                 | 23.00%                    |                 |       |              |       |
| MO-SC6-PZ |                                   | 8.35-8.60   | 33.34   | 66.69                  | 7.83%                     |                 |       |              |       |
| MO-SC6-PZ | SH3(C)                            | 12.00-12.60 | 77.47   | 154.95                 | 1.68%                     |                 |       |              |       |
| MO-SC7-PZ | SH1                               | 8.50-9.00   | 135.00  | 270.00                 | 3.00%                     | 25.00           | 28.00 |              |       |
| MO-SC7-PZ | SH2                               | 18.00-18.60 | 94.00   | 188.00                 | 2.50%                     | 27.00           | 23.00 |              |       |
| MO-SC7-PZ | SH3                               | 26.00-26.60 | 105.50  | 211.00                 | 2.50%                     | 29.00           | 17.00 |              |       |
| MO-SC7-PZ | SH4                               | 36.00-36.60 | 112.00  | 224.00                 | 3.00%                     | 28.00           | 24.00 |              |       |
| MO-SC7-PZ | SH5                               | 47.70-48.30 | 80.00   | 160.00                 | 3.00%                     | 27.00           | 29.00 |              |       |
| MO-SC8-DH | SH1                               | 5.00-5.60   | 82.50   | 165.00                 | 8.00%                     | 28.00           | 24.00 |              |       |
| MO-SC8-DH | SH2                               | 18.00-18.50 | 59.00   | 118.00                 | 8.50%                     | 20.00           | 30.00 |              |       |
| MO-SC8-DH | SH3                               | 25.50-26.00 | 20.00   | 40.00                  | 8.50%                     | 29.00           | 20.00 |              |       |
| MO-SC8-DH | SH4                               | 36.00-36.60 | 85.50   | 171.00                 | 6.50%                     | 26.00           | 22.00 |              |       |
| MO-SC8-DH | SH5                               | 46.30-46.80 | 158.50  | 317.00                 | 9.00%                     | 24.00           | 27.00 |              |       |
| MO-SC9-DH | SH1                               | 5.70-6.30   | 73.00   | 146.00                 | 5.26%                     | 26.00           | 19.00 |              |       |
| MO-SC9-DH | SH2                               | 16.20-16.80 | 68.50   | 137.00                 | 5.26%                     | 24.00           | 28.00 |              |       |
| MO-SC9-DH | SH3                               | 26.60-27.20 | 101.50  | 203.00                 | 5.92%                     | 26.00           | 26.00 |              |       |
| MO-SC9-DH | SH4                               | 36.40-37.00 | 139.00  | 278.00                 | 5.92%                     | 25.00           | 35.00 |              |       |
| MO-SC9-DH | SH5                               | 46.60-47.10 | 183.00  | 366.00                 | 7.24%                     | 28.00           | 28.00 |              |       |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR \ SH-OS<br>\ SPT) | Prof. (m)   | Compressione Assiale<br>Semplice non confinata<br>(C.N.C.) (E.L.L.) |                        |                           | Prove di taglio |       |         |     |
|------------|-----------------------------------|-------------|---|------------------------|---------------------------|-----------------|-------|---------|-----|
|            |                                   |             | cu  | Pressione<br>a rottura | Deformazione<br>a rottura | $\phi'$         | c'    | $\phi'$ | c'  |
|            |                                   |             | Kpa   | Kpa                    | %                         | °               | Kpa   | °       | Kpa |
| MO-SC10-PZ | SH1                               | 8.80-9.40   | 60.00   | 120.00                 | 7.89%                     | 28.00           | 20.00 |         |     |
| MO-SC10-PZ | SH2                               | 17.70-18.30 | 95.00   | 190.00                 | 7.89%                     | 23.00           | 28.00 |         |     |
| MO-SC10-PZ | SH3                               | 28.20-28.70 | 161.00  | 322.00                 | 6.58%                     | 30.00           | 22.00 |         |     |
| MO-SC10-PZ | SH4                               | 38.70-39.20 | 86.00   | 172.00                 | 6.58%                     | 26.00           | 32.00 |         |     |
| MO-SC10-PZ | SH5                               | 47.20-47.80 | 125.50  | 251.00                 | 6.58%                     | 28.00           | 30.00 |         |     |
| MO-SC11-DH | SH1                               | 6.00-6.60   |   |                        |                           | 20.20           | 29.00 |         |     |
| MO-SC11-DH | SH2                               | 9.00-9.60   | 53.28   | 106.55                 | 19.62%                    |                 |       |         |     |
| MO-SC11-DH | SH3                               | 30.00-30.60 | 28.50   | 57.00                  | 9.15%                     | 26.40           | 5.00  |         |     |
| MO-SC12-PZ | SH1                               | 3.50-4.10   | 19.33   | 38.65                  | 20.00%                    | 17.30           | 15.00 |         |     |
| MO-SC12-PZ | SH2                               | 10.50-11.10 |   |                        |                           | 35.00           | 20.50 |         |     |
| MO-SC12-PZ | SH3                               | 30.00-30.60 | 82.50   | 165.00                 | 19.31%                    |                 |       |         |     |
| MO-SC13-PZ | SH1                               | 7.30-7.80   | 45.50   | 91.00                  | 5.92%                     | 27.00           | 23.00 |         |     |
| MO-SC13-PZ | SH2                               | 16.50-17.00 | 33.00   | 66.00                  | 5.92%                     | 25.00           | 28.00 |         |     |
| MO-SC13-PZ | SH3                               | 24.00-24.50 | 84.00   | 168.00                 | 5.92%                     | 22.00           | 29.00 |         |     |
| MO-SC13-PZ | SH4                               | 34.30-34.90 | 88.00   | 176.00                 | 5.53%                     | 27.00           | 26.00 |         |     |
| MO-SC13-PZ | SH5                               | 44.50-45.00 | 132.00  | 264.00                 | 5.53%                     | 28.00           | 27.00 |         |     |
| MO-SC14-DH | SH1                               | 9.00-9.60   | 47.00   | 94.00                  | 7.24%                     | 28.00           | 20.00 |         |     |
| MO-SC14-DH | SH2                               | 17.80-18.40 | 68.00   | 136.00                 | 7.24%                     | 28.00           | 21.00 |         |     |
| MO-SC14-DH | SH3                               | 30.80-31.40 | 97.50   | 195.00                 | 9.21%                     | 29.00           | 19.00 |         |     |
| MO-SC14-DH | SH4                               | 39.00-39.60 | 191.50  | 383.00                 | 6.58%                     | 23.00           | 29.00 |         |     |
| MO-SC14-DH | SH5                               | 49.00-49.60 | 139.00  | 278.00                 | 6.58%                     | 21.00           | 30.00 |         |     |
| MO-SC15-PZ | SH2(B)                            | 7.50-8.00   | 35.30   | 70.61                  | 18.00%                    | 25.04           | 13.73 |         |     |
| MO-SC15-PZ | SH3(C)                            | 13.50-14.00 | 59.33   | 118.66                 | 8.84%                     |                 |       |         |     |
| MO-SC16-DH | SH1                               | 3.00-3.60   | 33.00   | 66.00                  | 7.50%                     | 26.00           | 17.00 |         |     |
| MO-SC16-DH | SH2                               | 8.00-8.60   | 13.50   | 27.00                  | 4.50%                     | 28.00           | 20.00 |         |     |
| MO-SC16-DH | SH3                               | 23.80-24.40 | 62.50   | 125.00                 | 5.50%                     | 25.00           | 27.00 |         |     |
| MO-SC16-DH | SH4                               | 35.80-36.40 | 71.50   | 143.00                 | 6.00%                     | 30.00           | 20.00 |         |     |
| MO-SC17-PZ | SH1                               | 5.90-6.50   | 28.50   | 57.00                  | 3.95%                     | 27.00           | 14.00 |         |     |
| MO-SC17-PZ | SH2                               | 17.60-18.20 | 33.00   | 66.00                  | 3.03%                     | 26.00           | 26.00 |         |     |
| MO-SC17-PZ | SH3                               | 29.45-30.00 | 117.00  | 234.00                 | 4.74%                     | 26.00           | 18.00 |         |     |
| MO-SC17-PZ | SH4                               | 37.30-37.90 | 121.00  | 242.00                 | 4.74%                     | 33.00           | 24.00 |         |     |
| MO-SC22-DH | SH1                               | 5.00-5.50   | 73.59   | 147.17                 | 9.49%                     |                 |       |         |     |

TAB. 11 – RISULTATI DELLE PROVE A COMPRESSIONE ASSIALE SEMPLICE NON CONFINATA  
 (ESPANSIONE LIBERA LATERALE) E DI TAGLIO DIRETTO

| Sondaggio | Campione<br>(CR \ SH-OS<br>) SPT) | Prof. (m)   | Edometria                       |      |      |      |       |       |       |        |        |  |  |  |
|-----------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--|--|--|
|           |                                   |             | M (MPa) (Modulo Edometrico Eed) |      |      |      |       |       |       |        |        |  |  |  |
|           |                                   |             | Intervalli di carico in KPa     |      |      |      |       |       |       |        |        |  |  |  |
|           |                                   |             | 12.5                            | 25.0 | 49.0 | 98.0 | 196.0 | 392.0 | 785.0 | 1569.0 | 3138.0 |  |  |  |
| RE-SC1-PZ | SH1                               | 4.50-5.00   |                                 |      |      | 9.34 | 7.11  |       |       |        |        |  |  |  |
| RE-SC2-DH | SH1                               | 4.50-5.00   |                                 | 2.60 | 2.80 | 3.20 | 4.60  | 7.90  | 12.00 | 18.30  | 35.60  |  |  |  |
| RE-SC5-DH | SH1                               | 3.00-3.60   |                                 | 0.49 | 0.78 | 1.57 | 2.84  | 5.79  | 10.89 |        |        |  |  |  |
| RE-SC5-DH | SH2                               | 6.00-6.60   |                                 |      |      | 5.98 | 4.31  | 4.61  | 6.67  |        |        |  |  |  |
| RE-SC5-DH | SH3                               | 9.00-9.60   |                                 | 6.77 | 5.59 | 4.81 | 4.41  | 4.61  | 4.90  |        |        |  |  |  |
|           |                                   |             |                                 |      |      |      |       |       |       |        |        |  |  |  |
| MO-SC1-PZ | SH1                               | 3.00-3.60   |                                 | 1.77 | 1.86 | 2.75 | 4.41  | 5.00  | 9.71  |        |        |  |  |  |
| MO-SC1-PZ | SH2                               | 6.00-6.60   |                                 |      |      | 4.31 | 4.51  | 6.37  | 9.61  |        |        |  |  |  |
| MO-SC1-PZ | SH3                               | 9.00-9.60   |                                 | 1.86 | 1.67 | 3.63 | 6.18  | 12.95 | 20.59 |        |        |  |  |  |
| MO-SC2-PZ | SH1                               | 10.00-10.60 |                                 | 4.90 | 5.70 | 5.60 | 10.40 | 11.90 | 15.90 | 25.90  | 39.80  |  |  |  |
| MO-SC2-PZ | SH2                               | 17.00-17.60 |                                 | 4.60 | 5.20 | 5.30 | 5.40  | 7.40  | 11.90 | 20.70  | 30.10  |  |  |  |
| MO-SC2-PZ | SH3                               | 27.00-27.60 |                                 | 3.30 | 3.40 | 3.30 | 3.60  | 3.60  | 7.00  | 13.60  | 26.40  |  |  |  |
| MO-SC3-DH | SH1                               | 6.00-6.50   |                                 |      | 6.10 | 7.30 | 7.00  | 10.00 | 14.90 | 22.90  | 36.50  |  |  |  |
| MO-SC3-DH | SH2                               | 18.60-19.20 |                                 | 5.20 | 7.10 | 7.00 | 7.80  | 11.20 | 15.10 | 23.10  | 39.80  |  |  |  |
| MO-SC3-DH | SH3                               | 28.50-29.10 |                                 | 3.80 | 4.40 | 4.60 | 4.70  | 5.60  | 7.90  | 11.60  | 18.20  |  |  |  |
| MO-SC4-PZ | SH1                               | 8.60-9.10   |                                 | 5.20 | 5.40 | 5.20 | 5.30  | 7.80  | 13.20 | 21.80  | 37.90  |  |  |  |
| MO-SC4-PZ | SH2                               | 18.00-18.70 |                                 | 2.80 | 3.10 | 3.20 | 3.30  | 5.00  | 6.40  | 14.70  | 29.40  |  |  |  |
| MO-SC4-PZ | SH3                               | 26.70-27.40 |                                 | 2.80 | 6.60 | 7.90 | 10.00 | 10.10 | 10.30 | 13.40  | 25.90  |  |  |  |
| MO-SC4-PZ | SH4                               | 36.10-36.60 |                                 | 3.20 | 4.80 | 7.10 | 8.20  | 10.10 | 14.60 | 23.40  | 37.50  |  |  |  |
| MO-SC4-PZ | SH5                               | 42.35-42.95 |                                 |      | 4.20 | 4.60 | 7.10  | 6.50  | 12.10 | 25.90  | 36.10  |  |  |  |
| MO-SC5-DH | SH1                               | 4.50-5.10   |                                 | 2.70 | 3.40 | 3.50 | 4.60  | 6.70  | 10.60 | 18.70  | 31.90  |  |  |  |
| MO-SC5-DH | SH2                               | 15.40-16.00 |                                 | 3.50 | 3.80 | 3.80 | 4.90  | 6.70  | 10.50 | 17.40  | 33.70  |  |  |  |
| MO-SC5-DH | SH3                               | 24.60-25.20 |                                 | 2.00 | 2.40 | 2.50 | 2.80  | 6.10  | 7.70  | 18.10  | 31.90  |  |  |  |
| MO-SC5-DH | SH4                               | 34.50-35.10 |                                 | 2.50 | 2.60 | 2.50 | 3.10  | 5.00  | 8.60  | 14.60  | 28.50  |  |  |  |
| MO-SC7-PZ | SH1                               | 8.50-9.00   |                                 | 3.90 | 4.70 | 4.90 | 5.00  | 6.40  | 9.40  | 14.30  | 25.30  |  |  |  |
| MO-SC7-PZ | SH2                               | 18.00-18.60 |                                 | 1.70 | 2.80 | 3.00 | 3.20  | 6.60  | 7.20  | 13.90  | 25.90  |  |  |  |
| MO-SC7-PZ | SH3                               | 26.00-26.60 |                                 | 4.30 | 5.50 | 5.50 | 6.10  | 8.30  | 12.70 | 18.20  | 26.70  |  |  |  |
| MO-SC7-PZ | SH4                               | 36.00-36.60 |                                 | 1.70 | 2.20 | 2.40 | 4.40  | 6.40  | 13.60 | 25.40  | 46.30  |  |  |  |
| MO-SC7-PZ | SH5                               | 47.70-48.30 |                                 | 1.00 | 1.30 | 2.60 | 4.40  | 6.40  | 10.70 | 18.20  | 35.10  |  |  |  |
| MO-SC8-DH | SH1                               | 5.00-5.60   |                                 | 2.20 | 2.60 | 3.20 | 4.70  | 7.40  | 13.30 | 20.50  | 31.90  |  |  |  |
| MO-SC8-DH | SH2                               | 18.00-18.50 |                                 | 2.30 | 3.30 | 4.40 | 6.40  | 10.50 | 16.50 | 26.20  | 43.30  |  |  |  |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>/ SPT) | Prof. (m)   | Edometria                       |      |      |      |       |       |       |        |        |  |
|------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
|            |                                   |             | M (MPa) (Modulo Edometrico Eed) |      |      |      |       |       |       |        |        |  |
|            |                                   |             | Intervalli di carico in KPa     |      |      |      |       |       |       |        |        |  |
|            |                                   |             | 12.5                            | 25.0 | 49.0 | 98.0 | 196.0 | 392.0 | 785.0 | 1569.0 | 3138.0 |  |
| MO-SC8-DH  | SH3                               | 25.50-26.00 |                                 | 1.70 | 2.40 | 2.50 | 4.20  | 7.30  | 17.40 | 24.20  | 41.50  |  |
| MO-SC8-DH  | SH4                               | 36.00-36.60 |                                 | 2.20 | 2.60 | 3.20 | 4.70  | 7.40  | 13.30 | 20.50  | 31.90  |  |
| MO-SC8-DH  | SH5                               | 46.30-46.80 |                                 | 3.80 | 4.20 | 4.40 | 4.80  | 7.70  | 11.50 | 17.90  | 30.30  |  |
| MO-SC9-DH  | SH1                               | 5.70-6.30   |                                 | 1.10 | 2.00 | 2.90 | 4.70  | 4.60  | 6.40  | 11.70  | 22.40  |  |
| MO-SC9-DH  | SH2                               | 16.20-16.80 |                                 |      | 1.80 | 2.90 | 6.30  | 9.90  | 14.20 | 24.70  | 39.50  |  |
| MO-SC9-DH  | SH3                               | 26.60-27.20 |                                 |      | 3.80 | 5.50 | 6.50  | 7.70  | 14.90 | 16.20  | 26.30  |  |
| MO-SC9-DH  | SH4                               | 36.40-37.00 |                                 |      | 4.00 | 4.40 | 4.70  | 6.30  | 8.60  | 14.00  | 23.90  |  |
| MO-SC9-DH  | SH5                               | 46.60-47.10 |                                 |      | 3.70 | 7.20 | 7.50  | 9.30  | 13.70 | 21.70  | 34.40  |  |
| MO-SC10-PZ | SH1                               | 8.80-9.40   |                                 | 2.60 | 2.60 | 2.40 | 2.80  | 5.30  | 7.60  | 11.50  | 20.80  |  |
| MO-SC10-PZ | SH2                               | 17.70-18.30 |                                 |      | 1.50 | 2.30 | 3.00  | 5.30  | 7.70  | 11.50  | 20.90  |  |
| MO-SC10-PZ | SH3                               | 28.20-28.70 |                                 | 3.30 | 5.90 | 6.50 | 6.50  | 8.20  | 13.40 | 22.20  | 44.20  |  |
| MO-SC10-PZ | SH4                               | 38.70-39.20 |                                 | 2.80 | 4.40 | 5.50 | 5.90  | 7.10  | 7.70  | 12.60  | 23.50  |  |
| MO-SC10-PZ | SH5                               | 47.20-47.80 |                                 |      | 4.30 | 6.70 | 7.30  | 10.20 | 17.20 | 24.10  | 37.70  |  |
| MO-SC11-DH | SH1                               | 6.00-6.60   |                                 | 1.07 | 1.93 | 1.82 | 3.27  | 6.00  | 9.14  | 16.54  |        |  |
| MO-SC11-DH | SH2                               | 9.00-9.60   |                                 | 2.62 | 2.76 | 3.49 | 6.14  | 8.87  | 11.10 | 17.97  |        |  |
| MO-SC12-PZ | SH1                               | 3.50-4.10   | 0.29                            | 0.47 | 0.76 | 1.02 | 1.86  | 3.91  | 6.45  | 13.92  |        |  |
| MO-SC12-PZ | SH2                               | 10.50-11.10 |                                 | 0.96 | 2.14 | 3.08 | 5.25  | 9.35  | 15.45 | 25.46  |        |  |
| MO-SC12-PZ | SH3                               | 30.00-30.60 |                                 | 1.95 | 3.03 | 2.70 | 4.10  | 5.69  | 8.87  | 16.22  |        |  |
| MO-SC13-PZ | SH1                               | 7.30-7.80   |                                 | 1.70 | 2.10 | 2.60 | 4.60  | 7.70  | 12.10 | 19.20  | 31.40  |  |
| MO-SC13-PZ | SH2                               | 16.50-17.00 |                                 | 2.00 | 1.70 | 2.20 | 3.10  | 4.40  | 7.60  | 13.70  | 26.90  |  |
| MO-SC13-PZ | SH3                               | 24.00-24.50 |                                 | 2.80 | 3.50 | 3.60 | 4.10  | 5.50  | 8.90  | 15.60  | 27.10  |  |
| MO-SC13-PZ | SH4                               | 34.30-34.90 |                                 | 3.70 | 4.10 | 4.20 | 6.20  | 8.40  | 13.30 | 22.20  | 37.20  |  |
| MO-SC13-PZ | SH5                               | 44.50-45.00 |                                 | 2.70 | 3.30 | 4.20 | 7.20  | 9.30  | 16.90 | 24.60  | 38.60  |  |
| MO-SC14-DH | SH1                               | 9.00-9.60   |                                 | 4.10 | 4.70 | 7.60 | 9.20  | 12.20 | 20.40 | 25.60  | 38.50  |  |



| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>/ SPT) | Prof. (m)   | Edometria                       |       |       |      |       |       |       |        |        |  |
|------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
|            |                                   |             | M (MPa) (Modulo Edometrico Eed) |       |       |      |       |       |       |        |        |  |
|            |                                   |             | Intervalli di carica in KPa     |       |       |      |       |       |       |        |        |  |
|            |                                   |             | 12.5                            | 25.0  | 49.0  | 98.0 | 196.0 | 392.0 | 785.0 | 1569.0 | 3138.0 |  |
| MO-SC14-DH | SH2                               | 17.80-18.40 |                                 | 1.90  | 2.30  | 2.70 | 4.30  | 5.50  | 8.60  | 14.10  | 24.90  |  |
| MO-SC14-DH | SH3                               | 30.80-31.40 |                                 | 1.50  | 1.80  | 2.90 | 4.50  | 7.80  | 14.20 | 25.30  | 36.20  |  |
| MO-SC14-DH | SH4                               | 39.00-39.60 |                                 |       | 3.10  | 3.00 | 4.50  | 7.40  | 12.80 | 21.10  | 35.00  |  |
| MO-SC14-DH | SH5                               | 49.00-49.60 |                                 |       | 4.50  | 4.80 | 5.60  | 7.40  | 11.90 | 16.70  | 28.10  |  |
| MO-SC16-DH | SH1                               | 3.00-3.60   |                                 | 1.80  | 3.00  | 5.30 | 5.60  | 7.70  | 12.00 | 20.30  | 34.80  |  |
| MO-SC16-DH | SH2                               | 8.00-8.60   |                                 | 1.10  | 1.50  | 4.00 | 5.40  | 8.70  | 13.20 | 22.60  | 28.90  |  |
| MO-SC16-DH | SH3                               | 23.80-24.40 |                                 | 2.10  | 2.20  | 2.40 | 3.40  | 6.00  | 11.20 | 25.10  | 28.60  |  |
| MO-SC16-DH | SH4                               | 35.80-36.40 |                                 | 2.60  | 2.90  | 3.00 | 3.80  | 4.60  | 8.70  | 14.30  | 21.90  |  |
| MO-SC17-PZ | SH1                               | 5.90-6.50   |                                 | 2.00  | 2.30  | 3.00 | 4.10  | 6.40  | 9.90  | 18.30  | 28.80  |  |
| MO-SC17-PZ | SH2                               | 17.60-18.20 |                                 | 3.10  | 3.50  | 3.60 | 4.40  | 6.40  | 9.10  | 9.40   | 30.00  |  |
| MO-SC17-PZ | SH3                               | 29.45-30.00 |                                 | 2.00  | 2.90  | 3.00 | 5.30  | 7.90  | 11.20 | 17.20  | 34.30  |  |
| MO-SC17-PZ | SH4                               | 37.30-37.90 |                                 | 1.90  | 2.30  | 2.60 | 4.40  | 7.60  | 14.80 | 21.40  | 37.40  |  |
| MO-SC22-DH | SH1                               | 5.00-5.50   |                                 | 2.02  | 2.37  | 2.88 | 4.52  | 7.91  | 10.96 | 20.29  |        |  |
| MO-SC29-PZ | SH2                               | 19.40-20.00 |                                 | 1.03  | 1.00  | 2.00 | 3.81  | 5.22  | 8.56  | 14.55  |        |  |
| MO-SC29-PZ | SH4                               | 39.50-40.00 |                                 | 5.37  | 6.11  | 5.31 | 4.07  | 6.63  | 9.21  | 14.73  |        |  |
| MO-SC30-DH | SH1                               | 9.50-10.00  |                                 | 0.93  | 2.03  | 2.66 | 3.81  | 6.06  | 9.30  | 16.12  |        |  |
| MO-SC30-DH | SH3                               | 27.50-28.00 |                                 | 20.39 | 10.18 | 4.49 | 5.31  | 8.21  | 11.42 | 18.79  |        |  |

TAB. 12 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (MODULO EDOMETRICO)

| Sondaggio | Campione<br>(CR   SH-OS<br>  SPT) | Prof. (m)   | Edometria  |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|-----------------------------------|-------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |                                   |             | Cv (cm <sup>2</sup> /s) (Coefficiente di consolidazione) |          |          |          |          |          |          |          |
|           |                                   |             | Intervalli di carico in Kpa                              |          |          |          |          |          |          |          |
|           |                                   |             | 25.0   | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |
| RE-SC1-PZ | SH1                               | 4.50-5.00   |  |          | 5.20E-04 | 3.70E-04 |          |          |          |          |
| RE-SC2-DH | SH1                               | 4.50-5.00   | 1.43E-03   | 1.35E-03 | 1.20E-03 | 1.15E-03 | 1.01E-03 | 6.49E-04 | 5.59E-04 | 2.02E-04 |
| RE-SC5-DH | SH1                               | 3.00-3.60   | 2.26E-04   | 6.57E-04 | 7.63E-04 | 1.51E-03 | 1.08E-03 | 1.28E-03 |          |          |
| RE-SC5-DH | SH2                               | 6.00-6.60   |  |          | 2.83E-04 | 2.17E-04 | 1.16E-04 | 1.31E-04 |          |          |
| RE-SC5-DH | SH3                               | 9.00-9.60   | 1.86E-02   | 1.35E-03 | 3.44E-03 | 3.46E-04 | 1.08E-02 | 2.25E-02 |          |          |
|           |                                   |             |  |          |          |          |          |          |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH1                               | 3.00-3.60   | 1.84E-02   | 1.34E-03 | 9.73E-04 | 1.32E-03 | 8.13E-04 | 1.04E-03 |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH2                               | 6.00-6.60   |  |          | 3.11E-04 | 1.44E-04 | 7.78E-04 | 9.70E-05 |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH3                               | 9.00-9.60   | 7.61E-03   | 2.11E-02 | 2.17E-02 | 3.73E-02 | 3.86E-02 | 7.04E-03 |          |          |
| MO-SC2-PZ | SH1                               | 10.00-10.60 | 3.20E-03   | 4.20E-03 | 3.90E-03 | 3.60E-03 | 2.40E-03 | 3.80E-04 | 1.80E-04 | 1.00E-04 |
| MO-SC2-PZ | SH2                               | 17.00-17.60 | 2.20E-04   | 3.20E-04 | 2.90E-04 | 2.60E-04 | 1.40E-04 | 2.80E-05 | 1.60E-05 | 1.00E-05 |
| MO-SC2-PZ | SH3                               | 27.00-27.60 | 4.20E-04   | 3.00E-04 | 2.10E-04 | 2.20E-04 | 1.20E-04 | 2.40E-05 | 1.20E-05 | 1.10E-05 |
| MO-SC3-DH | SH1                               | 6.00-6.50   |  | 3.20E-04 | 3.10E-04 | 2.80E-04 | 1.60E-04 | 3.00E-05 | 1.00E-05 | 1.05E-05 |
| MO-SC3-DH | SH2                               | 18.60-19.20 | 6.00E-04   | 5.20E-04 | 4.10E-04 | 3.80E-04 | 2.60E-04 | 4.20E-05 | 2.30E-05 | 1.25E-05 |
| MO-SC3-DH | SH3                               | 28.50-29.10 | 6.40E-04   | 5.00E-04 | 4.32E-04 | 3.65E-04 | 3.25E-04 | 3.82E-05 | 2.52E-05 | 1.30E-05 |
| MO-SC4-PZ | SH1                               | 8.60-9.10   | 5.20E-03   | 5.00E-03 | 4.40E-03 | 3.40E-03 | 3.00E-03 | 8.80E-04 | 4.80E-04 | 3.00E-04 |
| MO-SC4-PZ | SH2                               | 18.00-18.70 | 3.20E-04   | 2.80E-04 | 2.40E-04 | 1.20E-04 | 1.00E-04 | 5.80E-05 | 3.80E-05 | 2.00E-05 |
| MO-SC4-PZ | SH3                               | 26.70-27.40 | 4.20E-03   | 3.80E-03 | 3.40E-03 | 3.20E-03 | 3.00E-03 | 2.20E-03 | 1.80E-03 | 1.00E-03 |
| MO-SC4-PZ | SH4                               | 36.10-36.60 | 7.20E-03   | 5.80E-03 | 4.40E-03 | 4.20E-03 | 4.00E-03 | 3.20E-03 | 3.00E-03 | 2.00E-03 |
| MO-SC4-PZ | SH5                               | 42.35-42.95 |  | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.50E-04 | 1.35E-04 | 1.05E-04 | 1.00E-04 | 6.00E-05 |
| MO-SC5-DH | SH1                               | 4.50-5.10   | 2.50E-03   | 1.80E-03 | 2.50E-03 | 2.58E-03 | 1.60E-03 | 7.80E-04 | 3.65E-04 | 3.50E-04 |
| MO-SC5-DH | SH2                               | 15.40-16.00 | 1.50E-03   | 1.10E-03 | 8.50E-04 | 7.58E-04 | 5.60E-04 | 4.80E-04 | 4.65E-04 | 2.35E-04 |
| MO-SC5-DH | SH3                               | 24.60-25.20 | 3.88E-04   | 3.40E-04 | 3.36E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.65E-04 | 1.50E-04 |
| MO-SC5-DH | SH4                               | 34.50-35.10 | 2.08E-03   | 1.80E-03 | 1.36E-03 | 1.22E-03 | 1.00E-03 | 5.80E-04 | 4.65E-04 | 3.50E-04 |
| MO-SC7-PZ | SH1                               | 8.50-9.00   | 4.10E-04   | 4.00E-04 | 3.16E-04 | 2.80E-04 | 2.00E-04 | 1.60E-04 | 1.20E-04 | 1.00E-04 |
| MO-SC7-PZ | SH2                               | 18.00-18.60 | 6.00E-04   | 5.50E-04 | 4.16E-04 | 4.00E-04 | 3.40E-04 | 3.00E-04 | 2.60E-04 | 2.00E-04 |
| MO-SC7-PZ | SH3                               | 26.00-26.60 | 5.08E-03   | 4.80E-03 | 3.36E-03 | 3.22E-03 | 2.40E-03 | 2.20E-03 | 2.00E-03 | 1.02E-03 |
| MO-SC7-PZ | SH4                               | 36.00-36.60 | 3.88E-04   | 3.40E-04 | 3.36E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.65E-04 | 1.50E-04 |
| MO-SC7-PZ | SH5                               | 47.70-48.30 | 3.20E-04   | 3.00E-04 | 2.60E-04 | 2.40E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.65E-04 |
| MO-SC8-DH | SH1                               | 5.00-5.60   | 1.80E-03   | 1.40E-03 | 1.20E-03 | 1.00E-03 | 1.00E-03 | 2.80E-04 | 1.50E-04 | 1.00E-04 |
| MO-SC8-DH | SH2                               | 18.00-18.50 | 3.20E-03   | 3.00E-03 | 2.20E-03 | 1.80E-03 | 2.00E-03 | 1.80E-03 | 1.20E-03 | 1.00E-03 |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>(SPT)) | Prof. (m)   | Edometria  |          |          |          |          |          |          |          |  |
|------------|-----------------------------------|-------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
|            |                                   |             | Cv (cm <sup>2</sup> /s) (Coefficiente di consolidazione) |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | Intervalli di carico in Kpa                              |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | 25.0   | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |  |
| MO-SC8-DH  | SH3                               | 25.50-26.00 | 5.50E-03   | 4.80E-03 | 4.00E-03 | 3.00E-03 | 2.50E-03 | 1.80E-03 | 1.50E-03 | 1.20E-03 |  |
| MO-SC8-DH  | SH4                               | 36.00-36.60 | 4.20E-03   | 3.80E-03 | 3.40E-03 | 3.00E-03 | 2.50E-03 | 2.20E-03 | 2.10E-03 | 2.00E-03 |  |
| MO-SC8-DH  | SH5                               | 46.30-46.80 | 2.20E-03   | 2.00E-03 | 1.40E-03 | 1.20E-03 | 1.00E-03 | 3.80E-04 | 2.40E-04 | 1.20E-04 |  |
| MO-SC9-DH  | SH1                               | 5.70-6.30   | 3.20E-03   | 3.00E-03 | 2.50E-03 | 2.00E-03 | 1.80E-03 | 1.40E-03 | 1.20E-03 | 1.00E-03 |  |
| MO-SC9-DH  | SH2                               | 16.20-16.80 |  | 3.40E-04 | 3.36E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.65E-04 | 1.50E-04 |  |
| MO-SC9-DH  | SH3                               | 26.60-27.20 |  | 4.00E-04 | 3.75E-04 | 3.10E-04 | 2.80E-04 | 2.40E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 |  |
| MO-SC9-DH  | SH4                               | 36.40-37.00 |  | 3.00E-04 | 2.75E-04 | 2.10E-04 | 1.80E-04 | 1.40E-04 | 1.20E-04 | 1.00E-04 |  |
| MO-SC9-DH  | SH5                               | 46.60-47.10 |  | 6.40E-04 | 5.36E-04 | 4.20E-04 | 4.10E-04 | 4.00E-04 | 3.65E-04 | 3.00E-04 |  |
| MO-SC10-PZ | SH1                               | 8.80-9.40   | 4.20E-03   | 4.00E-03 | 2.40E-03 | 2.10E-03 | 2.00E-03 | 6.80E-04 | 3.80E-04 | 2.40E-04 |  |
| MO-SC10-PZ | SH2                               | 17.70-18.30 |  | 2.00E-04 | 1.60E-04 | 1.40E-04 | 1.20E-04 | 6.80E-05 | 4.20E-05 | 3.40E-05 |  |
| MO-SC10-PZ | SH3                               | 28.20-28.70 | 2.20E-03   | 4.00E-03 | 2.60E-03 | 2.40E-03 | 2.20E-03 | 1.80E-03 | 1.20E-03 | 1.40E-03 |  |
| MO-SC10-PZ | SH4                               | 38.70-39.20 | 4.20E-04   | 3.30E-04 | 2.80E-04 | 2.60E-04 | 2.40E-04 | 2.20E-04 | 1.80E-04 | 1.60E-04 |  |
| MO-SC10-PZ | SH5                               | 47.20-47.80 |  | 3.40E-03 | 1.36E-03 | 1.20E-03 | 1.10E-03 | 1.00E-03 | 1.20E-04 | 1.30E-04 |  |
| MO-SC11-DH | SH1                               | 6.00-6.60   |  | 2.35E-04 |          |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC11-DH | SH2                               | 9.00-9.60   |  |          | 4.58E-04 |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH1                               | 3.50-4.10   |  | 2.39E-04 |          |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH2                               | 10.50-11.10 |  |          | 1.57E-03 |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH3                               | 30.00-30.60 |  |          |          | 5.48E-04 |          |          |          |          |  |
| MO-SC13-PZ | SH1                               | 7.30-7.80   | 4.00E-03   | 4.00E-03 | 3.80E-03 | 3.50E-03 | 2.80E-03 | 1.50E-03 | 5.80E-04 | 2.00E-04 |  |
| MO-SC13-PZ | SH2                               | 16.50-17.00 | 5.10E-04   | 3.60E-04 | 3.80E-04 | 3.40E-04 | 3.00E-04 | 2.60E-04 | 2.20E-04 | 1.80E-04 |  |
| MO-SC13-PZ | SH3                               | 24.00-24.50 | 3.00E-04   | 2.50E-04 | 2.30E-04 | 2.00E-04 | 1.50E-04 | 1.25E-04 | 1.10E-04 | 1.05E-04 |  |
| MO-SC13-PZ | SH4                               | 34.30-34.90 | 2.80E-03   | 2.60E-03 | 2.10E-03 | 1.70E-03 | 1.30E-03 | 1.10E-03 | 1.00E-03 | 4.00E-04 |  |
| MO-SC13-PZ | SH5                               | 44.50-45.00 | 2.40E-03   | 2.20E-03 | 1.80E-03 | 1.40E-03 | 1.12E-03 | 1.02E-03 | 5.00E-04 | 4.20E-04 |  |
| MO-SC14-DH | SH1                               | 9.00-9.60   | 3.42E-03   | 4.01E-03 | 3.77E-03 | 3.48E-03 | 2.31E-03 | 2.18E-04 | 1.92E-04 | 1.15E-04 |  |
| MO-SC14-DH | SH2                               | 17.80-18.40 | 3.37E-04   | 3.91E-04 | 3.62E-04 | 3.07E-04 | 2.85E-04 | 2.44E-04 | 2.02E-04 | 1.95E-04 |  |
| MO-SC14-DH | SH3                               | 30.80-31.40 | 3.30E-04   | 3.87E-04 | 3.47E-04 | 2.99E-04 | 2.76E-04 | 2.35E-04 | 2.16E-04 | 1.87E-04 |  |
| MO-SC14-DH | SH4                               | 39.00-39.60 |  | 2.00E-03 | 1.60E-03 | 1.20E-03 | 5.00E-04 | 3.50E-04 | 2.80E-04 | 2.00E-04 |  |
| MO-SC14-DH | SH5                               | 49.00-49.60 |  | 2.40E-03 | 2.00E-03 | 1.60E-03 | 5.40E-04 | 3.20E-04 | 3.00E-04 | 2.40E-04 |  |
| MO-SC16-DH | SH1                               | 3.00-3.60   | 3.90E-03   | 3.50E-03 | 3.34E-03 | 2.40E-03 | 2.20E-03 | 1.70E-03 | 1.60E-03 | 1.40E-03 |  |
| MO-SC16-DH | SH2                               | 8.00-8.60   | 4.20E-03   | 4.00E-03 | 3.80E-03 | 3.20E-03 | 2.50E-03 | 2.20E-03 | 2.00E-03 | 1.80E-03 |  |
| MO-SC16-DH | SH3                               | 23.80-24.40 | 5.00E-04   | 4.10E-04 | 3.70E-04 | 3.20E-04 | 2.60E-04 | 2.30E-04 | 2.15E-04 | 2.10E-04 |  |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>) SPT) | Prof. (m)   | Edometria  |          |          |          |          |          |          |          |
|------------|-----------------------------------|-------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            |                                   |             | Cv (cm <sup>2</sup> /s) (Coefficiente di consolidazione) |          |          |          |          |          |          |          |
|            |                                   |             | Intervalli di carico in Kpa                              |          |          |          |          |          |          |          |
|            |                                   |             | 25.0   | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |
| MO-SC16-DH | SH4                               | 35.80-36.40 | 2.80E-03   | 2.60E-03 | 1.80E-03 | 1.30E-03 | 4.00E-04 | 3.80E-04 | 3.65E-04 | 2.30E-04 |
| MO-SC17-PZ | SH1                               | 5.90-6.50   | 4.10E-03   | 4.60E-03 | 4.15E-03 | 3.78E-03 | 3.12E-03 | 8.50E-04 | 5.40E-04 | 3.20E-04 |
| MO-SC17-PZ | SH2                               | 17.60-18.20 | 3.88E-04   | 3.40E-04 | 3.36E-04 | 2.20E-04 | 2.00E-04 | 1.80E-04 | 1.65E-04 | 1.50E-04 |
| MO-SC17-PZ | SH3                               | 29.45-30.00 | 3.88E-03   | 2.40E-03 | 1.36E-03 | 1.20E-03 | 1.00E-03 | 5.80E-04 | 3.65E-04 | 2.50E-04 |
| MO-SC17-PZ | SH4                               | 37.30-37.90 | 7.00E-03   | 6.40E-03 | 5.00E-03 | 5.00E-04 | 9.60E-04 | 1.00E-03 | 1.20E-03 | 9.40E-04 |
| MO-SC22-DH | SH1                               | 5.00-5.50   |  |          |          | 1.02E-02 | 1.41E-02 | 7.54E-03 |          |          |
| MO-SC29-PZ | SH2                               | 19.40-20.00 |  |          |          | 9.57E-04 |          |          |          |          |
| MO-SC29-PZ | SH4                               | 39.50-40.00 |  |          |          |          | 1.96E-04 |          |          |          |
| MO-SC30-DH | SH1                               | 9.50-10.00  |  |          | 2.04E-03 |          |          |          |          |          |
| MO-SC30-DH | SH3                               | 27.50-28.00 |  |          |          | 2.89E-04 |          |          |          |          |
| MO-SC31-DH | OS2                               | 18.00-18.50 |  |          |          |          | 4.04E-03 | 1.91E-03 | 1.57E-03 |          |
| MO-SC31-DH | SH4                               | 35.50-36.10 |  |          |          | 9.37E-03 | 3.28E-03 | 2.64E-03 | 2.15E-03 |          |
| MO-SC32-PZ | OS1                               | 7.00-7.60   |  |          | 6.30E-04 | 3.89E-04 | 2.65E-04 | 2.41E-04 | 2.81E-04 |          |
| MO-SC32-PZ | OS2                               | 25.30-25.90 |  |          | 1.26E-02 | 1.30E-02 | 9.14E-03 | 1.02E-02 | 8.88E-03 |          |
| MO-SC32-PZ | OS3                               | 43.00-43.60 |  |          | 8.39E-04 | 9.47E-04 | 8.74E-04 | 6.75E-04 | 5.01E-04 |          |
| MO-SC33-PZ | OS1                               | 5.50-6.10   | 3.25E-03   | 4.89E-03 | 6.04E-03 | 6.12E-03 | 7.14E-03 | 5.20E-03 | 5.49E-03 |          |
| MO-SC33-PZ | SH2                               | 28.00-28.60 |  |          | 2.74E-03 | 1.04E-03 | 9.12E-04 | 7.15E-04 | 6.16E-04 |          |
| MO-SC34-DH | OS2                               | 27.00-27.50 |  |          |          |          | 2.97E-03 | 1.08E-03 | 9.12E-04 |          |

TAB. 13 – RISULTATI DELLE PROVE EDOMETRICHE (COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE)


| Sondaggio | Campione<br>(CR / SH-OS<br>) (SPT) | Prof. (m)   | Edometria                   |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|------------------------------------|-------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |                                    |             | K (cm/s) (Permeabilità)     |          |          |          |          |          |          |          |
|           |                                    |             | Intervalli di carico in Kpa |          |          |          |          |          |          |          |
|           |                                    |             | 25.0                        | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |
| RE-SC1-PZ | SH1                                | 4.50-5.00   |                             |          | 5.50E-06 | 5.10E-06 |          |          |          |          |
| RE-SC2-DH | SH1                                | 4.50-5.00   | 5.41E-08                    | 4.86E-08 | 3.79E-08 | 2.48E-08 | 1.27E-08 | 5.40E-09 | 3.06E-09 | 5.68E-10 |
| RE-SC5-DH | SH1                                | 3.00-3.60   | 4.52E-08                    | 8.21E-08 | 4.77E-08 | 5.20E-08 | 1.82E-08 | 1.15E-08 |          |          |
| RE-SC5-DH | SH2                                | 6.00-6.60   |                             |          | 4.63E-09 | 4.93E-09 | 2.47E-09 | 1.93E-09 |          |          |
| RE-SC5-DH | SH3                                | 9.00-9.60   | 2.70E-07                    | 2.36E-08 | 7.01E-08 | 7.69E-09 | 2.29E-07 | 4.50E-07 |          |          |
|           |                                    |             |                             |          |          |          |          |          |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH1                                | 3.00-3.60   | 1.02E-06                    | 7.04E-08 | 3.48E-08 | 2.94E-08 | 1.59E-08 | 1.05E-08 |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH2                                | 6.00-6.60   |                             |          | 7.06E-09 | 3.12E-09 | 1.20E-08 | 9.90E-10 |          |          |
| MO-SC1-PZ | SH3                                | 9.00-9.60   | 4.01E-07                    | 1.24E-06 | 5.87E-07 | 5.93E-07 | 2.93E-07 | 3.35E-08 |          |          |
| MO-SC2-PZ | SH1                                | 10.00-10.60 | 6.58E-08                    | 7.39E-08 | 6.95E-08 | 3.48E-08 | 2.02E-08 | 2.39E-09 | 6.94E-10 | 2.51E-10 |
| MO-SC2-PZ | SH2                                | 17.00-17.60 | 4.77E-09                    | 6.13E-09 | 5.45E-09 | 4.82E-09 | 1.90E-09 | 2.35E-10 | 7.75E-11 | 3.32E-11 |
| MO-SC2-PZ | SH3                                | 27.00-27.60 | 1.26E-08                    | 8.88E-09 | 6.37E-09 | 6.07E-09 | 3.31E-09 | 3.42E-10 | 8.80E-11 | 4.17E-11 |
| MO-SC3-DH | SH1                                | 6.00-6.50   |                             | 5.26E-09 | 4.25E-09 | 4.02E-09 | 1.59E-09 | 2.01E-10 | 4.37E-11 | 2.88E-11 |
| MO-SC3-DH | SH2                                | 18.60-19.20 | 1.15E-08                    | 7.31E-09 | 5.87E-09 | 4.86E-09 | 2.31E-09 | 2.78E-10 | 9.96E-11 | 3.14E-11 |
| MO-SC3-DH | SH3                                | 28.50-29.10 | 1.69E-08                    | 1.15E-08 | 9.46E-09 | 7.79E-09 | 5.77E-09 | 4.84E-10 | 2.18E-10 | 7.14E-11 |
| MO-SC4-PZ | SH1                                | 8.60-9.10   | 9.99E-08                    | 9.24E-08 | 8.46E-08 | 6.45E-08 | 3.85E-08 | 6.68E-09 | 2.20E-09 | 7.92E-10 |
| MO-SC4-PZ | SH2                                | 18.00-18.70 | 1.16E-08                    | 9.06E-09 | 7.61E-09 | 3.64E-09 | 2.01E-09 | 9.09E-10 | 2.59E-10 | 6.80E-11 |
| MO-SC4-PZ | SH3                                | 26.70-27.40 | 1.49E-07                    | 5.77E-08 | 4.33E-08 | 3.20E-08 | 2.97E-08 | 2.14E-08 | 1.34E-08 | 3.85E-09 |
| MO-SC4-PZ | SH4                                | 36.10-36.60 | 2.25E-07                    | 1.21E-07 | 6.19E-08 | 5.13E-08 | 3.95E-08 | 2.19E-08 | 1.28E-08 | 5.34E-09 |
| MO-SC4-PZ | SH5                                | 42.35-42.95 |                             | 4.81E-09 | 3.91E-09 | 2.11E-09 | 2.09E-09 | 8.65E-10 | 3.86E-10 | 1.66E-10 |
| MO-SC5-DH | SH1                                | 4.50-5.10   | 9.27E-08                    | 5.22E-08 | 7.04E-08 | 5.65E-08 | 2.38E-08 | 7.35E-09 | 1.96E-09 | 1.10E-09 |
| MO-SC5-DH | SH2                                | 15.40-16.00 | 4.34E-08                    | 2.89E-08 | 2.26E-08 | 1.53E-08 | 8.34E-09 | 4.56E-09 | 2.67E-09 | 6.98E-10 |
| MO-SC5-DH | SH3                                | 24.60-25.20 | 1.90E-08                    | 1.42E-08 | 1.35E-08 | 7.89E-09 | 3.30E-09 | 2.35E-09 | 9.13E-10 | 4.70E-10 |
| MO-SC5-DH | SH4                                | 34.50-35.10 | 8.20E-08                    | 6.93E-08 | 5.46E-08 | 3.93E-08 | 2.01E-08 | 6.75E-09 | 3.18E-09 | 1.23E-09 |
| MO-SC7-PZ | SH1                                | 8.50-9.00   | 1.05E-08                    | 8.53E-09 | 6.40E-09 | 5.62E-09 | 3.14E-09 | 1.70E-09 | 8.36E-10 | 3.95E-10 |
| MO-SC7-PZ | SH2                                | 18.00-18.60 | 3.44E-08                    | 1.97E-08 | 1.41E-08 | 1.24E-08 | 5.15E-09 | 4.19E-09 | 1.87E-09 | 7.73E-10 |
| MO-SC7-PZ | SH3                                | 26.00-26.60 | 1.18E-07                    | 8.69E-08 | 6.13E-08 | 5.27E-08 | 2.90E-08 | 1.73E-08 | 1.10E-08 | 3.83E-09 |
| MO-SC7-PZ | SH4                                | 36.00-36.60 | 2.35E-08                    | 1.52E-08 | 1.43E-08 | 4.98E-09 | 3.11E-09 | 1.33E-09 | 6.50E-10 | 3.24E-10 |
| MO-SC7-PZ | SH5                                | 47.70-48.30 | 3.22E-08                    | 2.39E-08 | 1.00E-08 | 5.49E-09 | 3.43E-09 | 1.87E-09 | 9.88E-10 | 4.70E-10 |
| MO-SC8-DH | SH1                                | 5.00-5.60   | 8.16E-08                    | 5.43E-08 | 3.72E-08 | 2.13E-08 | 1.36E-08 | 2.10E-09 | 7.32E-10 | 3.13E-10 |
| MO-SC8-DH | SH2                                | 18.00-18.50 | 1.38E-07                    | 9.19E-08 | 4.97E-08 | 2.82E-08 | 1.91E-08 | 1.09E-08 | 4.58E-09 | 2.31E-09 |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>(SPT)) | Prof. (m)   | Edometria                   |          |          |          |          |          |          |          |  |
|------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
|            |                                   |             | K (cm/s) (Permeabilità)     |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | Intervalli di carico in Kpa |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | 25.0                        | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |  |
| MO-SC8-DH  | SH3                               | 25.50-26.00 | 3.32E-07                    | 1.97E-07 | 1.58E-07 | 7.12E-08 | 3.45E-08 | 1.03E-08 | 6.21E-09 | 2.89E-09 |  |
| MO-SC8-DH  | SH4                               | 36.00-36.60 | 1.90E-07                    | 1.47E-07 | 1.05E-07 | 6.39E-08 | 3.39E-08 | 1.65E-08 | 1.02E-08 | 6.26E-09 |  |
| MO-SC8-DH  | SH5                               | 46.30-46.80 | 5.81E-08                    | 4.79E-08 | 3.17E-08 | 2.49E-08 | 1.29E-08 | 3.32E-09 | 1.34E-09 | 3.96E-10 |  |
| MO-SC9-DH  | SH1                               | 5.70-6.30   | 2.84E-07                    | 1.48E-07 | 8.55E-08 | 4.26E-08 | 3.90E-08 | 2.19E-08 | 1.02E-08 | 4.46E-09 |  |
| MO-SC9-DH  | SH2                               | 16.20-16.80 |                             | 1.92E-08 | 1.15E-08 | 3.49E-09 | 2.01E-09 | 1.27E-09 | 6.68E-10 | 3.80E-10 |  |
| MO-SC9-DH  | SH3                               | 26.60-27.20 |                             | 1.04E-08 | 6.82E-09 | 4.76E-09 | 3.66E-09 | 1.62E-09 | 1.36E-09 | 7.61E-10 |  |
| MO-SC9-DH  | SH4                               | 36.40-37.00 |                             | 7.46E-09 | 6.29E-09 | 4.43E-09 | 2.85E-09 | 1.63E-09 | 8.58E-10 | 4.19E-10 |  |
| MO-SC9-DH  | SH5                               | 46.60-47.10 |                             | 1.73E-08 | 7.41E-09 | 5.63E-09 | 4.42E-09 | 2.93E-09 | 1.68E-09 | 8.71E-10 |  |
| MO-SC10-PZ | SH1                               | 8.80-9.40   | 1.61E-07                    | 1.56E-07 | 9.82E-08 | 7.44E-08 | 3.78E-08 | 8.90E-09 | 3.32E-09 | 1.15E-09 |  |
| MO-SC10-PZ | SH2                               | 17.70-18.30 |                             | 1.30E-08 | 7.03E-09 | 4.73E-09 | 2.27E-09 | 8.88E-10 | 3.66E-10 | 1.63E-10 |  |
| MO-SC10-PZ | SH3                               | 28.20-28.70 | 6.61E-08                    | 6.84E-08 | 3.97E-08 | 3.67E-08 | 2.67E-08 | 1.34E-08 | 5.40E-09 | 3.17E-09 |  |
| MO-SC10-PZ | SH4                               | 38.70-39.20 | 1.48E-08                    | 7.44E-09 | 5.11E-09 | 4.38E-09 | 3.39E-09 | 2.87E-09 | 1.43E-09 | 6.81E-10 |  |
| MO-SC10-PZ | SH5                               | 47.20-47.80 |                             | 7.84E-08 | 2.02E-08 | 1.64E-08 | 1.08E-08 | 5.83E-09 | 4.99E-10 | 3.45E-10 |  |
| MO-SC11-DH | SH1                               | 6.00-6.60   |                             | 1.22E-08 |          |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC11-DH | SH2                               | 9.00-9.60   |                             |          | 1.31E-08 |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH1                               | 3.50-4.10   |                             | 3.15E-08 |          |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH2                               | 10.50-11.10 |                             |          | 5.10E-08 |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC12-PZ | SH3                               | 30.00-30.60 |                             |          |          | 1.34E-08 |          |          |          |          |  |
| MO-SC13-PZ | SH1                               | 7.30-7.80   | 2.40E-07                    | 1.94E-07 | 1.48E-07 | 7.63E-08 | 3.66E-08 | 1.24E-08 | 3.02E-09 | 6.37E-10 |  |
| MO-SC13-PZ | SH2                               | 16.50-17.00 | 2.59E-08                    | 2.16E-08 | 1.72E-08 | 1.09E-08 | 6.77E-09 | 3.44E-09 | 1.61E-09 | 6.68E-10 |  |
| MO-SC13-PZ | SH3                               | 24.00-24.50 | 1.06E-08                    | 7.06E-09 | 6.38E-09 | 4.86E-09 | 2.72E-09 | 1.41E-09 | 7.04E-10 | 3.88E-10 |  |
| MO-SC13-PZ | SH4                               | 34.30-34.90 | 7.54E-08                    | 6.30E-08 | 5.00E-08 | 2.73E-08 | 1.54E-08 | 8.26E-09 | 4.51E-09 | 1.08E-09 |  |
| MO-SC13-PZ | SH5                               | 44.50-45.00 | 8.99E-08                    | 6.69E-08 | 4.33E-08 | 1.95E-08 | 1.21E-08 | 6.03E-09 | 2.03E-09 | 1.09E-09 |  |
| MO-SC14-DH | SH1                               | 9.00-9.60   | 8.26E-08                    | 8.51E-08 | 4.95E-08 | 3.77E-08 | 1.89E-08 | 1.07E-09 | 7.49E-10 | 2.99E-10 |  |
| MO-SC14-DH | SH2                               | 17.80-18.40 | 1.73E-08                    | 1.67E-08 | 1.34E-08 | 7.12E-09 | 5.15E-09 | 2.85E-09 | 1.44E-09 | 7.84E-10 |  |
| MO-SC14-DH | SH3                               | 30.80-31.40 | 2.14E-08                    | 2.18E-08 | 1.18E-08 | 6.63E-09 | 3.56E-09 | 1.66E-09 | 8.54E-10 | 5.16E-10 |  |
| MO-SC14-DH | SH4                               | 39.00-39.60 |                             | 6.42E-08 | 5.38E-08 | 2.67E-08 | 6.76E-09 | 2.73E-09 | 1.33E-09 | 5.71E-10 |  |
| MO-SC14-DH | SH5                               | 49.00-49.60 |                             | 5.29E-08 | 4.14E-08 | 2.84E-08 | 7.33E-09 | 2.68E-09 | 1.79E-09 | 8.53E-10 |  |
| MO-SC16-DH | SH1                               | 3.00-3.60   | 2.12E-07                    | 1.17E-07 | 6.34E-08 | 4.27E-08 | 2.85E-08 | 1.41E-08 | 7.88E-09 | 4.02E-09 |  |
| MO-SC16-DH | SH2                               | 8.00-8.60   | 3.87E-07                    | 2.65E-07 | 9.45E-08 | 5.97E-08 | 2.87E-08 | 1.66E-08 | 8.85E-09 | 6.23E-09 |  |
| MO-SC16-DH | SH3                               | 23.80-24.40 | 2.43E-08                    | 1.90E-08 | 1.53E-08 | 9.47E-09 | 4.33E-09 | 2.06E-09 | 8.55E-10 | 7.34E-10 |  |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | <i>Progetto definitivo</i> |

| Sondaggio  | Campione<br>(CR / SH-OS<br>(SPT)) | Prof. (m)   | Edometria                   |          |          |          |          |          |          |          |  |
|------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
|            |                                   |             | K (cm/s) (Permeabilità)     |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | Intervalli di carico in Kpa |          |          |          |          |          |          |          |  |
|            |                                   |             | 25.0                        | 49.0     | 98.0     | 196.0    | 392.0    | 785.0    | 1569.0   | 3138.0   |  |
| MO-SC16-DH | SH4                               | 35.80-36.40 | 1.07E-07                    | 8.95E-08 | 5.90E-08 | 3.42E-08 | 8.65E-09 | 4.36E-09 | 2.56E-09 | 1.05E-09 |  |
| MO-SC17-PZ | SH1                               | 5.90-6.50   | 2.09E-07                    | 2.03E-07 | 1.38E-07 | 9.14E-08 | 4.86E-08 | 8.60E-09 | 2.95E-09 | 1.11E-09 |  |
| MO-SC17-PZ | SH2                               | 17.60-18.20 | 1.25E-08                    | 9.59E-09 | 9.37E-09 | 5.05E-09 | 3.14E-09 | 1.97E-09 | 1.75E-09 | 5.00E-10 |  |
| MO-SC17-PZ | SH3                               | 29.45-30.00 | 1.91E-07                    | 8.23E-08 | 4.49E-08 | 2.26E-08 | 1.26E-08 | 5.19E-09 | 2.12E-09 | 7.28E-10 |  |
| MO-SC17-PZ | SH4                               | 37.30-37.90 | 3.68E-07                    | 2.74E-07 | 1.94E-07 | 1.14E-08 | 1.26E-08 | 6.77E-09 | 5.61E-09 | 2.51E-09 |  |
| MO-SC22-DH | SH1                               | 5.00-5.50   |                             |          |          | 2.22E-07 | 1.75E-07 | 6.75E-08 |          |          |  |
| MO-SC29-PZ | SH2                               | 19.40-20.00 |                             |          |          | 2.52E-08 |          |          |          |          |  |
| MO-SC29-PZ | SH4                               | 39.50-40.00 |                             |          |          |          | 2.96E-09 |          |          |          |  |
| MO-SC30-DH | SH1                               | 9.50-10.00  |                             |          | 7.67E-08 |          |          |          |          |          |  |
| MO-SC30-DH | SH3                               | 27.50-28.00 |                             |          |          | 5.60E-09 |          |          |          |          |  |
| MO-SC31-DH | OS2                               | 18.00-18.50 |                             |          |          |          | 5.44E-08 | 2.08E-08 | 1.15E-08 |          |  |
| MO-SC31-DH | SH4                               | 35.50-36.10 |                             |          |          | 1.65E-07 | 4.38E-08 | 2.10E-08 | 1.04E-08 |          |  |
| MO-SC32-PZ | OS1                               | 7.00-7.60   |                             |          | 1.37E-08 | 9.34E-09 | 4.79E-09 | 2.66E-09 | 1.92E-09 |          |  |
| MO-SC32-PZ | OS2                               | 25.30-25.90 |                             |          | 4.67E-07 | 3.16E-07 | 1.43E-07 | 1.01E-07 | 5.47E-08 |          |  |
| MO-SC32-PZ | OS3                               | 43.00-43.60 |                             |          | 1.48E-08 | 1.40E-08 | 9.70E-09 | 5.04E-09 | 2.57E-09 |          |  |
| MO-SC33-PZ | OS1                               | 5.50-6.10   | 2.09E-07                    | 2.24E-07 | 1.28E-07 | 9.06E-08 | 7.01E-08 | 3.10E-08 | 1.79E-08 |          |  |
| MO-SC33-PZ | SH2                               | 28.00-28.60 |                             |          | 4.72E-08 | 1.63E-08 | 9.77E-09 | 4.78E-09 | 2.59E-09 |          |  |
| MO-SC34-DH | OS2                               | 27.00-27.50 |                             |          |          |          | 2.31E-08 | 6.66E-09 | 3.68E-09 |          |  |

TAB. 14 – RISULTATI DELLE PROVE EDMETRICHE (PERMEABILITÀ)

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 46 di 143 |

#### 4 MODELLO GEOLOGICO

Le indagini pregresse e di nuova esecuzione hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio.

In particolare, alla luce di quanto emerso nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, si sono potute redigere le sezioni, in scala L=1:5.000 H=1:500, raffigurate negli elaborati ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 dello studio geologico.

I dati delle indagini sono stati correlati nelle sezioni utilizzando 7 differenti classi di terreni:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie
2. Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli
3. Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi
4. Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi
5. Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi
6. Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe
7. Rilevato autostradale esistente

Dalla lettura di questi elaborati si evince che la classe più presente nel sottosuolo in esame, considerando uno spessore una cinquantina di metri, è quella dei "Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi" che domina tutta la porzione di pianura a sud della chilometrica 292.


In questo tratto, le altre tipologie di depositi formano solo delle lenti di dimensioni variabili.

Quelle di "Depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" e di "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli" si trovano solo nel settore più meridionale a rappresentare le diramazioni più avanzate della conoide del fiume Secchia.

Per quanto riguarda i "Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi" un importante livello, spesso quasi 20 m, è stato rappresentato tra la chilometrica 309 e la chilometrica 310.

Da segnalare è anche la lente di "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe", dunque, con caratteristiche geotecniche scadenti, che domina il primo sottosuolo tra le chilometriche 297 e 300.

Differente è, invece, l'assetto litostratigrafico del settore più settentrionale, a nord della chilometrica 292, dove si nota che, a partire da una profondità variabile, compresa tra i 7 e i 17 m dal piano d'indagine, si incontra un potente banco, pluridecametrico di "Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi", riconducibile alla sedimentazione del fiume Po, quando scorreva molto più a sud rispetto all'attuale posizione.

|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 47 di 143 |



## 5 ELABORAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI IN SITU

Le indagini effettuate, descritte nel capitolo 2, oltre a consentire di determinare la successione litostratimetrica dell'area oggetto di studio, hanno permesso di dedurre i parametri geotecnici.

A riguardo, di seguito, vengono descritte le correlazioni semi-empiriche utilizzate, che gli scriventi hanno individuato come più affidabili nel contesto geologico in esame, tenuto conto anche dei risultati delle analisi di laboratorio, di cui al capitolo 3, che sono servite per la taratura delle stesse.

Per i depositi coesivi sono stati utilizzati valori ottenuti da prove CPT e CPTU, mentre per i depositi granulari sono stati utilizzati anche valori ottenuti da prove SPT.

### 5.1 Depositi coesivi

#### 5.1.1 Coesione in condizioni non drenate

La resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ ) è stata determinata dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPTU mediante la seguente equazione:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_K}$$

assumendo  $N_K=14$ , valore comunemente accettato in bibliografia per terreni simili.

#### 5.1.2 Coesione in condizioni drenate

La resistenza al taglio in condizioni drenate, o coesione efficace  $c'$ , è stata determinata facendo riferimento a quanto proposto da *Cherubini (2000)*, (*Reliability evaluation of shallow foundation bearing capacity on  $c'$ ,  $\phi'$  soils, Canadian Geotechnical Journal, 37, 264–269*), applicando la correlazione più cautelativa:

$$c' = -0.1793 \cdot \phi' + 15.21$$

#### 5.1.3 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ ) è stato stimato mediante la formula proposta da *Shioi e Fukuni (1982)*:

$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

dove il valore di  $N_{SPT}$  viene ricavato utilizzando la correlazione di *Robertson (1983)* che lo mette in relazione alla resistenza alla punta ( $R_p$ ) del penetrometro statico:

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{4.5}$$

|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 48 di 143 |

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

### 5.1.4 Modulo edometrico

In accordo alla correlazione di Mitchell e Gardner (1975) il modulo edometrico, partendo dai valori di resistenza alla punta  $R_p$ , si ottiene utilizzando la seguente espressione:

$$E_{ed} = \alpha R_p$$

dove i valori di  $\alpha$  sono riportati nella Tab. 15 ( $w_n$  = umidità naturale espressa in percentuale).

|  |                       |                    |
|--|-----------------------|--------------------|
| Argille di bassa plasticità (CL)           | $R_p < 0.7$ (MPa)     | $3 < \alpha < 8$   |
|  | $0,7 < R_p < 2$ (MPa) | $2 < \alpha < 5$   |
|  | $R_p > 2$ (MPa)       | $1 < \alpha < 2,5$ |
| Limi di bassa plasticità (ML)              | $R_p < 2$ (MPa)       | $1 < \alpha < 3$   |
|  | $R_p > 2$ (MPa)       | $3 < \alpha < 6$   |
| Limi e argille di alta plasticità (MH, CH) | $R_p < 2$ (MPa)       | $2 < \alpha < 6$   |
| Limi organici (OL)                         | $R_p < 1,2$ (MPa)     | $2 < \alpha < 8$   |
| Torba e argilla organica (Pt, OH)          | $50 < w_n < 100$      | $1,5 < \alpha < 4$ |
|  | $100 < w_n < 200$     | $1 < \alpha < 1,5$ |
|  | $w_n > 200$           | $0,4 < \alpha < 1$ |

TAB. 15 – CORRELAZIONE DI MITCHELL E GARDNER (1975)

## 5.2 Depositi granulari

### 5.2.1 Angolo di resistenza al taglio

Per i depositi granulari l'angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ ) è stato stimato mediante la formule proposta da Shioi e Fukuni, *Road Bridge Specification* (1982):


$$\phi' = 27 + 0.3 * N_{spt}$$

dove il valore di  $N_{spt}$  viene ricavato utilizzando la correlazione di Robertson (1983) che lo mette in relazione alla resistenza alla punta ( $R_p$ ) del penetrometro statico:

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{4.5}$$

### 5.2.2 Modulo elastico

Il valore del modulo elastico  $E$  è stato ricavato mediante la relazione proposta da Schmertmann (1970,1978), partendo dalla resistenza alla punta  $R_p$  (prove CPT e CPTU):

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 49 di 143 |


|   |                            |
|---|----------------------------|
| <i>PROGETTO</i>   | <i>LIVELLO</i>             |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i> | <i>Progetto definitivo</i> |

$$E=2.5 \cdot R_p$$

con il modulo elastico espresso in Kg/cm<sup>2</sup>.

Il modulo elastico E (di Young), è stato ricavato anche dalle prove SPT, per i soli terreni costituiti da ghiaie e sabbie, tramite la relazione proposta da D'Apollonia et alii:

$$E = 7.71 \cdot N_{SPT} + 191$$

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 50 di 143 |

## 6 MODELLO GEOTECNICO

Partendo dagli accorpamenti litologici rappresentati negli elaborati ER-GE.4.1, ER-GE.4.2, ER-GE.4.3, ER-GE.4.4 è stato possibile individuare il modello geotecnico dei terreni di fondazione, in asse all'A22, rappresentato graficamente, sempre in scala L=1:5.000 H=1:500, negli elaborati ER-GT.2.1, ER-GT.2.2, ER-GT.2.3, ER-GT.2.4.

Anche in queste tavole, le singole indagini sono state posizionate in relazione dell'ubicazione planimetrica fornita, determinandone la quota di inizio sulla base dei dati altimetrici al contorno.

Sotto ogni sezione sono rappresentate le distanze, progressive e parziali, e la quota del terreno sul livello del mare (s.l.m.).

Per ogni sondaggio sono indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stato realizzato
- se è stato o meno traslato dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)
- l'eventuale effettuazione di campionamenti, indisturbati, rimaneggiati e/o di prove SPT
- il livello massimo raggiunto dalla falda
- se è stato attrezzato con un piezometro a tubo aperto, rappresentando il tratto fenestrato

Inoltre, è stata raffigurata la successione litostratimetrica incontrata, distinguendo le seguenti classi:

- R = materiale di riporto
- V = terreno vegetale
- C = ciottoli
- G = ghiaia
- S = sabbia
- L = limo
- A = argilla
- T = torba
- ASF = asfalto
- O = materiale organico

e seguenti condizioni di copresenza o alternanza:

- XY = deposito misto con parti uguali di X e di Y
- X-Y = deposito misto con X molto più abbondante di Y

|  |                                |             |      |           |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 51 di 143 |

- $X/Y$  = alternanze paritetiche di X e Y

e rappresentando, sulla colonna stratigrafica, le profondità (in m) sia dei cambi litologici che dei multipli di 5 m.

Anche per le prove penetrometriche sono stati indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stata realizzata
- se è stata o meno traslata dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)

Inoltre sono rappresentati i grafici, al variare della profondità, rispettivamente:

- della sola resistenza alla punta,  $R_p$  (MPa), per le prove penetrometriche statiche con punta meccanica
- della resistenza alla punta,  $R_p$  (MPa), e della pressione interstiziale dei pori,  $u$  (MPa), per le prove penetrometriche statiche con punta elettrica dotata piezocono

Nel modello geotecnico i parametri relativi a ciascun orizzonte, sono espressi sia indicandone i valori medi sia quelli caratteristici (da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche, in ottemperanza alle N.T.C. 01/2008).

Il valore caratteristico della coesione non drenata, della coesione efficace e dei parametri di deformabilità, è stato valutato come il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando una distribuzione log-normale.

Per l'angolo di attrito interno il valore caratteristico è sempre riferito al 5° percentile della distribuzione del campione utilizzando però una distribuzione gaussiana (normale).

A titolo esemplificativo delle elaborazioni effettuate, in Fig. 2, si riporta la curva di distribuzione dei valori del modulo elastico dei terreni sabbioso ghiaiosi dell'Orizzonte B.

In tale esempio a fronte di un parametro caratteristico calcolato di  $E=94.35$  kPa, il margine di errore, considerato l'insieme dei dati disponibili, risulta pari a circa 0.41 kPa, con un intervallo di confidenza pari al 95%.

Tali elaborazioni sono state effettuate per tutti i parametri geotecnici per ciascun orizzonte individuato.

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 52 di 143 |

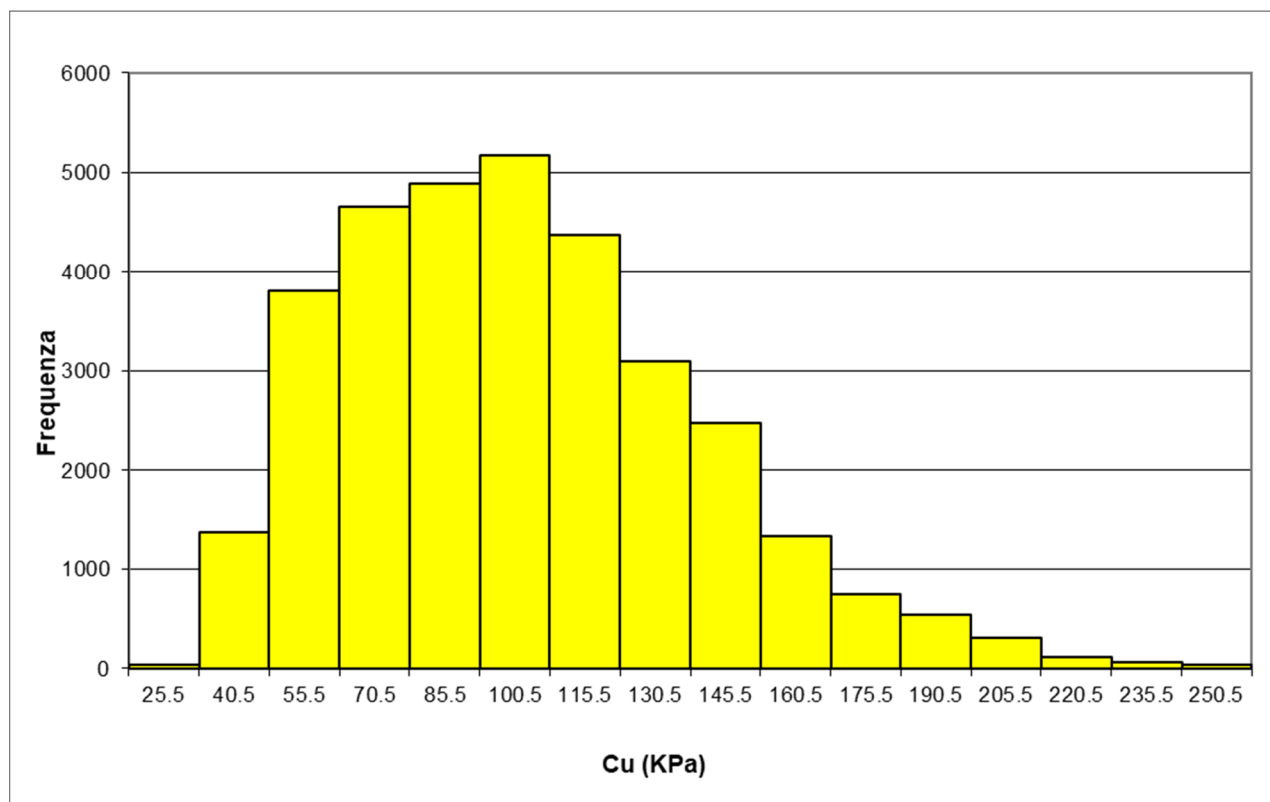


FIG. 2 - DISTRIBUZIONE LOGNORMALE DELLA COESIONE NON DRENATA DELL'ORIZZONTE D

La modellazione geotecnica effettuata nel presente studio ha previsto la distinzione degli orizzonti descritti nei seguenti paragrafi.

### 6.1 Orizzonte A

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
  - peso specifico  $\gamma = 21.00 \text{ kN/m}^3$
  - angolo d'attrito:
    - valore caratteristico  $\varphi'_k = 40.60^\circ$
    - valore medio  $\varphi'_m = 41.10^\circ$
  - modulo elastico:
    - valore caratteristico:  $E_{y_k} = 49.04 \text{ MPa}$
    - valore medio:  $E_{y_m} = 50.50 \text{ MPa}$

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 53 di 143 |

## 6.2 Orizzonte B

- Comportamento: granulare
- Parametri geotecnici:
  - peso specifico  $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$
  - angolo d'attrito:
    - valore caratteristico  $\varphi'_k = 32.40^\circ$
    - valore medio  $\varphi'_m = 32.53^\circ$
  - modulo elastico:
    - valore caratteristico:  $E_{y_k} = 18.82 \text{ MPa}$
    - valore medio:  $E_{y_m} = 18.84 \text{ MPa}$

## 6.3 Orizzonte C

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
  - peso specifico  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
  - coesione non drenata:
    - valore caratteristico  $C_{u_k} = 97.03 \text{ kPa}$
    - valore medio  $C_{u_m} = 98.02 \text{ kPa}$
  - coesione efficace:
    - valore caratteristico  $c'_k = 11.18 \text{ kPa}$
    - valore medio  $c'_m = 11.19 \text{ kPa}$
  - angolo d'attrito:
    - valore caratteristico  $\varphi'_k = 22.80^\circ$
    - valore medio  $\varphi'_m = 22.93^\circ$
  - modulo edometrico:
    - valore caratteristico:  $E_{ed_k} = 5.23 \text{ MPa}$
    - valore medio:  $E_{ed_m} = 5.30 \text{ MPa}$

|  |                                |             |      |           |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 54 di 143 |

## 6.4 Orizzonte D

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
  - peso specifico  $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
  - coesione non drenata:  
valore caratteristico  $Cu_k = 94.35 \text{ kPa}$   
valore medio  $Cu_m = 94.41 \text{ kPa}$
  - coesione efficace:  
valore caratteristico  $c'_k = 11.22 \text{ kPa}$   
valore medio  $c'_m = 11.23 \text{ kPa}$
  - angolo d'attrito:  
valore caratteristico  $\varphi'_k = 22.45^\circ$   
valore medio  $\varphi'_m = 22.47^\circ$
  - modulo edometrico:  
valore caratteristico:  $Eed_k = 5.06 \text{ MPa}$   
valore medio:  $Eed_m = 5.07 \text{ MPa}$

## 6.5 Orizzonte E

- Comportamento: coesivo
- Parametri geotecnici:
  - peso specifico  $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
  - coesione non drenata:  
valore caratteristico  $Cu_k = 79.82 \text{ kPa}$   
valore medio  $Cu_m = 80.28 \text{ kPa}$
  - coesione efficace:  
valore caratteristico  $c'_k = 11.32 \text{ kPa}$   
valore medio  $c'_m = 11.33 \text{ kPa}$
  - angolo d'attrito:  
valore caratteristico  $\varphi'_k = 21.75^\circ$   
valore medio  $\varphi'_m = 21.80^\circ$
  - modulo edometrico:

|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 55 di 143 |



|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | <i>Progetto definitivo</i> |

valore caratteristico:  $Eed_k = 4.52 \text{ MPa}$

valore medio:  $Eed_m = 4.55 \text{ MPa}$

Nel modello geotecnico sono stati raffigurati anche il rilevato autostradale esistente e il livello di inviluppo dei massimi di falda che rappresenta sempre i livelli più alti tra quelli indicati nello studio a supporto del progetto definitivo e i dati considerati nel presente approfondimento.

## 6.6 Modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere antirumore


La schematizzazione per orizzonti omogenei effettuata nel paragrafo precedente tiene conto di tutti i dati sia di campagna che di laboratorio che interessano l'orizzonte, identificato con criteri litostratimetrici.

È evidente che localmente vi possono essere delle variazioni, rispetto ai parametri medi, che rivestono particolare importanza per la progettazione esecutiva delle opere, con particolare riferimento alle barriere antirumore.

Per questo motivo, nel presente paragrafo verranno specificati i modelli geotecnici di dettaglio per i tratti interessati dalle barriere.

Di seguito per ciascun tratto viene proposta una tabella riepilogativa dei parametri da adottare. La tabella è stata redatta tenendo conto della successione stratigrafica riprodotta nelle tavole del modello geotecnico (riportata in stralcio anche nella figura seguente alla tabella) indicando, per ciascun orizzonte, la profondità da piano campagna del tetto e della base dell'orizzonte stesso.

Quando necessario ciascun orizzonte è stato suddiviso in più suborizzonti che mantengono la denominazione, ma acquisiscono una numerazione progressiva.

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 56 di 143 |

6.6.1 Tratto Km 285+300-285+500

| Orizzonte | tipo      | da<br>m   | a<br>m    | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$ k<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| B         | Granulare | p.c.      | 2.10      | 20.0                          | 28.5           | 0         | -                     | 6.9                   |                        |
| D         | Coesivo   | 2.10      | 4.30/8.50 | 18.5                          | 22.5           | 14        | 60                    |                       | 7.1                    |
| E         | Coesivo   | 4.30      | 8.50      | 18.5                          | 21.0           | 11        | 30                    |                       | 3.2                    |
| B1        | Granulare | 6.00/8.50 | 25.00     | 20.0                          | 32.4           | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |

TAB. 16 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

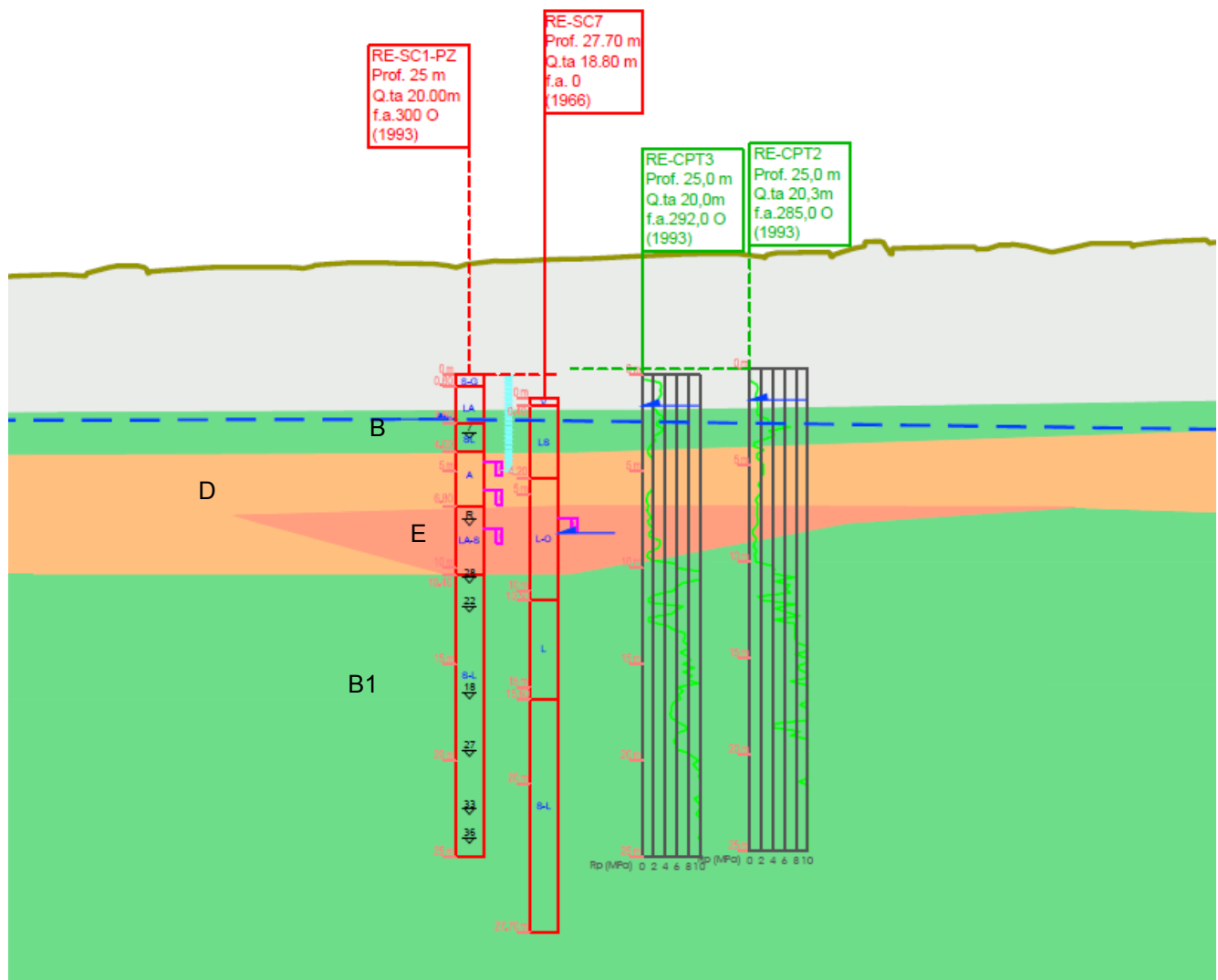


FIG. 3 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.2 Tratto Km 286+200-287+700

| Orizzonte | tipo      | da<br>m     | a<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$ k<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|-------------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| B         | Granulare | p.c.        | 1.80   | 20.0                          | 28.5           | 0         | -                     | 6.9                   | -                      |
| D         | Coesivo   | p.c./1.80   | 6.60   | 18.5                          | 22.5           | 10        | 90                    | -                     | 5.5                    |
| D1        | Coesivo   | 6.60        | 10.10  | 18.5                          | 21.5           | 14        | 60                    | -                     | 4.0                    |
| D2        | Coesivo   | 10.10       | 15.20  | 19.0                          | 26.0           | 10        | 110                   | -                     | 6.0                    |
| D3        | Coesivo   | 15.20       | 19.50  | 18.5                          | 21.0           | 10        | 50                    | -                     | 3.7                    |
| C         | Coesivo   | 4.90        | 11.00  | 19.0                          | 22.8           | 11        | 97                    | -                     | 5.2                    |
| B1        | Granulare | 11.00/19.50 | 30.00  | 20.0                          | 32.4           | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |

TAB. 17 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

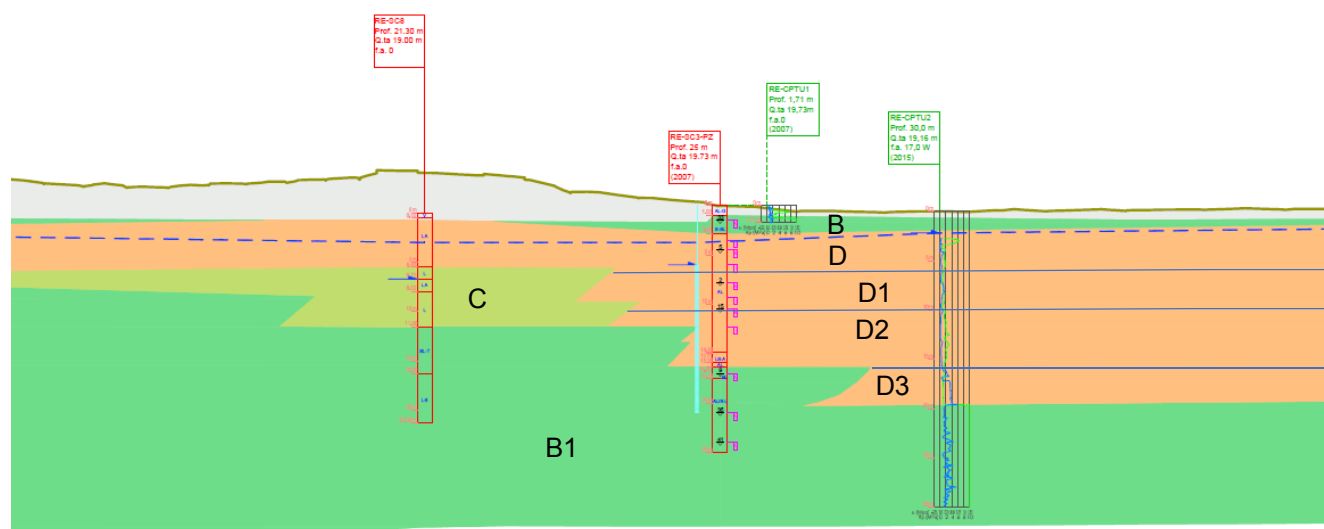


FIG. 4 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.3 Tratto Km 287+850-288+800

| Orizzonte | tipo      | da          | a     | $\gamma$          | $\phi'$ k | c'  | $c_u$ | Ey   | Eed |
|-----------|-----------|-------------|-------|-------------------|-----------|-----|-------|------|-----|
|           |           | m           | m     | kN/m <sup>3</sup> | °         | kPa | kPa   | Mpa  | Mpa |
| C         | Coesivo   | p.c.        | 15.80 | 19.0              | 22.8      | 11  | 97    | -    | 5.2 |
| E         | Coesivo   | 2.80        | 3.90  | 18.5              | 21.5      | 10  | 50    | -    | 3.5 |
| D         | Coesivo   | p.c.        | 6.00  | 18.5              | 22.5      | 10  | 90    | -    | 3.5 |
| D1        | Coesivo   | 7.20        | 13.10 | 19.0              | 26.0      | 10  | 110   | -    | 6.0 |
| B         | Granulare | 11.00/19.50 | 30.00 | 20.0              | 32.4      | 0   | -     | 18.8 | -   |

TAB. 18 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

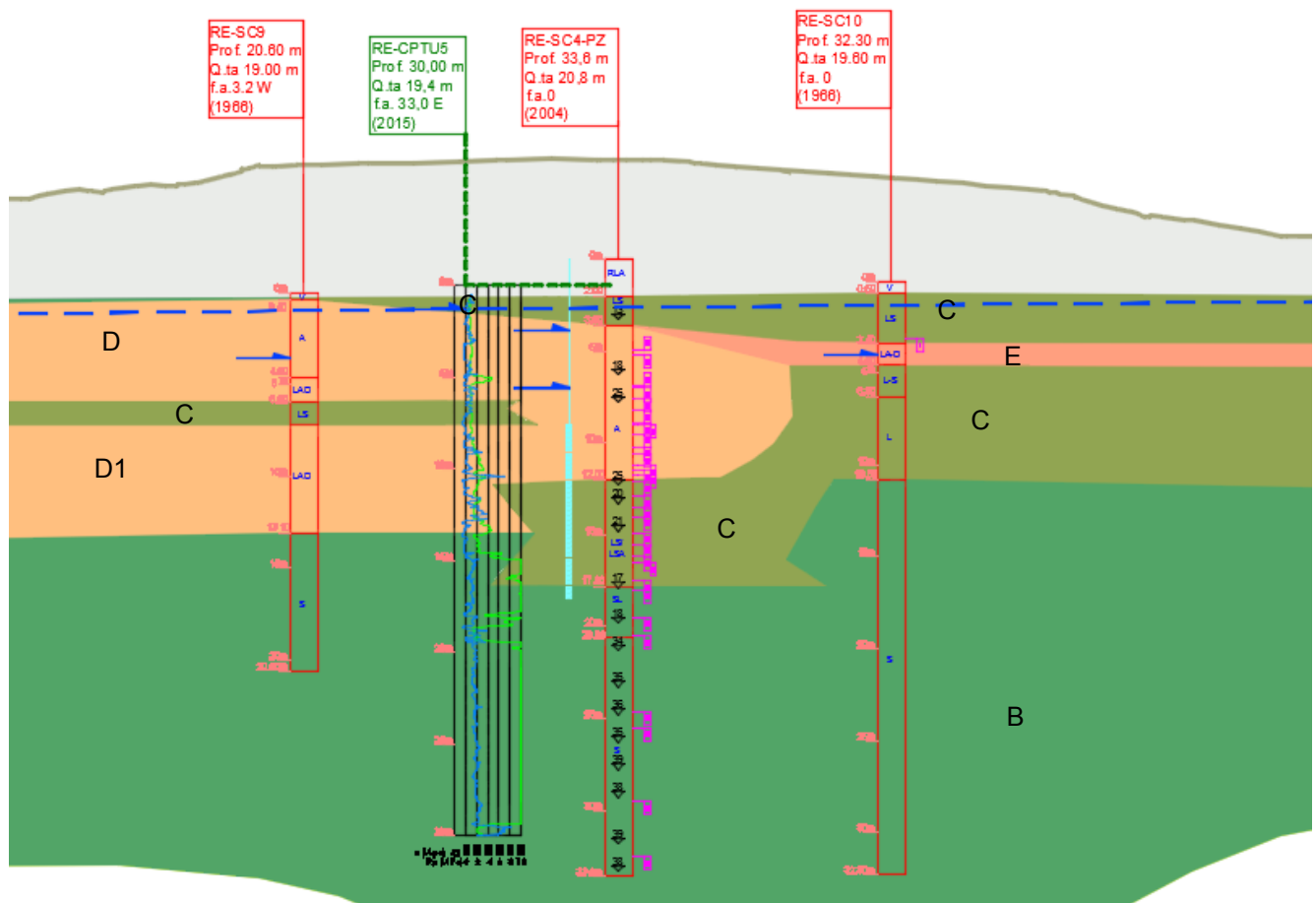


FIG. 5 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.4 Tratto Km 288+800-290+100

| Orizzonte | tipo      | da<br>m | a<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|---------|--------|-------------------------------|--------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| C         | Coesivo   | p.c.    | 2.50   | 19.0                          | 22.8         | 11        | 97                    | -                     | 5.2                    |
| E         | Coesivo   | p.c.    | 2.50   | 18.5                          | 20.5         | 10        | 25                    | -                     | 2.5                    |
| E1        | Coesivo   | 2.50    | 6.00   | 18.5                          | 21.5         | 10        | 50                    | -                     | 3.5                    |
| C1        | Coesivo   | 6.00    | 12.00  | 18.5                          | 22.5         | 10        | 90                    | -                     | 5.5                    |
| B         | Granulare | 12.00   | 22.00  | 20.0                          | 32.4         | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |

TAB. 19 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

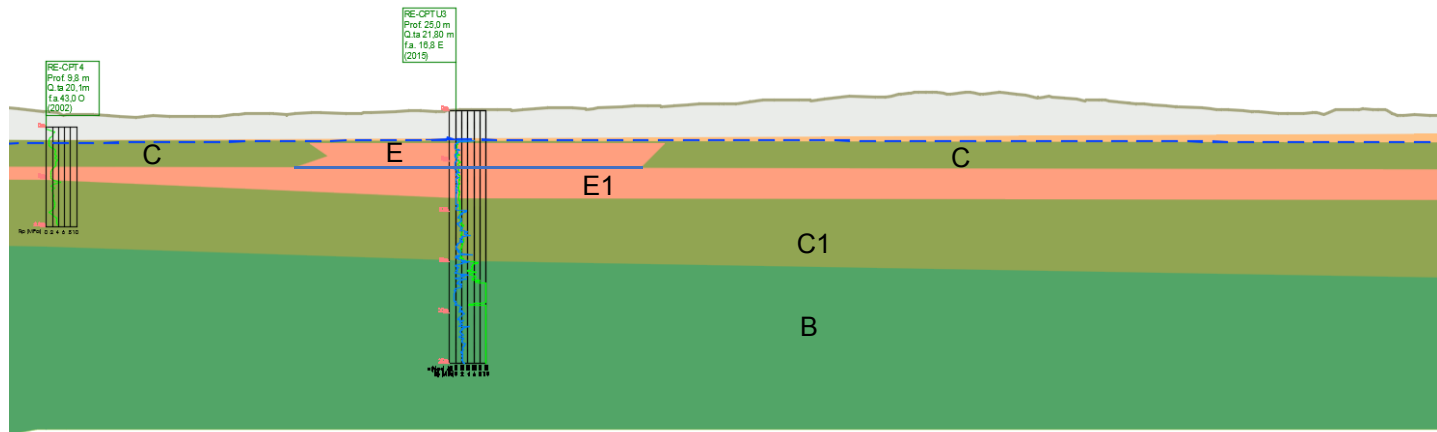


FIG. 6 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.5 Tratto Km 290+500-291+500

| Orizzonte | tipo      | da<br>m | a<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$ k<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|---------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| D         | Coesivo   | p.c.    | 12.00  | 18.5                          | 20.9           | 3.6       | 45                    | -                     | 4.5                    |
| C         | Coesivo   | 1.50    | 4.20   | 19.0                          | 22.8           | 11        | 97                    | -                     | 5.2                    |
| E         | Coesivo   | 4.20    | 7.50   | 18.5                          | 20.5           | 10        | 25                    | -                     | 2.5                    |
| C1        | Coesivo   | 7.50    | 13.50  | 18.5                          | 22.5           | 10        | 90                    | -                     | 5.5                    |
| B         | Granulare | 7.50    | 25.00  | 20.0                          | 32.4           | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |

TAB. 20 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

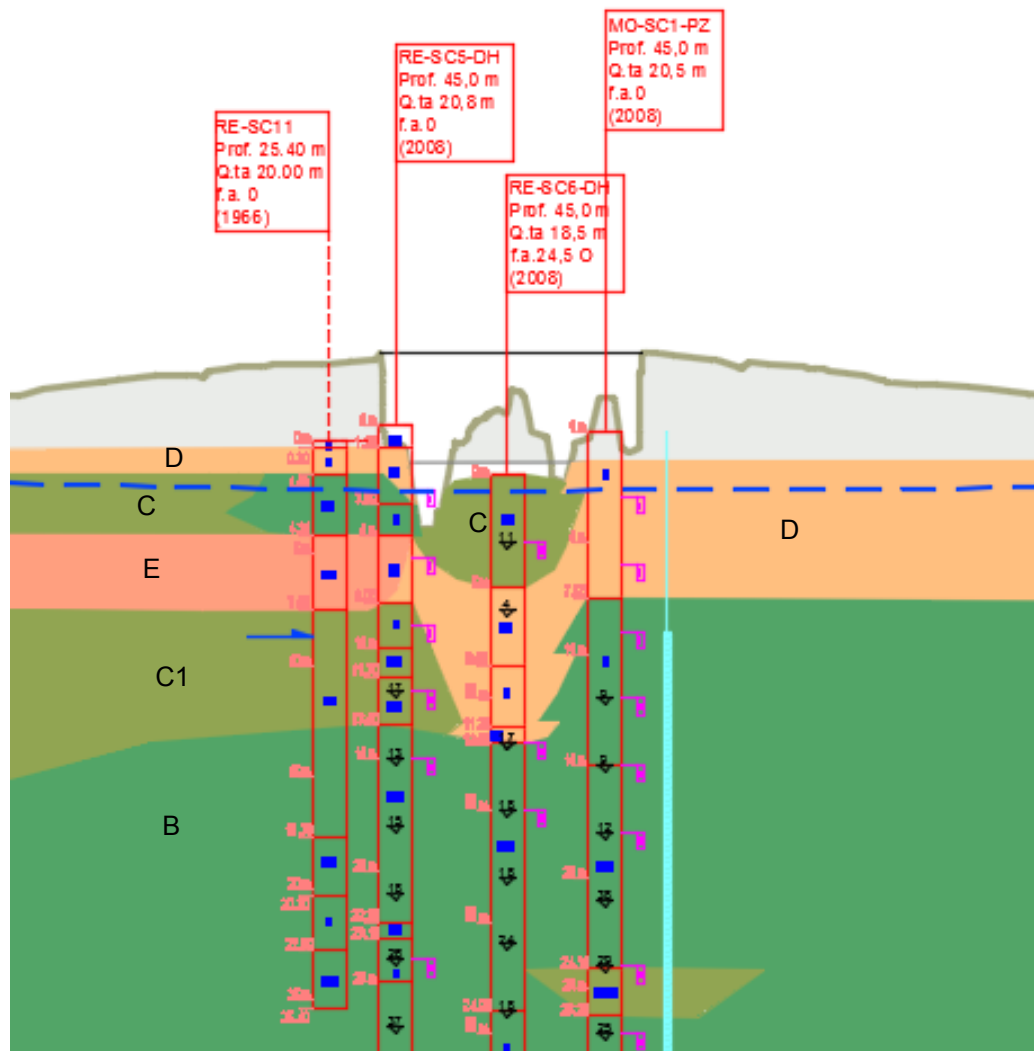


FIG. 7 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

### 6.6.6 Tratto Km 293+850-296+100

| Orizzonte | tipo      | da<br>m     | a<br>m      | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$<br>° | $c'$<br>kPa | $c_u$<br>kPa | $E_y$<br>Mpa | $E_{ed}$<br>Mpa |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| D         | Coesivo   | p.c.        | 5.50        | 18.5                          | 21.5         | 10          | 75           | -            | 4.5             |
| D1        | Coesivo   | 5.50        | 15.00/17.00 | 19.0                          | 24.0         | 11          | 110          | -            | 6.0             |
| D2        | Coesivo   | 15.00/17.00 | 22.00       | 19.0                          | 22.5         | 10          | 90           | -            | 5.5             |
| D3        | Coesivo   | 22.00       | 25.00       | 19.0                          | 25.5         | 10          | 140          | -            | 7.0             |
| E         | Coesivo   | 14.30       | 21.50       | 18.5                          | 22.5         | 10          | 90           | -            | 5.5             |
| B         | Granulare | 19.00       | 24.00       | 21.00                         | 32.4         | 0           | -            | 18.8         | -               |

TAB. 21 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

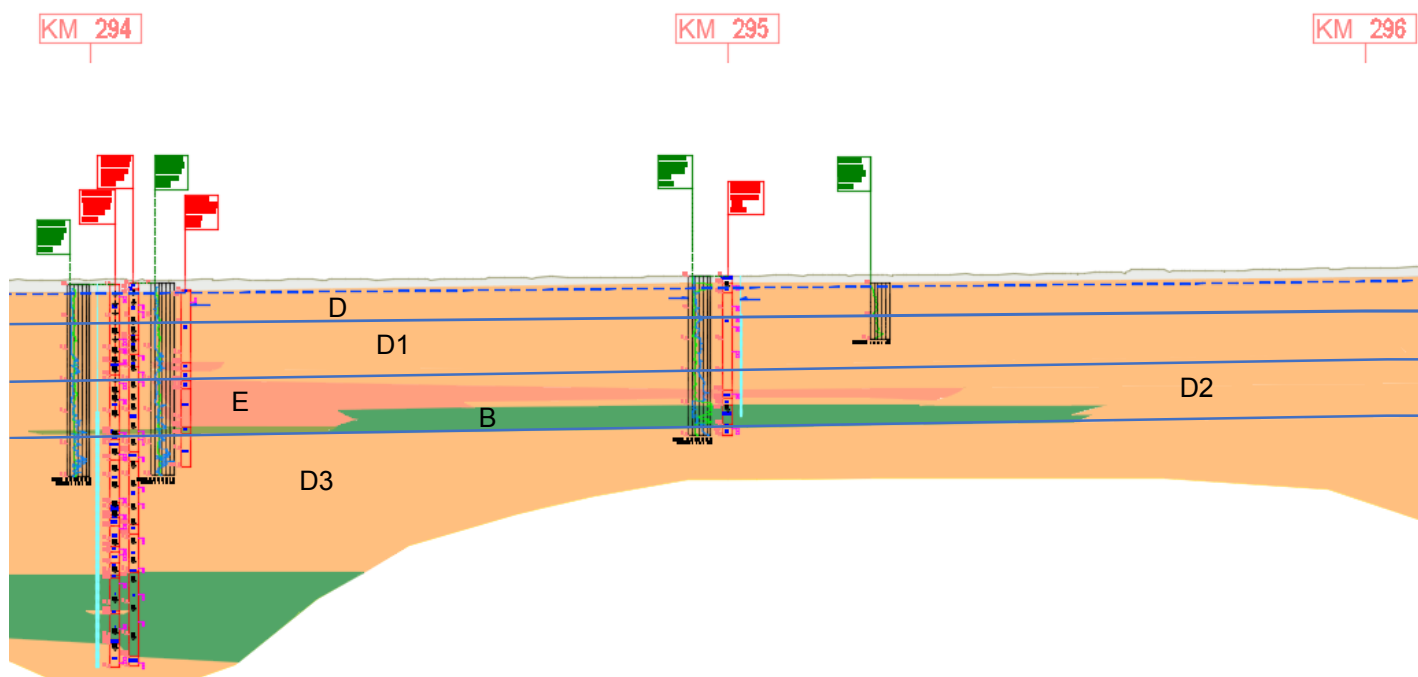



FIG. 8 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 62 di 143 |

6.6.7 Tratto Km 296+550-298+000

| Orizzonte | tipo      | da<br>m | a<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$ k<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|---------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| D         | Coesivo   | p.c.    | 6.00   | 18.5                          | 21.0           | 10        | 55                    | -                     | 4.0                    |
| D1        | Coesivo   | 6.00    | 22.00  | 19.0                          | 22.0           | 10        | 80                    | -                     | 4.5                    |
| D2        | Coesivo   | 22.00   | 35.00  | 19.0                          | 24.0           | 11        | 110                   | -                     | 5.0                    |
| E         | Coesivo   | p.c.    | 9.00   | 18.5                          | 21.0           | 10        | 50                    | -                     | 4.0                    |
| C         | Coesivo   | 11.00   | 14.90  | 19.5                          | 22.8           | 11        | 97                    | -                     | 5.2                    |
| B         | Granulare | 14.90   | 18.20  | 21.0                          | 32.4           | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |

TAB. 22 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

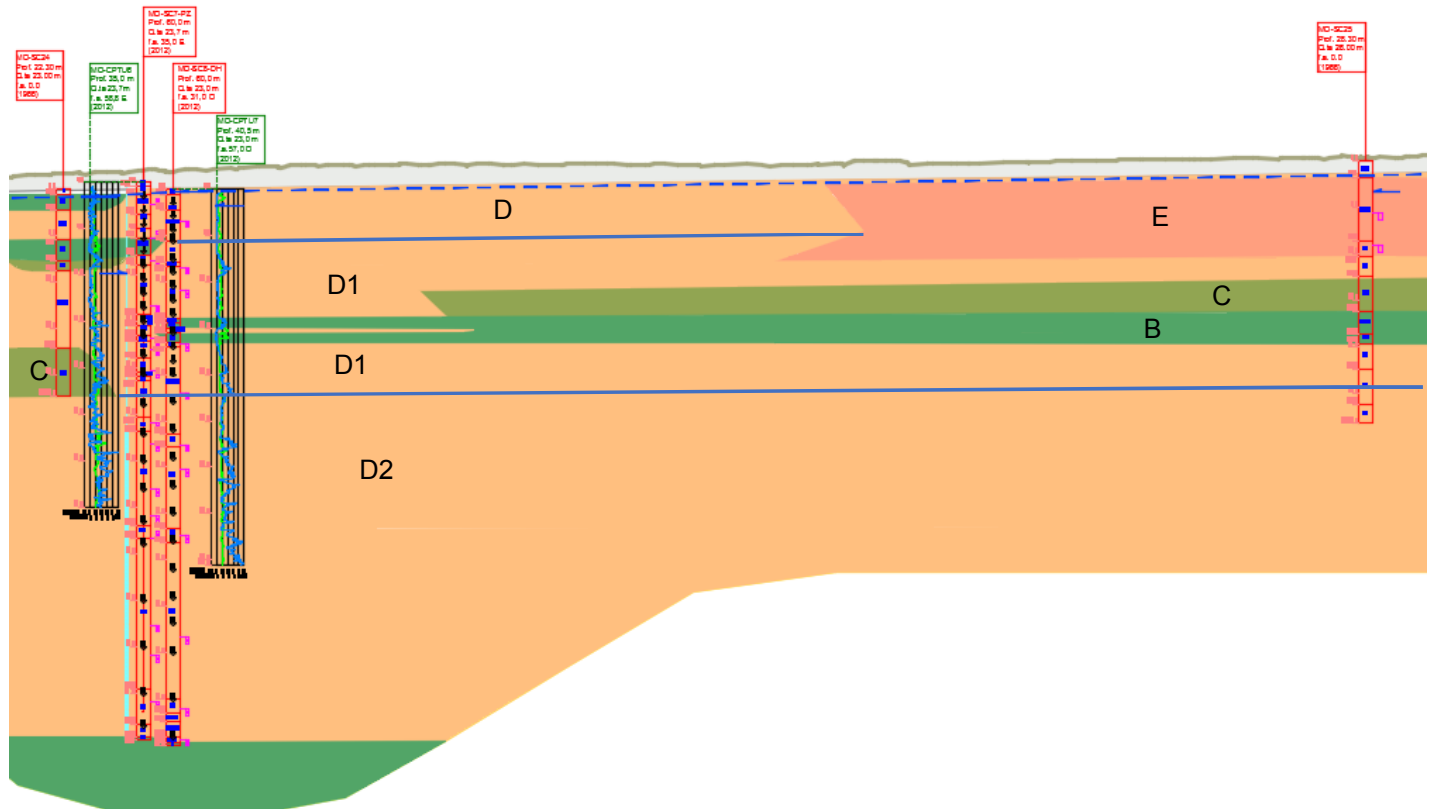


FIG. 9 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.8 Tratto Km 298+000-299+500

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 63 di 143 |



| Orizzonte | tipo      | da<br>m | a<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$ k<br>° | c'<br>kPa | c <sub>u</sub><br>kPa | E <sub>y</sub><br>Mpa | E <sub>ed</sub><br>Mpa |
|-----------|-----------|---------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| C         | Coesivo   | p.c.    | 7.00   | 18.5                          | 21.5           | 10        | 75                    | -                     | 4.5                    |
| E         | Coesivo   | p.c.    | 9.00   | 18.5                          | 21.0           | 10        | 60                    | -                     | 4.0                    |
| C1        | Coesivo   | 9.00    | 14.90  | 19.5                          | 22.8           | 11        | 97                    | -                     | 5.2                    |
| B         | Granulare | 14.90   | 18.30  | 21.0                          | 32.4           | 0         | -                     | 18.8                  | -                      |
| D         | Coesivo   | 18.30   | 35.00  | 19.0                          | 24.0           | 11        | 110                   | -                     | 5.0                    |

TAB. 23 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

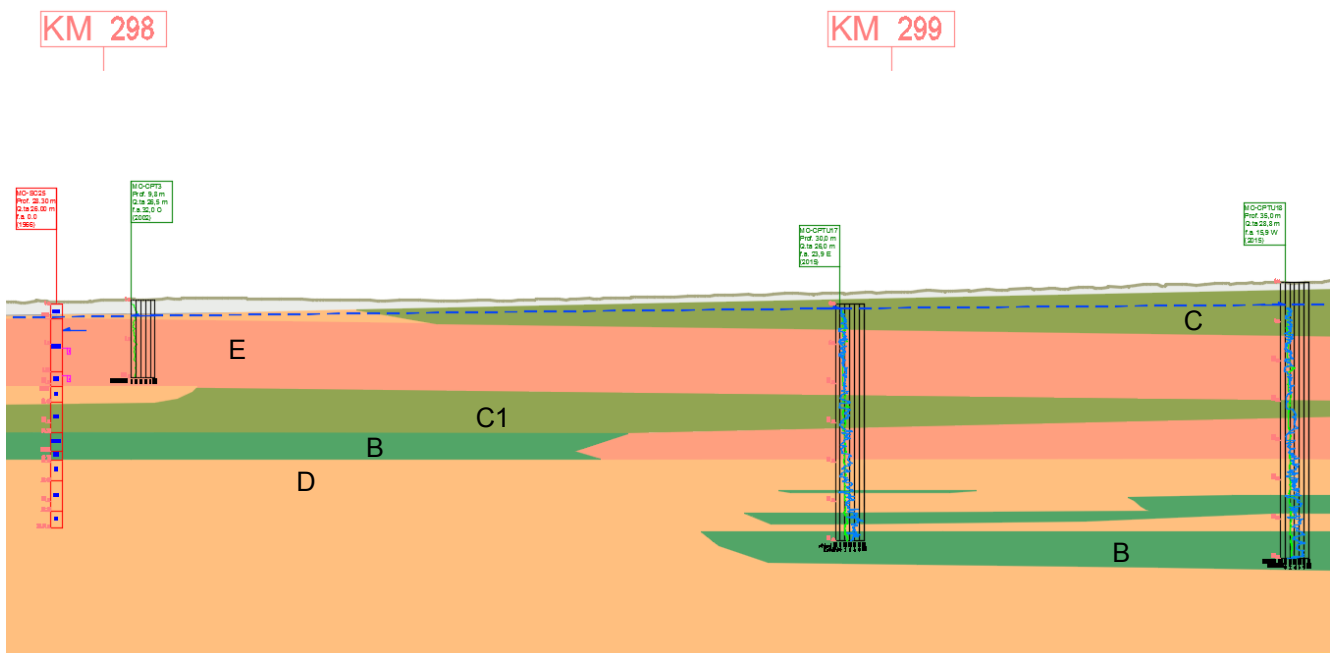


FIG. 10 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.9 Tratto Km 299+600-301+300

| Orizzonte | tipo | da | a | $\gamma$ | $\phi'$ k | c' | c <sub>u</sub> | E <sub>y</sub> | E <sub>ed</sub> |
|-----------|------|----|---|----------|-----------|----|----------------|----------------|-----------------|
|-----------|------|----|---|----------|-----------|----|----------------|----------------|-----------------|

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 64 di 143 |

|  |                |
|--|----------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b> |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br><b>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e</b><br><b>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)</b><br><b>Tratto Regione Emilia-Romagna</b> |                |
| <i>Progetto definitivo</i>   |                |

|    |           | m     | m         | kN/m <sup>3</sup> | °    | kPa | kPa | Mpa  | Mpa |
|----|-----------|-------|-----------|-------------------|------|-----|-----|------|-----|
| C  | Coesivo   | p.c.  | 3.40/6.40 | 18.5              | 21.5 | 10  | 75  | -    | 4.5 |
| E  | Coesivo   | 6.40  | 21.90     | 18.5              | 21.0 | 10  | 60  | -    | 4.0 |
| D  | Coesivo   | 3.40  | 13.00     | 18.5              | 20.5 | 10  | 50  | -    | 3.5 |
| D1 | Coesivo   | 13.00 | 24.00     | 19.0              | 22.0 | 10  | 80  | -    | 4.5 |
| D2 | Coesivo   | 24.00 | 35.00     | 19.0              | 24.0 | 11  | 110 | -    | 5.0 |
| B  | Granulare |       |           | 21.0              | 32.4 | 0   | -   | 18.8 | -   |

TAB. 24 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

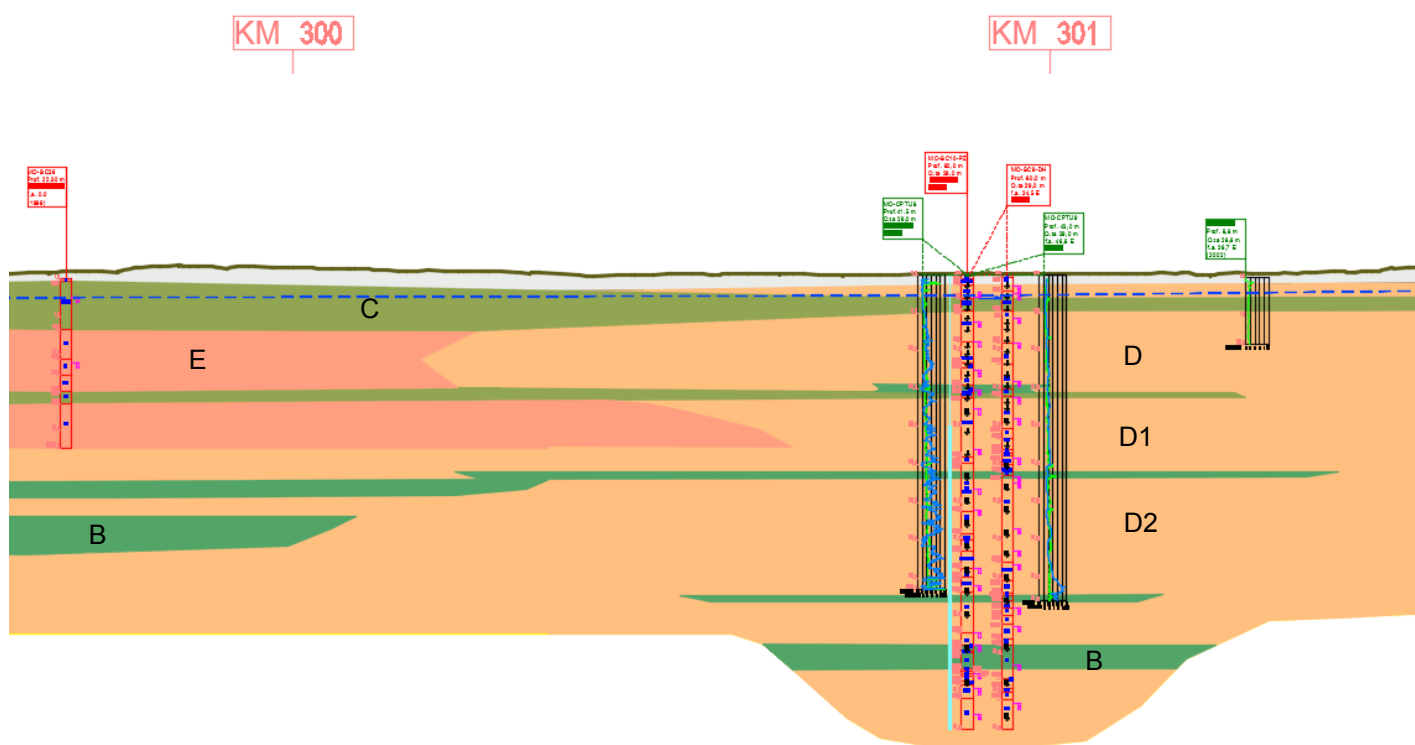



FIG. 11 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

### 6.6.10 Tratto Km 304+600-306+200

| Orizzonte | tipo | da | a | $\gamma$ | $\phi'$ k | c' | $c_u$ | $E_y$ | Eed |
|-----------|------|----|---|----------|-----------|----|-------|-------|-----|
|-----------|------|----|---|----------|-----------|----|-------|-------|-----|

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 65 di 143 |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><b>Tratto Regione Emilia-Romagna</b> | <i>Progetto definitivo</i> |

|    |           | m     | m     | kN/m <sup>3</sup> | °    | kPa | kPa | Mpa  | Mpa |
|----|-----------|-------|-------|-------------------|------|-----|-----|------|-----|
| D  | Coesivo   | p.c.  | 12.00 | 18.5              | 20.5 | 10  | 45  | -    | 3.5 |
| D1 | Coesivo   | 12.00 | 20.50 | 18.5              | 21.0 | 10  | 60  | -    | 4.0 |
| B  | Granulare | 18.50 | 20.50 | 21.0              | 32.4 | 0   | -   | 18.8 | -   |
| E  | Coesivo   | 20.50 | 25.00 | 18.5              | 20.5 | 10  | 50  | -    | 3.5 |

TAB. 25 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

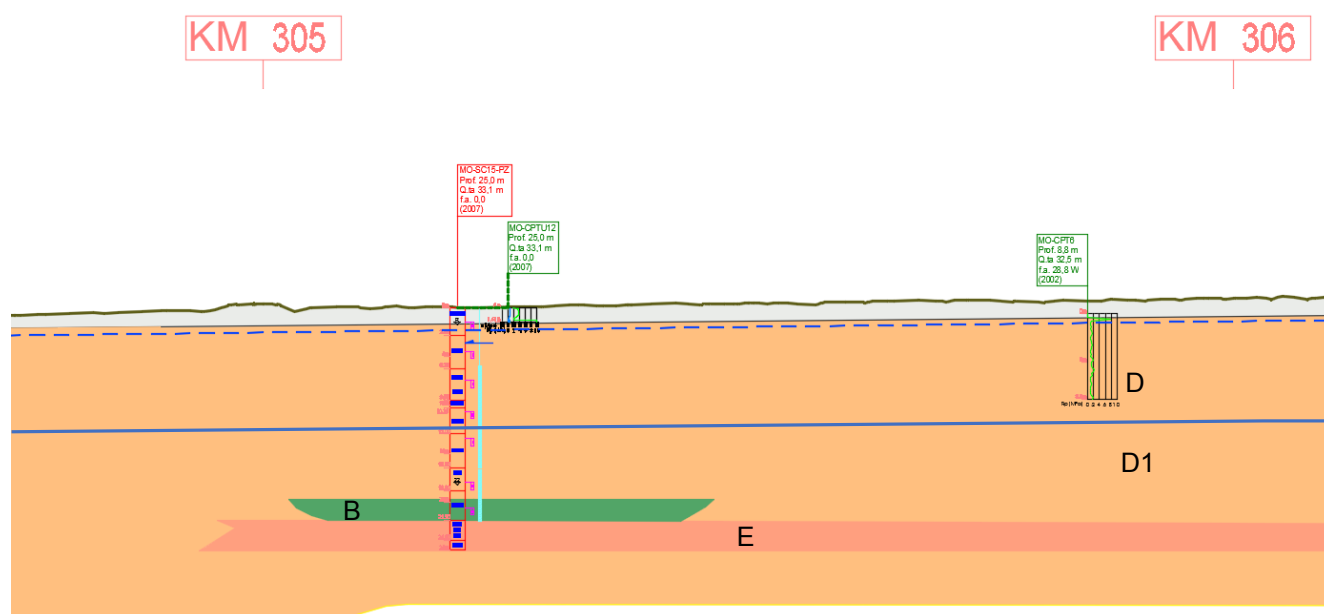



FIG. 12 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

### 6.6.11 Tratto Km 307+700-309+800

| Orizzonte | tipo | da | a | $\gamma$ | $\phi'$ k | $c'$ | $c_u$ | $E_y$ | $E_{ed}$ |
|-----------|------|----|---|----------|-----------|------|-------|-------|----------|
|-----------|------|----|---|----------|-----------|------|-------|-------|----------|

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 66 di 143 |

|    |           | m         | m           | kN/m <sup>3</sup> | °    | kPa | kPa | Mpa  | Mpa |
|----|-----------|-----------|-------------|-------------------|------|-----|-----|------|-----|
| D  | Coesivo   | p.c.      | 7.00/9.50   | 18.5              | 20.5 | 10  | 30  | -    | 3.0 |
| D1 | Coesivo   | 7.00/9.50 | 17.00       | 18.5              | 21.0 | 10  | 60  | -    | 4.0 |
| D2 | Coesivo   | 17.00     | 24.00       | 19.0              | 22.0 | 10  | 80  | -    | 4.5 |
| D3 | Coesivo   | 24.00     | 38.00/40.00 | 19.0              | 24.0 | 11  | 110 | -    | 5.0 |
| C  | Coesivo   | p.c.      | 18.80       | 18.5              | 21.5 | 10  | 75  | -    | 4.5 |
| B  | Granulare |           |             | 21.0              | 32.4 | 0   | -   | 18.8 | -   |

TAB. 26 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

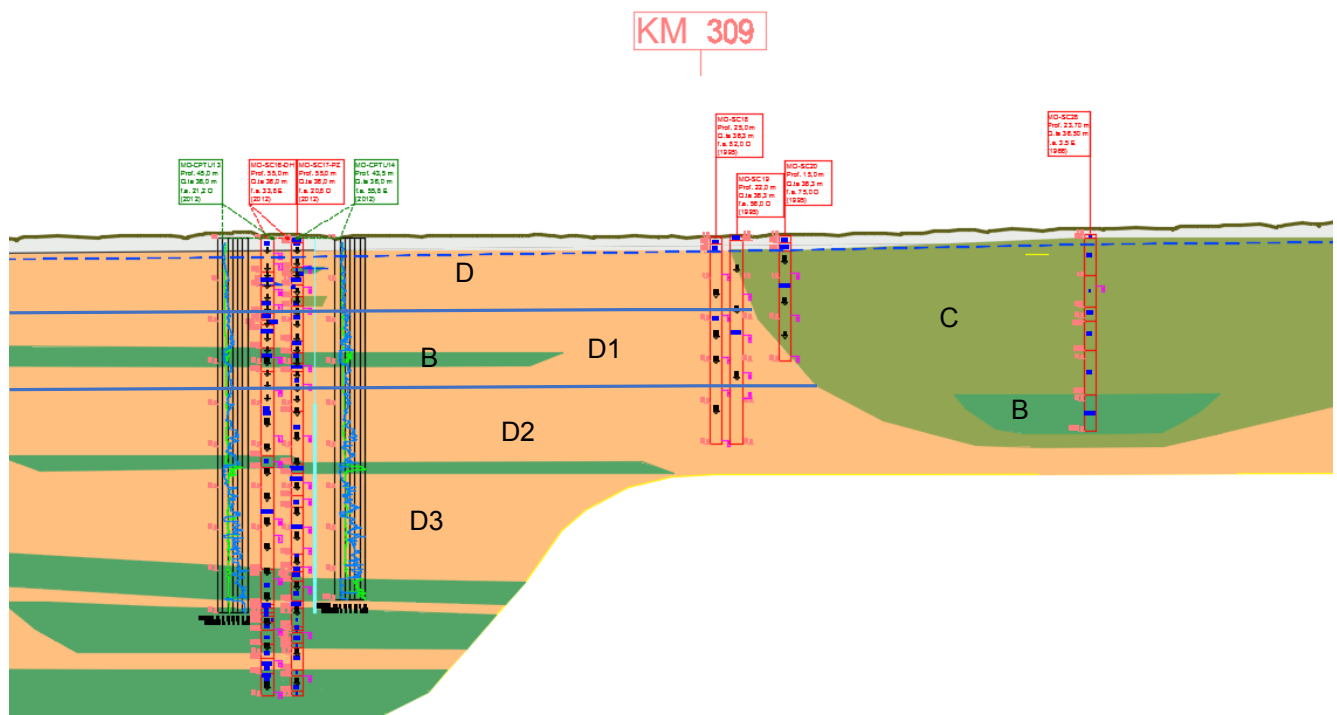


FIG. 13 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.12 Tratto Km 310+250-311+600

| Orizzonte | tipo | da | a | $\gamma$          | $\phi'$ k | c'  | c <sub>u</sub> | E <sub>y</sub> | E <sub>ed</sub> |
|-----------|------|----|---|-------------------|-----------|-----|----------------|----------------|-----------------|
|           |      | m  | m | kN/m <sup>3</sup> | °         | kPa | kPa            | Mpa            | Mpa             |
|           |      |    |   |                   |           |     |                |                |                 |

|    |           |             |             |      |      |    |     |      |     |
|----|-----------|-------------|-------------|------|------|----|-----|------|-----|
| D  | Coesivo   | p.c.        | 3.00        | 18.5 | 20.5 | 10 | 30  | -    | 3.0 |
| D1 | Coesivo   | 3.00        | 12.00/13.00 | 18.5 | 21.0 | 10 | 50  | -    | 4.0 |
| D2 | Coesivo   | 12.00/13.00 | 22.00       | 19.0 | 22.0 | 10 | 65  | -    | 4.5 |
| D3 | Coesivo   | 22.00       | 38.00       | 19.0 | 24.0 | 11 | 110 | -    | 5.0 |
| B  | Granulare | 2.00        | 19.00       | 20.0 | 29.5 | -  | -   | 15.0 | -   |
| A  | Granulare | 30.00       | 50.00       | 21.0 | 40.6 | -  | -   | 40.6 | -   |

TAB. 27 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

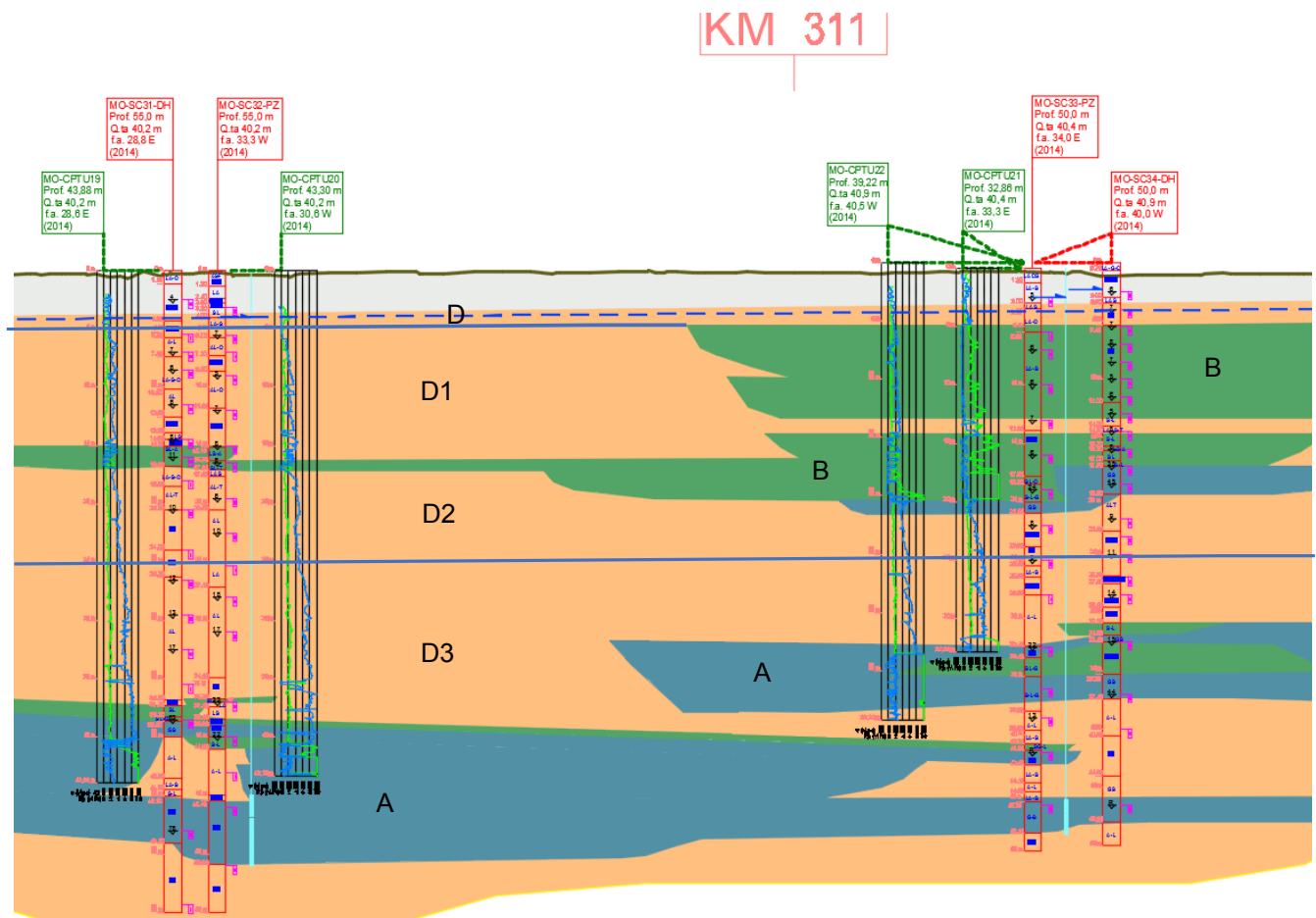


FIG. 14 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

6.6.13 Tratto Km 311+600-312+300

| Orizzonte | tipo | da | a | $\gamma$          | $\phi'$ k | c'  | $c_u$ | Ey  | Eed |
|-----------|------|----|---|-------------------|-----------|-----|-------|-----|-----|
|           |      | m  | m | kN/m <sup>3</sup> | °         | kPa | kPa   | Mpa | Mpa |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |           |       |       |      |      |    |     |      |     |
|----|-----------|-------|-------|------|------|----|-----|------|-----|
| D  | Coesivo   | p.c.  | 10.00 | 18.5 | 21.0 | 10 | 50  | -    | 4.0 |
| D1 | Coesivo   | 10.00 | 23.00 | 19.0 | 22.5 | 10 | 70  | -    | 4.5 |
| D2 | Coesivo   | 23.00 | 27.00 | 19.0 | 24.0 | 11 | 110 | -    | 5.0 |
| C  | Coesivo   | p.c.  | 18.80 | 18.5 | 21.5 | 10 | 75  | -    | 4.5 |
| B  | Granulare |       |       | 21.0 | 32.4 | -  | -   | 18.8 | -   |
| A  | Granulare |       |       | 21.0 | 40.6 | -  | -   | 40.6 | -   |

TAB. 28 – PARAMETRI GEOTECNICI DEL TRATTO

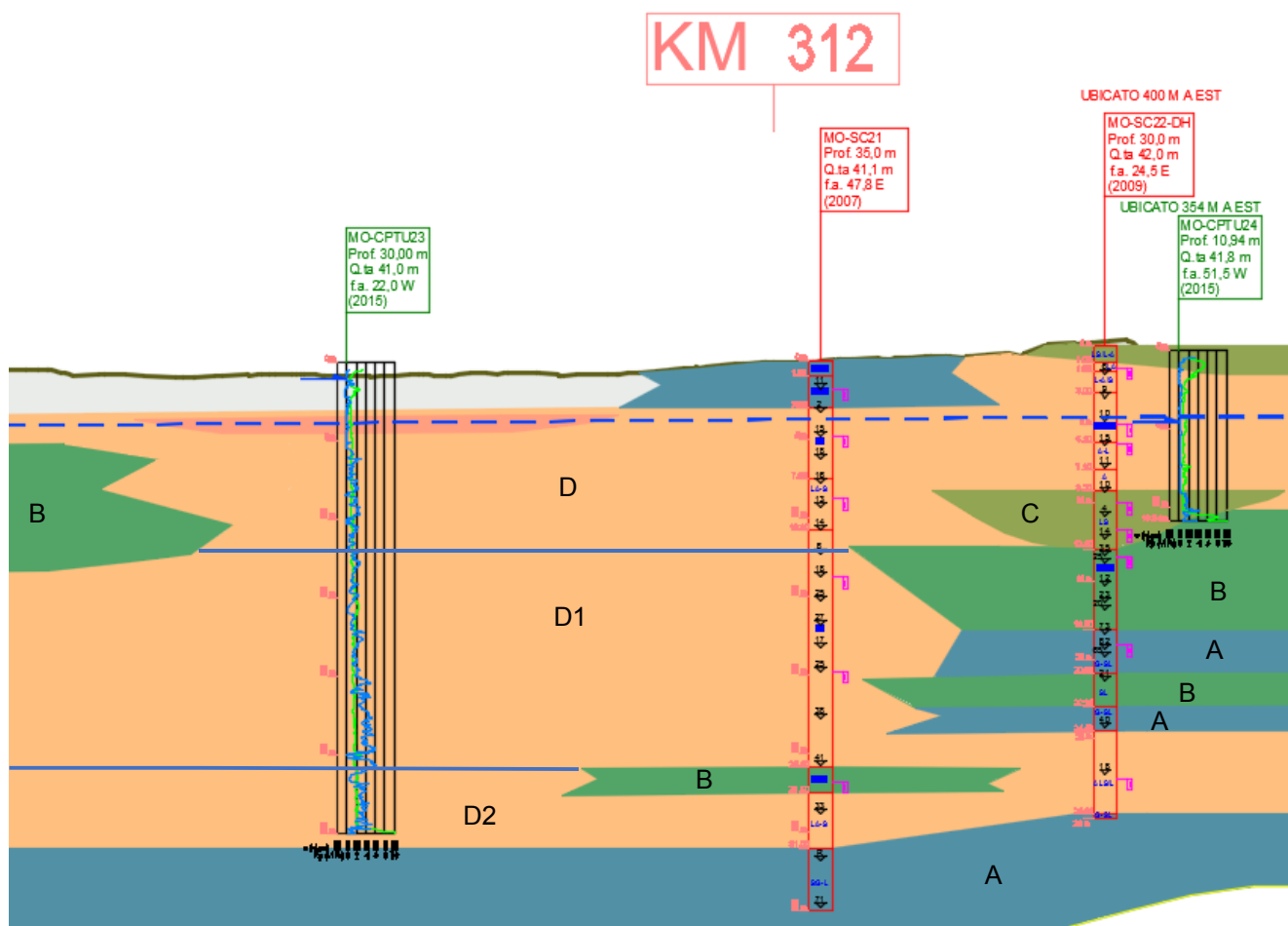


FIG. 15 – STRALCIO DEL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 69 di 143 |

|  |                     |
|--|---------------------|
| PROGETTO   | LIVELLO             |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

## 7 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 7.1 Valutazione della stabilità dei rilevati

#### 7.1.1 Approccio normativo di verifica

Le verifiche di stabilità dei rilevati sono state effettuate in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Secondo tale normativa la stabilità è considerata accettabile quando è verificata la disequazione  $Ed < Rd/\gamma_r$ , dove  $\gamma_r=1.1$ , mentre la resistenza va calcolata utilizzando i parametri di progetto del terreno, cioè i parametri caratteristici ridotti mediante i coefficienti stabiliti dalla normativa adottando l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) riportati nella seguente tabella.

| PARAMETRO                                       | GRANDEZZA ALLA QUALE<br>APPLICARE IL<br>COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>$\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|---|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di<br>resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$  | $\gamma_{\phi'}$                       | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                               | $c'_k$  | $\gamma_{c'}$                          | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                          | $c_{uk}$  | $\gamma_{cu}$                          | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                       | $\gamma$  | $\gamma_\gamma$                        | 1,0  | 1,0  |

TAB. 29 – COEFFICIENTI RIDUTTIVI DEI PARAMETRI CARATTERISTICI ADOTTATI PER LE VERIFICHE (NTC 2008 TAB. 6.2.II)

#### 7.1.2 Analisi statica e pseudostatica


La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, riconducibili a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

A causa dell'impossibilità di definire una legge costitutiva che descriva esattamente il comportamento del terreno, mezzo per di più multifase, vengono introdotte delle ipotesi semplificative.

Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di *Mohr-Coulomb*.

In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Nel presente studio, a valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è stata condotta mediante il programma di calcolo SLOPE (v. 2017.25.6) della GEOSTRU, con il metodo di Morgenstern & Price (1965), applicato ad una superficie predefinita.

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 70 di 143 |

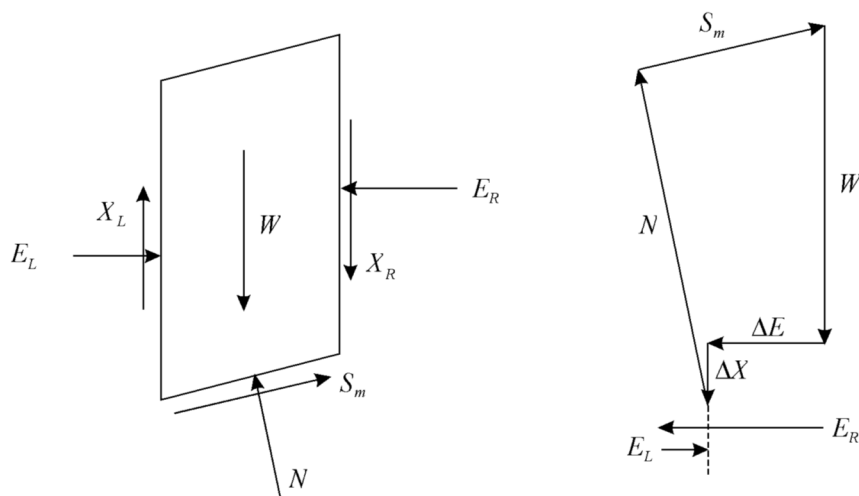


FIG. 16 – NOTAZIONI ADOTTATE NELLE FORMULE PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ

il metodo di Morgenstern & Price stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo  $X = \lambda f(x)E$ , dove  $\lambda$  è un fattore di scala e  $f(x)$ , funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione  $f(x)$  è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.


La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza  $F_s$ , il peso della striscia infinitesima  $dW$  e la risultante delle pressioni neutra alla base  $dU$ .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \varphi \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left( \frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 71 di 143 |



$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma.

Per considerare l'azione sismica è stato utilizzato il metodo pseudo-statico: sotto l'azione di un carico ciclico il terreno può sviluppare pressioni interstiziali elevate, pertanto viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica sono state considerate le seguenti forze:

$$F_H = \pm 0,5 S_a g W$$

$$F_V = \pm 0,5 F_H$$

essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro della massa instabile;
- $W$  il peso della massa stessa.

Nella ricerca della superficie di scorrimento critica, non avendo a disposizione metodi per individuarla, occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel presente studio, si è ipotizzato che detta superficie abbia forma circolare.

Posizionata una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne sono state esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato *range* di valori tale da considerare le superfici cinematicamente ammissibili.

### 7.1.3 Sovraccarico (carico mobile da traffico)


Per tutte le sezioni in esame è stato considerato un sovraccarico pari a 20 kPa sulla sommità del rilevato, rappresentativo del carico mobile da traffico veicolare.

Tale sovraccarico non è stato considerato agente in presenza di sisma.

### 7.1.4 Sezioni verificate

Nel presente studio la verifica di stabilità, su indicazione dei Progettisti, è stata effettuata nelle sezioni più critiche dell'intera tratta, corrispondenti alle zone dove verrà effettuato l'allargamento del rilevato autostradale nelle piazzole alle progressive 256+459 e 288+111.

Per entrambi i tratti è stata presa la sezione che presenta la massima altezza.

|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 72 di 143 |

Vista la variabilità litologica e geotecnica si è ritenuto opportuno adottare non i parametri geotecnici caratteristici degli strati dedotti dalle sezioni geotecniche, ma i valori dedotti dalle indagini più vicine alle sezioni considerate.

In Tab. 30 vengono riportate le indicazioni relative alle sezioni verificate, la stratigrafia dei terreni di fondazione ed i relativi parametri geotecnici.

| Sezione | Profondità falda (m) | Indagine di riferimento | Stratigrafia terreno di fondazione | da m | a m | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi'$ (°) | c' (kPa) | cu (kPa) |
|---------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|------|-----|-------------------------------|-------------|----------|----------|
| 286+459 | 2                    | RE_CPTU2                | argille                            | 0    | 5   | 18                            | 21          | 11       | 75       |
|         |                      |                         | limi                               | 5    | 10  | 19                            | 23          | 11       | 90       |
| 288+111 | 0.7                  | RE_CPTU5                | argille                            | 0    | 3   | 18                            | 20          | 11       | 40       |
|         |                      |                         | argille                            | 3    | 8   | 18                            | 20.5        | 11       | 50       |

TAB. 30 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI PARAMETRI GEOTECNICI

Per ciascuna sezione sono state eseguite 3 distinte verifiche, una in assenza di sisma ma con sovraccarico stradale, in condizioni drenate, ed una in condizioni sismiche, sia in condizioni drenate che non drenate.

I risultati sintetici delle verifiche effettuate sono riportati in Tab. 31, mentre i grafici ed i tabulati delle verifiche sono riportati nel capitolo successivo.

| Sezione | Condizione          | Fs   |
|---------|---------------------|------|
| 286+459 | drenata statica     | 1.21 |
|         | drenata sismica     | 1.26 |
|         | non drenata sismica | 1.45 |
| 288+111 | drenata statica     | 1.12 |
|         | drenata sismica     | 1.26 |
|         | non drenata sismica | 1.23 |

TAB. 31 – RISULTATI DELLE VERIFICHE

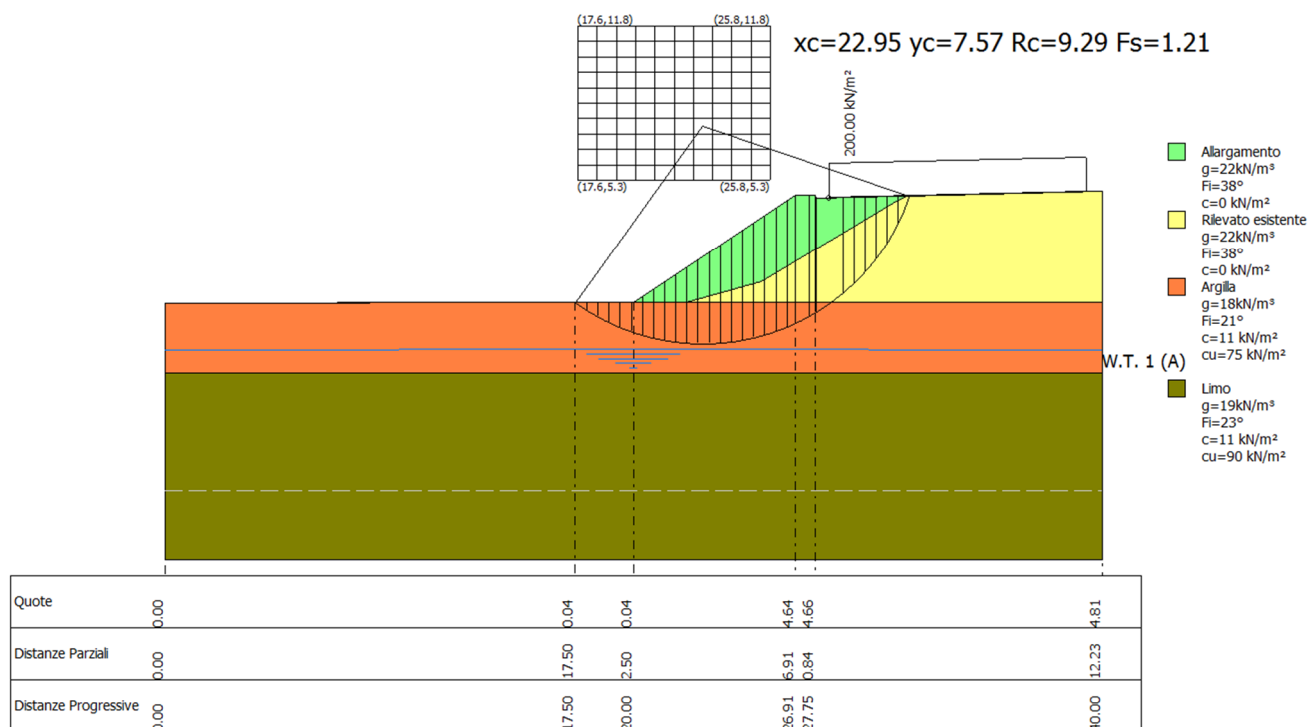
Come si può osservare, secondo i calcoli effettuati, il fattore di sicurezza minimo è risultato essere sempre superiore al limite di 1,1 ( $\gamma_r$  nel paragrafo 7.1.1).

**7.1.5 Risultati della verifica**

Di seguito vengono presentati i grafici ed i tabulati relativi alle verifiche effettuate.

**7.1.5.1 Sezione 286+459**

**Condizione statica**



**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

|   |                    |
|---|--------------------|
| Normativa   | NTC 2008 e Circ.   |
| Numero di strati                                  | 4.0                |
| Numero dei conci                                  | 30.0               |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile           | 1.1                |
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco              |
| Analisi   | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare                     |                    |

**Maglia dei Centri**

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | 17.62 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 5.28 m  |

|  |                                |             |      |           |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 74 di 143 |

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| Ascissa vertice destro superiore xs  | 25.83 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 11.83 m |
| Passo di ricerca                     | 10.0    |
| Numero di celle lungo x              | 10.0    |
| Numero di celle lungo y              | 10.0    |

=====

**Vertici profilo**

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0.0   | 0.0   |
| 2  | 17.5  | 0.04  |
| 3  | 20.0  | 0.04  |
| 4  | 26.91 | 4.64  |
| 5  | 27.75 | 4.66  |
| 6  | 27.77 | 4.52  |
| 7  | 40.0  | 4.81  |

**Falda**

| Nr. | X (m) | y (m) |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0.0   | -2.0  |
| 2   | 20.0  | -1.96 |
| 3   | 40.0  | -2.0  |

**Vertici strato .....1**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 14.7  | 0.03  |
| 3 | 22.27 | 0.04  |
| 4 | 25.43 | 0.96  |
| 5 | 31.07 | 4.29  |
| 6 | 31.62 | 4.61  |
| 7 | 40.0  | 4.81  |

**Vertici strato .....2**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 14.7  | 0.03  |
| 3 | 22.27 | 0.04  |
| 4 | 40.0  | 0.04  |

**Vertici strato .....3**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | -2.96 |
| 2 | 40.0  | -2.96 |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

=====

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>      |
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

Riduzione parametri geotecnici terreno

Si

### Stratigrafia

| Strato | Coesione (kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia          |  |
|--------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------|--|
| 1      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Allargamento       |  |
| 2      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Rilevato esistente |  |
| 3      | 11                            | 75  | 21                              | 18  | 19                               | Argilla            |  |
| 4      | 11                            | 90  | 23                              | 19  | 20                               | Limo               |  |

### Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m)   | Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----|--------|--------|--------|----------|-------------------------------------|
| 1  | 28.32  | 4.54   | 39.32  | 4.803095 | 200                                 |

### Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato      | 1.21    |
| Ascissa centro superficie  | 22.95 m |
| Ordinata centro superficie | 7.57 m  |
| Raggio superficie          | 9.29 m  |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

**xc = 22.953 yc = 7.574 Rc = 9.287 Fs=1.214**

Lambda = 0.348

| Nr. | B m  | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) |
|-----|------|----------|------|---------|
| 1   | 0.47 | -34.01   | 0.57 | 1.42    |
| 2   | 0.47 | -30.55   | 0.55 | 3.98    |
| 3   | 0.47 | -27.2    | 0.53 | 6.21    |
| 4   | 0.47 | -23.96   | 0.52 | 8.15    |
| 5   | 0.47 | -20.79   | 0.51 | 9.81    |
| 6   | 0.47 | -17.69   | 0.5  | 12.15   |
| 7   | 0.47 | -14.64   | 0.49 | 16.62   |
| 8   | 0.47 | -11.63   | 0.48 | 20.87   |
| 9   | 0.47 | -8.66    | 0.48 | 24.89   |
| 10  | 0.47 | -5.71    | 0.48 | 28.7    |
| 11  | 0.47 | -2.77    | 0.47 | 32.31   |
| 12  | 0.47 | 0.16     | 0.47 | 35.7    |
| 13  | 0.47 | 3.09     | 0.48 | 38.88   |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 76 di 143 |

|    |      |       |      |        |
|----|------|-------|------|--------|
| 14 | 0.47 | 6.03  | 0.48 | 41.86  |
| 15 | 0.47 | 8.98  | 0.48 | 44.63  |
| 16 | 0.47 | 11.96 | 0.48 | 47.18  |
| 17 | 0.47 | 14.97 | 0.49 | 49.51  |
| 18 | 0.47 | 18.02 | 0.5  | 51.62  |
| 19 | 0.47 | 21.13 | 0.51 | 53.48  |
| 20 | 0.37 | 23.94 | 0.4  | 42.64  |
| 21 | 0.58 | 27.2  | 0.65 | 66.46  |
| 22 | 0.26 | 30.16 | 0.31 | 29.23  |
| 23 | 0.01 | 31.15 | 0.02 | 1.61   |
| 24 | 1.14 | 35.55 | 1.41 | 231.63 |
| 25 | 0.47 | 41.86 | 0.64 | 135.57 |
| 26 | 0.47 | 45.93 | 0.68 | 130.93 |
| 27 | 0.47 | 50.32 | 0.74 | 125.53 |
| 28 | 0.47 | 55.18 | 0.83 | 119.15 |
| 29 | 0.47 | 60.74 | 0.97 | 111.39 |
| 30 | 0.47 | 67.58 | 1.24 | 81.39  |

Sforzi sui conci

| Nr. | Xi<br>(kN) | Ei<br>(kN) | Xi-1<br>(kN) | Ei-1<br>(kN) | N'i<br>(kN) | Ti<br>(kN) | Ui<br>(kN) |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1   | 6.04       | 17.36      | 0.0          | 0.0          | -13.54      | 0.9        | 0.0        |
| 2   | 12.62      | 36.24      | 6.04         | 17.36        | -11.84      | 1.25       | 0.0        |
| 3   | 19.34      | 55.55      | 12.62        | 36.24        | -9.28       | 1.9        | 0.0        |
| 4   | 25.98      | 74.63      | 19.34        | 55.55        | -6.37       | 2.69       | 0.0        |
| 5   | 32.39      | 93.05      | 25.98        | 74.63        | -3.36       | 3.54       | 0.0        |
| 6   | 38.79      | 111.42     | 32.39        | 93.05        | -0.1        | 4.48       | 0.0        |
| 7   | 45.69      | 131.23     | 38.79        | 111.42       | 4.4         | 5.84       | 0.0        |
| 8   | 52.79      | 151.65     | 45.69        | 131.23       | 9.36        | 7.35       | 0.0        |
| 9   | 59.88      | 172.01     | 52.79        | 151.65       | 14.54       | 8.95       | 0.0        |
| 10  | 66.77      | 191.79     | 59.88        | 172.01       | 19.74       | 10.57      | 0.0        |
| 11  | 73.3       | 210.55     | 66.77        | 191.79       | 24.84       | 12.16      | 0.0        |
| 12  | 79.35      | 227.92     | 73.3         | 210.55       | 29.7        | 13.69      | 0.0        |
| 13  | 84.8       | 243.59     | 79.35        | 227.92       | 34.22       | 15.13      | 0.0        |
| 14  | 89.58      | 257.31     | 84.8         | 243.59       | 38.32       | 16.44      | 0.0        |
| 15  | 93.59      | 268.84     | 89.58        | 257.31       | 41.92       | 17.61      | 0.0        |
| 16  | 96.77      | 277.98     | 93.59        | 268.84       | 44.94       | 18.61      | 0.0        |
| 17  | 99.07      | 284.56     | 96.77        | 277.98       | 47.32       | 19.42      | 0.0        |
| 18  | 100.42     | 288.44     | 99.07        | 284.56       | 49.0        | 20.02      | 0.0        |
| 19  | 100.78     | 289.47     | 100.42       | 288.44       | 49.92       | 20.4       | 0.0        |
| 20  | 100.69     | 289.22     | 100.78       | 289.47       | 38.95       | 15.97      | 0.0        |
| 21  | 98.51      | 282.96     | 100.69       | 289.22       | 58.19       | 24.32      | 0.0        |
| 22  | 97.97      | 281.41     | 98.51        | 282.96       | 24.96       | 10.67      | 0.0        |
| 23  | 99.43      | 285.59     | 97.97        | 281.41       | 2.3         | 0.89       | 0.0        |
| 24  | 77.54      | 222.73     | 99.43        | 285.59       | 169.71      | 66.42      | 0.0        |
| 25  | 70.39      | 202.2      | 77.54        | 222.73       | 92.59       | 59.6       | 0.0        |
| 26  | 60.54      | 173.89     | 70.39        | 202.2        | 77.59       | 49.95      | 0.0        |
| 27  | 48.09      | 138.12     | 60.54        | 173.89       | 60.56       | 38.99      | 0.0        |
| 28  | 33.13      | 95.15      | 48.09        | 138.12       | 41.3        | 26.59      | 0.0        |
| 29  | 15.74      | 45.22      | 33.13        | 95.15        | 19.38       | 12.48      | 0.0        |
| 30  | -0.12      | -0.33      | 15.74        | 45.22        | -5.01       | -3.23      | 0.0        |

**Numero di superfici esaminate....(221)**

| N° | Xo   | Yo  | Ro   | Fs   |
|----|------|-----|------|------|
| 1  | 17.6 | 5.3 | 10.8 | 3.22 |
| 2  | 18.0 | 5.6 | 11.1 | 2.49 |
| 3  | 18.4 | 5.3 | 10.8 | 2.44 |
| 4  | 18.8 | 5.6 | 11.1 | 2.09 |
| 5  | 19.3 | 5.3 | 10.8 | 1.92 |
| 6  | 19.7 | 5.6 | 11.1 | 1.77 |
| 7  | 20.1 | 5.3 | 9.5  | 1.91 |
| 8  | 20.5 | 5.6 | 11.1 | 1.61 |
| 9  | 20.9 | 5.3 | 9.5  | 1.66 |
| 10 | 21.3 | 5.6 | 11.1 | 1.50 |
| 11 | 21.7 | 5.3 | 9.5  | 1.50 |
| 12 | 22.1 | 5.6 | 8.6  | 1.40 |
| 13 | 22.5 | 5.3 | 8.3  | 1.39 |
| 14 | 23.0 | 5.6 | 8.6  | 1.31 |
| 15 | 23.4 | 5.3 | 8.2  | 1.32 |
| 16 | 23.8 | 5.6 | 8.6  | 1.28 |
| 17 | 24.2 | 5.3 | 8.2  | 1.29 |
| 18 | 24.6 | 5.6 | 8.6  | 1.27 |
| 19 | 25.0 | 5.3 | 8.2  | 1.30 |
| 20 | 25.4 | 5.6 | 8.6  | 1.31 |
| 21 | 25.8 | 5.3 | 8.2  | 1.36 |
| 22 | 17.6 | 5.9 | 12.7 | 2.14 |
| 23 | 18.0 | 6.3 | 13.0 | 1.98 |
| 24 | 18.4 | 5.9 | 11.4 | 2.11 |
| 25 | 18.8 | 6.3 | 11.8 | 1.84 |
| 26 | 19.3 | 5.9 | 11.4 | 1.80 |
| 27 | 19.7 | 6.3 | 11.8 | 1.64 |
| 28 | 20.1 | 5.9 | 11.4 | 1.61 |
| 29 | 20.5 | 6.3 | 11.8 | 1.51 |
| 30 | 20.9 | 5.9 | 11.4 | 1.50 |
| 31 | 21.3 | 6.3 | 10.5 | 1.43 |
| 32 | 21.7 | 5.9 | 8.9  | 1.37 |
| 33 | 22.1 | 6.3 | 9.2  | 1.33 |
| 34 | 22.5 | 5.9 | 8.9  | 1.31 |
| 35 | 23.0 | 6.3 | 9.2  | 1.26 |
| 36 | 23.4 | 5.9 | 8.9  | 1.27 |
| 37 | 23.8 | 6.3 | 9.2  | 1.24 |
| 38 | 24.2 | 5.9 | 7.6  | 1.25 |
| 39 | 24.6 | 6.3 | 9.2  | 1.25 |
| 40 | 25.0 | 5.9 | 7.6  | 1.27 |
| 41 | 25.4 | 6.3 | 9.2  | 1.29 |
| 42 | 25.8 | 5.9 | 8.9  | 1.33 |
| 43 | 17.6 | 6.6 | 12.1 | 2.32 |
| 44 | 18.0 | 6.9 | 13.7 | 1.84 |
| 45 | 18.4 | 6.6 | 13.3 | 1.82 |
| 46 | 18.8 | 6.9 | 12.4 | 1.72 |
| 47 | 19.3 | 6.6 | 12.1 | 1.68 |
| 48 | 19.7 | 6.9 | 12.4 | 1.56 |
| 49 | 20.1 | 6.6 | 12.1 | 1.54 |
| 50 | 20.5 | 6.9 | 12.4 | 1.47 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |


|     |      |     |      |      |
|-----|------|-----|------|------|
| 51  | 20.9 | 6.6 | 10.8 | 1.45 |
| 52  | 21.3 | 6.9 | 9.9  | 1.37 |
| 53  | 21.7 | 6.6 | 9.6  | 1.35 |
| 54  | 22.1 | 6.9 | 8.6  | 1.29 |
| 55  | 22.5 | 6.6 | 9.6  | 1.27 |
| 56  | 23.0 | 6.9 | 8.6  | 1.27 |
| 57  | 23.4 | 6.6 | 8.3  | 1.23 |
| 58  | 23.8 | 6.9 | 8.6  | 1.25 |
| 59  | 24.2 | 6.6 | 9.6  | 1.24 |
| 60  | 24.6 | 6.9 | 8.6  | 1.26 |
| 61  | 25.0 | 6.6 | 9.5  | 1.26 |
| 62  | 25.4 | 6.9 | 9.7  | 1.30 |
| 63  | 25.8 | 6.6 | 9.3  | 1.33 |
| 64  | 17.6 | 7.2 | 12.8 | 2.09 |
| 65  | 18.0 | 7.6 | 13.1 | 1.88 |
| 66  | 18.4 | 7.2 | 14.0 | 1.71 |
| 67  | 18.8 | 7.6 | 14.3 | 1.63 |
| 68  | 19.3 | 7.2 | 12.7 | 1.64 |
| 69  | 19.7 | 7.6 | 11.8 | 1.54 |
| 70  | 20.1 | 7.2 | 11.5 | 1.50 |
| 71  | 20.5 | 7.6 | 11.8 | 1.42 |
| 72  | 20.9 | 7.2 | 11.5 | 1.40 |
| 73  | 21.3 | 7.6 | 10.6 | 1.32 |
| 74  | 21.7 | 7.2 | 9.0  | 1.32 |
| 75  | 22.1 | 7.6 | 9.3  | 1.27 |
| 76  | 22.5 | 7.2 | 9.0  | 1.28 |
| 77  | 23.0 | 7.6 | 9.3  | 1.21 |
| 78  | 23.4 | 7.2 | 9.0  | 1.25 |
| 79  | 23.8 | 7.6 | 9.3  | 1.24 |
| 80  | 24.2 | 7.2 | 8.9  | 1.25 |
| 81  | 24.6 | 7.6 | 9.2  | 1.25 |
| 82  | 25.0 | 7.2 | 8.8  | 1.27 |
| 83  | 25.4 | 7.6 | 9.7  | 1.30 |
| 84  | 25.8 | 7.2 | 9.3  | 1.33 |
| 85  | 17.6 | 7.9 | 14.7 | 1.79 |
| 86  | 18.0 | 8.2 | 13.7 | 1.70 |
| 87  | 18.4 | 7.9 | 14.7 | 1.66 |
| 88  | 18.8 | 8.2 | 15.0 | 1.59 |
| 89  | 19.3 | 7.9 | 14.7 | 1.56 |
| 90  | 19.7 | 8.2 | 12.5 | 1.48 |
| 91  | 20.1 | 7.9 | 12.1 | 1.45 |
| 92  | 20.5 | 8.2 | 10.0 | 1.42 |
| 93  | 20.9 | 7.9 | 12.1 | 1.36 |
| 94  | 21.3 | 8.2 | 10.0 | 1.31 |
| 95  | 21.7 | 7.9 | 9.6  | 1.29 |
| 96  | 22.1 | 8.2 | 11.2 | 1.28 |
| 97  | 22.5 | 7.9 | 10.9 | 1.26 |
| 98  | 23.0 | 8.2 | 9.9  | 1.25 |
| 99  | 23.4 | 7.9 | 9.6  | 1.24 |
| 100 | 23.8 | 8.2 | 9.9  | 1.23 |
| 101 | 24.2 | 7.9 | 9.6  | 1.24 |
| 102 | 24.6 | 8.2 | 10.6 | 1.27 |
| 103 | 25.0 | 7.9 | 10.1 | 1.28 |
| 104 | 25.4 | 8.2 | 11.1 | 1.30 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 79 di 143 |




| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 105 | 25.8 | 7.9  | 10.6 | 1.33 |
| 106 | 17.6 | 8.6  | 15.3 | 1.71 |
| 107 | 18.0 | 8.9  | 15.6 | 1.63 |
| 108 | 18.4 | 8.6  | 14.1 | 1.65 |
| 109 | 18.8 | 8.9  | 14.4 | 1.56 |
| 110 | 19.3 | 8.6  | 12.8 | 1.52 |
| 111 | 19.7 | 8.9  | 14.4 | 1.47 |
| 112 | 20.1 | 8.6  | 14.1 | 1.45 |
| 113 | 20.5 | 8.9  | 11.9 | 1.34 |
| 114 | 20.9 | 8.6  | 11.5 | 1.31 |
| 115 | 21.3 | 8.9  | 10.6 | 1.30 |
| 116 | 21.7 | 8.6  | 10.3 | 1.27 |
| 117 | 22.1 | 8.9  | 11.9 | 1.26 |
| 118 | 22.5 | 8.6  | 11.5 | 1.25 |
| 119 | 23.0 | 8.9  | 11.9 | 1.24 |
| 120 | 23.4 | 8.6  | 10.3 | 1.24 |
| 121 | 23.8 | 8.9  | 11.4 | 1.26 |
| 122 | 24.2 | 8.6  | 11.0 | 1.26 |
| 123 | 24.6 | 8.9  | 10.6 | 1.27 |
| 124 | 25.0 | 8.6  | 11.5 | 1.29 |
| 125 | 25.4 | 8.9  | 11.2 | 1.31 |
| 126 | 25.8 | 8.6  | 10.7 | 1.34 |
| 127 | 17.6 | 9.2  | 16.0 | 1.65 |
| 128 | 18.0 | 9.5  | 16.3 | 1.59 |
| 129 | 18.4 | 9.2  | 14.7 | 1.59 |
| 130 | 18.8 | 9.5  | 13.8 | 1.51 |
| 131 | 19.3 | 9.2  | 14.7 | 1.49 |
| 132 | 19.7 | 9.5  | 15.0 | 1.44 |
| 133 | 20.1 | 9.2  | 10.9 | 1.42 |
| 134 | 20.5 | 9.5  | 12.5 | 1.31 |
| 135 | 20.9 | 9.2  | 10.9 | 1.32 |
| 136 | 21.3 | 9.5  | 11.3 | 1.29 |
| 137 | 21.7 | 9.2  | 12.2 | 1.28 |
| 138 | 22.1 | 9.5  | 12.5 | 1.26 |
| 139 | 22.5 | 9.2  | 12.2 | 1.25 |
| 140 | 23.0 | 9.5  | 12.2 | 1.27 |
| 141 | 23.4 | 9.2  | 10.5 | 1.26 |
| 142 | 23.8 | 9.5  | 11.5 | 1.27 |
| 143 | 24.2 | 9.2  | 11.1 | 1.27 |
| 144 | 24.6 | 9.5  | 12.1 | 1.29 |
| 145 | 25.0 | 9.2  | 11.6 | 1.30 |
| 146 | 25.4 | 9.5  | 12.6 | 1.34 |
| 147 | 25.8 | 9.2  | 12.2 | 1.35 |
| 148 | 17.6 | 9.9  | 16.6 | 1.62 |
| 149 | 18.0 | 10.2 | 16.9 | 1.55 |
| 150 | 18.4 | 9.9  | 16.6 | 1.54 |
| 151 | 18.8 | 10.2 | 15.7 | 1.49 |
| 152 | 19.3 | 9.9  | 15.4 | 1.47 |
| 153 | 19.7 | 10.2 | 15.7 | 1.42 |
| 154 | 20.1 | 9.9  | 11.6 | 1.40 |
| 155 | 20.5 | 10.2 | 11.9 | 1.34 |
| 156 | 20.9 | 9.9  | 10.3 | 1.31 |
| 157 | 21.3 | 10.2 | 10.7 | 1.28 |
| 158 | 21.7 | 9.9  | 10.3 | 1.26 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 80 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 159 | 22.1 | 10.2 | 12.9 | 1.29 |
| 160 | 22.5 | 9.9  | 12.6 | 1.28 |
| 161 | 23.0 | 10.2 | 12.4 | 1.30 |
| 162 | 23.4 | 9.9  | 12.0 | 1.28 |
| 163 | 23.8 | 10.2 | 13.0 | 1.29 |
| 164 | 24.2 | 9.9  | 12.5 | 1.29 |
| 165 | 24.6 | 10.2 | 12.2 | 1.31 |
| 166 | 25.0 | 9.9  | 11.7 | 1.32 |
| 167 | 25.4 | 10.2 | 12.8 | 1.35 |
| 168 | 25.8 | 9.9  | 12.3 | 1.37 |
| 169 | 17.6 | 10.5 | 16.0 | 1.62 |
| 170 | 18.0 | 10.8 | 16.4 | 1.55 |
| 171 | 18.4 | 10.5 | 14.8 | 1.50 |
| 172 | 18.8 | 10.8 | 16.3 | 1.47 |
| 173 | 19.3 | 10.5 | 16.0 | 1.45 |
| 174 | 19.7 | 10.8 | 15.1 | 1.41 |
| 175 | 20.1 | 10.5 | 13.5 | 1.38 |
| 176 | 20.5 | 10.8 | 11.3 | 1.34 |
| 177 | 20.9 | 10.5 | 11.0 | 1.30 |
| 178 | 21.3 | 10.8 | 14.9 | 1.32 |
| 179 | 21.7 | 10.5 | 13.3 | 1.31 |
| 180 | 22.1 | 10.8 | 13.3 | 1.28 |
| 181 | 22.5 | 10.5 | 12.8 | 1.26 |
| 182 | 23.0 | 10.8 | 13.9 | 1.27 |
| 183 | 23.4 | 10.5 | 13.4 | 1.26 |
| 184 | 23.8 | 10.8 | 13.1 | 1.32 |
| 185 | 24.2 | 10.5 | 12.6 | 1.31 |
| 186 | 24.6 | 10.8 | 13.7 | 1.34 |
| 187 | 25.0 | 10.5 | 13.3 | 1.34 |
| 188 | 25.4 | 10.8 | 13.0 | 1.38 |
| 189 | 25.8 | 10.5 | 12.5 | 1.40 |
| 190 | 17.6 | 11.2 | 16.7 | 1.59 |
| 191 | 18.0 | 11.5 | 15.8 | 1.51 |
| 192 | 18.4 | 11.2 | 16.7 | 1.49 |
| 193 | 18.8 | 11.5 | 17.0 | 1.45 |
| 194 | 19.3 | 11.2 | 16.7 | 1.43 |
| 195 | 19.7 | 11.5 | 15.7 | 1.40 |
| 196 | 20.1 | 11.2 | 14.2 | 1.36 |
| 197 | 20.5 | 11.5 | 15.6 | 1.35 |
| 198 | 20.9 | 11.2 | 12.6 | 1.33 |
| 199 | 21.3 | 11.5 | 15.4 | 1.31 |
| 200 | 21.7 | 11.2 | 13.6 | 1.29 |
| 201 | 22.1 | 11.5 | 13.4 | 1.30 |
| 202 | 22.5 | 11.2 | 14.4 | 1.29 |
| 203 | 23.0 | 11.5 | 14.0 | 1.29 |
| 204 | 23.4 | 11.2 | 13.6 | 1.28 |
| 205 | 23.8 | 11.5 | 14.7 | 1.31 |
| 206 | 24.2 | 11.2 | 14.2 | 1.31 |
| 207 | 24.6 | 11.5 | 13.9 | 1.33 |
| 208 | 25.0 | 11.2 | 13.4 | 1.38 |
| 209 | 25.4 | 11.5 | 14.6 | 1.38 |
| 210 | 25.8 | 11.2 | 12.7 | 1.47 |
| 211 | 17.6 | 11.8 | 17.3 | 1.56 |
| 212 | 18.4 | 11.8 | 17.3 | 1.48 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 81 di 143 |

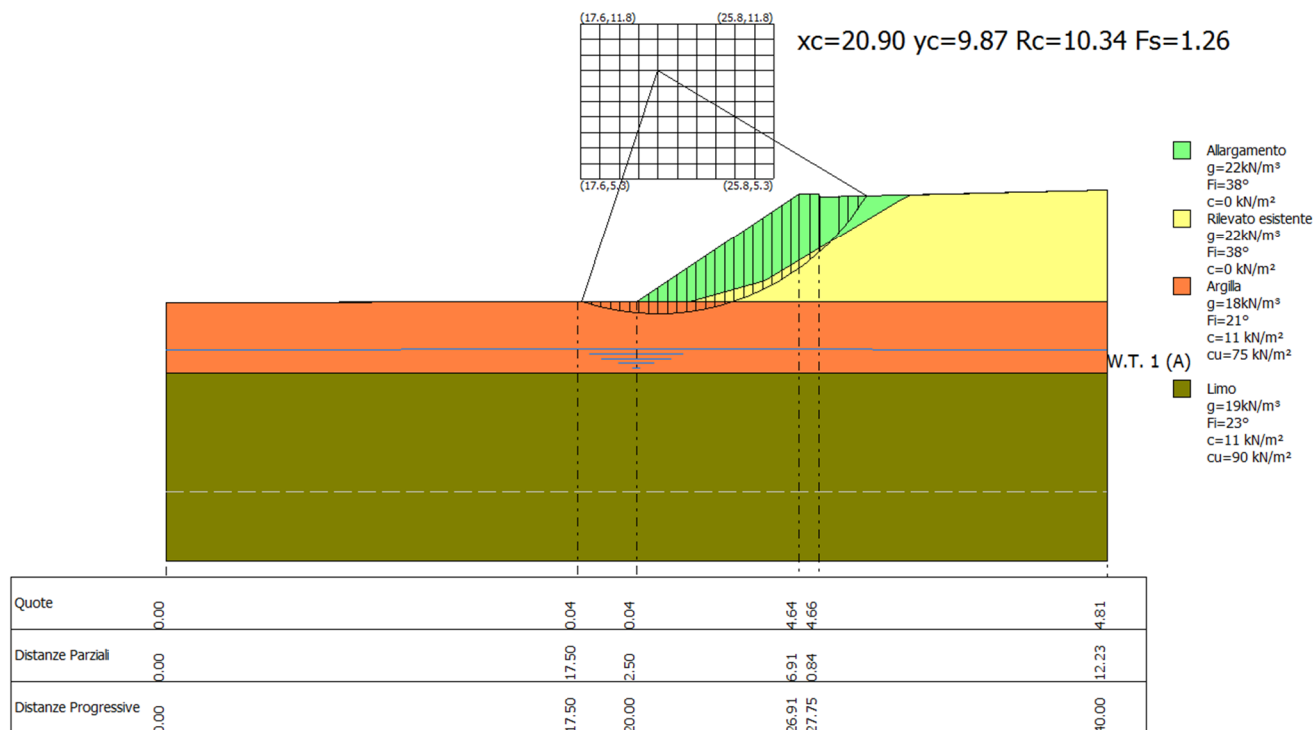
| PROGETTO  | LIVELLO                    |
|---|----------------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i> | <i>Progetto definitivo</i> |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 213 | 19.3 | 11.8 | 16.1 | 1.42 |
| 214 | 20.1 | 11.8 | 14.6 | 1.35 |
| 215 | 20.9 | 11.8 | 15.7 | 1.32 |
| 216 | 21.7 | 11.8 | 15.3 | 1.32 |
| 217 | 22.5 | 11.8 | 14.5 | 1.30 |
| 218 | 23.4 | 11.8 | 15.2 | 1.32 |
| 219 | 24.2 | 11.8 | 14.4 | 1.32 |
| 220 | 25.0 | 11.8 | 15.1 | 1.38 |
| 221 | 25.8 | 11.8 | 12.9 | 1.52 |

=====

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 82 di 143 |

**Condizione sismica drenata**



**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Lat./Long.  | 44.905591/10.848479 |
| Normativa   | NTC 2008 e Circ.    |
| Numero di strati                                  | 4.0                 |
| Numero dei conci                                  | 30.0                |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile           | 1.1                 |
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco               |
| Analisi   | Condizione drenata  |
| Superficie di forma circolare                     |                     |

**Maglia dei Centri**

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | 17.62 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 5.28 m  |
| Ascissa vertice destro superiore xs    | 25.83 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys   | 11.83 m |
| Passo di ricerca                       | 10.0    |
| Numero di celle lungo x                | 10.0    |
| Numero di celle lungo y                | 10.0    |

=====

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

=====

**Dati generali**

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
 Classe d'uso: Classe IV  
 Vita nominale: 100.0 [anni]  
 Vita di riferimento: 200.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O.               | 120.0                         | 0.65                      | 2.51      | 0.29         |
| S.L.D.               | 201.0                         | 0.82                      | 2.55      | 0.28         |
| S.L.V.               | 1898.0                        | 2.14                      | 2.49      | 0.29         |
| S.L.C.               | 2475.0                        | 2.37                      | 2.47      | 0.29         |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s <sup>2</sup> ] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O.               | 0.975                       | 0.18        | 0.0179    | 0.0089      |
| S.L.D.               | 1.23                        | 0.18        | 0.0226    | 0.0113      |
| S.L.V.               | 2.9403                      | 0.31        | 0.093     | 0.0465      |
| S.L.C.               | 3.1801                      | 0.31        | 0.1005    | 0.0503      |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.093  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.047

**Vertici profilo**

| Nr | X<br>(m) | y<br>(m) |
|----|----------|----------|
| 1  | 0.0      | 0.0      |
| 2  | 17.5     | 0.04     |
| 3  | 20.0     | 0.04     |
| 4  | 26.91    | 4.64     |
| 5  | 27.75    | 4.66     |
| 6  | 27.77    | 4.52     |
| 7  | 40.0     | 4.81     |

**Falda**

| Nr. | X<br>(m) | y<br>(m) |
|-----|----------|----------|
| 1   | 0.0      | -2.0     |
| 2   | 20.0     | -1.96    |
| 3   | 40.0     | -2.0     |

**Vertici strato .....1**

| N | X<br>(m) | y<br>(m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.0      | 0.0      |
| 2 | 14.7     | 0.03     |
| 3 | 22.27    | 0.04     |
| 4 | 25.43    | 0.96     |
| 5 | 31.07    | 4.29     |
| 6 | 31.62    | 4.61     |
| 7 | 40.0     | 4.81     |

**Vertici strato .....2**

| N | X<br>(m) | y<br>(m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.0      | 0.0      |
| 2 | 14.7     | 0.03     |
| 3 | 22.27    | 0.04     |
| 4 | 40.0     | 0.04     |

**Vertici strato .....3**

| N | X<br>(m) | y<br>(m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.0      | -2.96    |
| 2 | 40.0     | -2.96    |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |
| Riduzione parametri geotecnici terreno  | Si   |

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione<br>non drenata<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo<br>resistenza al<br>taglio<br>(°) | Peso unità di<br>volume<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia             |
|--------|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------------|-----------------------|
| 1      | 0                                | 0   | 38                                       | 22  | 23                                  | Allargament<br>o      |
| 2      | 0                                | 0   | 38                                       | 22  | 23                                  | Rilevato<br>esistente |
| 3      | 11                               | 75  | 21                                       | 18  | 19                                  | Argilla               |
| 4      | 11                               | 90  | 23                                       | 19  | 20                                  | Limo                  |

**Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]**

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato      | 1.26    |
| Ascissa centro superficie  | 20.9 m  |
| Ordinata centro superficie | 9.87 m  |
| Raggio superficie          | 10.34 m |

**xc = 20.902 yc = 9.866 Rc = 10.343 Fs=1.257**

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 85 di 143 |

Lambda = 0.447

| Nr. | B<br>m | Alfa<br>(°) | Li<br>m | Wi<br>(kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|
| 1   | 0.4    | -17.02      | 0.42    | 0.47       |
| 2   | 0.4    | -14.7       | 0.42    | 1.3        |
| 3   | 0.4    | -12.4       | 0.41    | 2.01       |
| 4   | 0.4    | -10.11      | 0.41    | 2.59       |
| 5   | 0.4    | -7.85       | 0.41    | 3.06       |
| 6   | 0.4    | -5.6        | 0.41    | 3.4        |
| 7   | 0.4    | -3.35       | 0.4     | 5.39       |
| 8   | 0.4    | -1.12       | 0.4     | 7.89       |
| 9   | 0.4    | 1.12        | 0.4     | 10.28      |
| 10  | 0.4    | 3.36        | 0.4     | 12.56      |
| 11  | 0.4    | 5.6         | 0.41    | 14.72      |
| 12  | 0.4    | 7.86        | 0.41    | 16.76      |
| 13  | 0.4    | 10.12       | 0.41    | 18.69      |
| 14  | 0.4    | 12.4        | 0.41    | 20.49      |
| 15  | 0.4    | 14.7        | 0.42    | 22.18      |
| 16  | 0.4    | 17.03       | 0.42    | 23.74      |
| 17  | 0.4    | 19.38       | 0.43    | 25.05      |
| 18  | 0.4    | 21.77       | 0.43    | 26.09      |
| 19  | 0.4    | 24.2        | 0.44    | 26.96      |
| 20  | 0.4    | 26.68       | 0.45    | 27.65      |
| 21  | 0.4    | 29.22       | 0.46    | 28.14      |
| 22  | 0.4    | 31.81       | 0.48    | 28.42      |
| 23  | 0.35   | 34.31       | 0.43    | 24.78      |
| 24  | 0.46   | 37.07       | 0.57    | 30.47      |
| 25  | 0.39   | 40.06       | 0.51    | 23.16      |
| 26  | 0.01   | 41.51       | 0.02    | 0.81       |
| 27  | 0.81   | 44.73       | 1.14    | 35.91      |
| 28  | 0.4    | 49.6        | 0.62    | 12.3       |
| 29  | 0.4    | 53.19       | 0.67    | 7.9        |
| 30  | 0.4    | 57.12       | 0.74    | 2.84       |

Sforzi sui conci

| Nr. | Xi<br>(kN) | Ei<br>(kN) | Xi-1<br>(kN) | Ei-1<br>(kN) | N'i<br>(kN) | Ti<br>(kN) | Ui<br>(kN) |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1   | 2.19       | 4.89       | 0.0          | 0.0          | -3.04       | 2.21       | 0.0        |
| 2   | 4.46       | 9.97       | 2.19         | 4.89         | -2.13       | 2.4        | 0.0        |
| 3   | 6.73       | 15.06      | 4.46         | 9.97         | -1.22       | 2.6        | 0.0        |
| 4   | 8.97       | 20.06      | 6.73         | 15.06        | -0.36       | 2.78       | 0.0        |
| 5   | 11.12      | 24.87      | 8.97         | 20.06        | 0.42        | 2.96       | 0.0        |
| 6   | 13.16      | 29.44      | 11.12        | 24.87        | 1.09        | 3.11       | 0.0        |
| 7   | 15.29      | 34.21      | 13.16        | 29.44        | 3.26        | 3.63       | 0.0        |
| 8   | 17.47      | 39.08      | 15.29        | 34.21        | 6.0         | 4.29       | 0.0        |
| 9   | 19.59      | 43.82      | 17.47        | 39.08        | 8.72        | 4.96       | 0.0        |
| 10  | 21.55      | 48.22      | 19.59        | 43.82        | 11.35       | 5.61       | 0.0        |
| 11  | 23.28      | 52.08      | 21.55        | 48.22        | 13.86       | 6.23       | 0.0        |
| 12  | 24.7       | 55.26      | 23.28        | 52.08        | 16.2        | 6.81       | 0.0        |
| 13  | 25.76      | 57.61      | 24.7         | 55.26        | 18.33       | 7.35       | 0.0        |
| 14  | 26.39      | 59.03      | 25.76        | 57.61        | 20.23       | 7.84       | 0.0        |
| 15  | 26.56      | 59.41      | 26.39        | 59.03        | 21.87       | 8.26       | 0.0        |

|    |       |       |       |       |       |       |     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 16 | 26.23 | 58.66 | 26.56 | 59.41 | 23.21 | 8.63  | 0.0 |
| 17 | 26.66 | 59.63 | 26.23 | 58.66 | 23.88 | 11.87 | 0.0 |
| 18 | 26.57 | 59.43 | 26.66 | 59.63 | 24.48 | 12.17 | 0.0 |
| 19 | 25.93 | 58.0  | 26.57 | 59.43 | 24.72 | 12.29 | 0.0 |
| 20 | 24.72 | 55.31 | 25.93 | 58.0  | 24.58 | 12.22 | 0.0 |
| 21 | 22.95 | 51.35 | 24.72 | 55.31 | 24.05 | 11.96 | 0.0 |
| 22 | 20.62 | 46.12 | 22.95 | 51.35 | 23.12 | 11.5  | 0.0 |
| 23 | 18.14 | 40.58 | 20.62 | 46.12 | 19.05 | 9.47  | 0.0 |
| 24 | 14.5  | 32.44 | 18.14 | 40.58 | 21.74 | 10.81 | 0.0 |
| 25 | 11.26 | 25.19 | 14.5  | 32.44 | 14.99 | 7.45  | 0.0 |
| 26 | 11.14 | 24.92 | 11.26 | 25.19 | 0.5   | 0.25  | 0.0 |
| 27 | 5.0   | 11.19 | 11.14 | 24.92 | 19.06 | 9.48  | 0.0 |
| 28 | 2.51  | 5.6   | 5.0   | 11.19 | 4.84  | 2.41  | 0.0 |
| 29 | 0.72  | 1.6   | 2.51  | 5.6   | 2.23  | 1.11  | 0.0 |
| 30 | 0.0   | 0.0   | 0.72  | 1.6   | 0.44  | 0.22  | 0.0 |

**Numero di superfici esaminate....(221)**

| N° | Xo   | Yo  | Ro   | Fs   |
|----|------|-----|------|------|
| 1  | 17.6 | 5.3 | 12.0 | 1.82 |
| 2  | 18.0 | 5.6 | 9.9  | 1.80 |
| 3  | 18.4 | 5.3 | 9.5  | 1.78 |
| 4  | 18.8 | 5.6 | 8.6  | 1.64 |
| 5  | 19.3 | 5.3 | 8.3  | 1.64 |
| 6  | 19.7 | 5.6 | 7.4  | 1.46 |
| 7  | 20.1 | 5.3 | 8.3  | 1.51 |
| 8  | 20.5 | 5.6 | 7.3  | 1.33 |
| 9  | 20.9 | 5.3 | 8.3  | 1.42 |
| 10 | 21.3 | 5.6 | 7.3  | 1.35 |
| 11 | 21.7 | 5.3 | 8.3  | 1.40 |
| 12 | 22.1 | 5.6 | 7.3  | 1.28 |
| 13 | 22.5 | 5.3 | 8.3  | 1.41 |
| 14 | 23.0 | 5.6 | 7.3  | 1.30 |
| 15 | 23.4 | 5.3 | 8.2  | 1.46 |
| 16 | 23.8 | 5.6 | 8.6  | 1.47 |
| 17 | 24.2 | 5.3 | 8.2  | 1.52 |
| 18 | 24.6 | 5.6 | 8.6  | 1.55 |
| 19 | 25.0 | 5.3 | 8.2  | 1.62 |
| 20 | 25.4 | 5.6 | 8.6  | 1.66 |
| 21 | 25.8 | 5.3 | 8.2  | 1.79 |
| 22 | 17.6 | 5.9 | 11.4 | 1.82 |
| 23 | 18.0 | 6.3 | 10.5 | 1.74 |
| 24 | 18.4 | 5.9 | 8.9  | 1.69 |
| 25 | 18.8 | 6.3 | 9.3  | 1.57 |
| 26 | 19.3 | 5.9 | 7.7  | 1.53 |
| 27 | 19.7 | 6.3 | 9.3  | 1.44 |
| 28 | 20.1 | 5.9 | 7.7  | 1.36 |
| 29 | 20.5 | 6.3 | 8.0  | 1.35 |
| 30 | 20.9 | 5.9 | 7.7  | 1.29 |
| 31 | 21.3 | 6.3 | 8.0  | 1.28 |
| 32 | 21.7 | 5.9 | 7.7  | 1.28 |
| 33 | 22.1 | 6.3 | 8.0  | 1.28 |



| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |      |     |      |      |
|----|------|-----|------|------|
| 34 | 22.5 | 5.9 | 7.7  | 1.30 |
| 35 | 23.0 | 6.3 | 8.0  | 1.32 |
| 36 | 23.4 | 5.9 | 7.6  | 1.33 |
| 37 | 23.8 | 6.3 | 8.0  | 1.38 |
| 38 | 24.2 | 5.9 | 7.6  | 1.42 |
| 39 | 24.6 | 6.3 | 8.0  | 1.49 |
| 40 | 25.0 | 5.9 | 7.6  | 1.58 |
| 41 | 25.4 | 6.3 | 9.2  | 1.63 |
| 42 | 25.8 | 5.9 | 8.9  | 1.71 |
| 43 | 17.6 | 6.6 | 12.1 | 1.77 |
| 44 | 18.0 | 6.9 | 11.2 | 1.68 |
| 45 | 18.4 | 6.6 | 9.6  | 1.61 |
| 46 | 18.8 | 6.9 | 8.7  | 1.54 |
| 47 | 19.3 | 6.6 | 8.3  | 1.48 |
| 48 | 19.7 | 6.9 | 8.7  | 1.39 |
| 49 | 20.1 | 6.6 | 8.3  | 1.35 |
| 50 | 20.5 | 6.9 | 8.7  | 1.37 |
| 51 | 20.9 | 6.6 | 8.3  | 1.29 |
| 52 | 21.3 | 6.9 | 8.6  | 1.28 |
| 53 | 21.7 | 6.6 | 8.3  | 1.26 |
| 54 | 22.1 | 6.9 | 8.6  | 1.28 |
| 55 | 22.5 | 6.6 | 8.3  | 1.28 |
| 56 | 23.0 | 6.9 | 8.6  | 1.31 |
| 57 | 23.4 | 6.6 | 8.3  | 1.31 |
| 58 | 23.8 | 6.9 | 8.6  | 1.37 |
| 59 | 24.2 | 6.6 | 8.3  | 1.42 |
| 60 | 24.6 | 6.9 | 8.6  | 1.46 |
| 61 | 25.0 | 6.6 | 8.3  | 1.55 |
| 62 | 25.4 | 6.9 | 9.7  | 1.60 |
| 63 | 25.8 | 6.6 | 9.3  | 1.69 |
| 64 | 17.6 | 7.2 | 11.5 | 1.70 |
| 65 | 18.0 | 7.6 | 10.6 | 1.63 |
| 66 | 18.4 | 7.2 | 10.2 | 1.58 |
| 67 | 18.8 | 7.6 | 9.3  | 1.48 |
| 68 | 19.3 | 7.2 | 9.0  | 1.43 |
| 69 | 19.7 | 7.6 | 9.3  | 1.36 |
| 70 | 20.1 | 7.2 | 9.0  | 1.33 |
| 71 | 20.5 | 7.6 | 9.3  | 1.30 |
| 72 | 20.9 | 7.2 | 9.0  | 1.29 |
| 73 | 21.3 | 7.6 | 9.3  | 1.27 |
| 74 | 21.7 | 7.2 | 9.0  | 1.28 |
| 75 | 22.1 | 7.6 | 9.3  | 1.27 |
| 76 | 22.5 | 7.2 | 9.0  | 1.29 |
| 77 | 23.0 | 7.6 | 9.3  | 1.28 |
| 78 | 23.4 | 7.2 | 9.0  | 1.33 |
| 79 | 23.8 | 7.6 | 9.3  | 1.36 |
| 80 | 24.2 | 7.2 | 8.9  | 1.41 |
| 81 | 24.6 | 7.6 | 9.2  | 1.45 |
| 82 | 25.0 | 7.2 | 8.8  | 1.52 |
| 83 | 25.4 | 7.6 | 9.7  | 1.59 |
| 84 | 25.8 | 7.2 | 9.3  | 1.67 |
| 85 | 17.6 | 7.9 | 10.9 | 1.68 |
| 86 | 18.0 | 8.2 | 12.5 | 1.61 |
| 87 | 18.4 | 7.9 | 10.9 | 1.54 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 88 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |     |      |      |
|-----|------|-----|------|------|
| 88  | 18.8 | 8.2 | 10.0 | 1.46 |
| 89  | 19.3 | 7.9 | 9.6  | 1.42 |
| 90  | 19.7 | 8.2 | 10.0 | 1.41 |
| 91  | 20.1 | 7.9 | 9.6  | 1.32 |
| 92  | 20.5 | 8.2 | 10.0 | 1.30 |
| 93  | 20.9 | 7.9 | 9.6  | 1.28 |
| 94  | 21.3 | 8.2 | 10.0 | 1.29 |
| 95  | 21.7 | 7.9 | 9.6  | 1.27 |
| 96  | 22.1 | 8.2 | 9.9  | 1.29 |
| 97  | 22.5 | 7.9 | 9.6  | 1.29 |
| 98  | 23.0 | 8.2 | 9.9  | 1.31 |
| 99  | 23.4 | 7.9 | 9.6  | 1.33 |
| 100 | 23.8 | 8.2 | 9.9  | 1.36 |
| 101 | 24.2 | 7.9 | 9.6  | 1.39 |
| 102 | 24.6 | 8.2 | 10.6 | 1.47 |
| 103 | 25.0 | 7.9 | 10.1 | 1.52 |
| 104 | 25.4 | 8.2 | 11.1 | 1.57 |
| 105 | 25.8 | 7.9 | 10.6 | 1.62 |
| 106 | 17.6 | 8.6 | 11.6 | 1.65 |
| 107 | 18.0 | 8.9 | 10.6 | 1.58 |
| 108 | 18.4 | 8.6 | 10.3 | 1.51 |
| 109 | 18.8 | 8.9 | 10.6 | 1.43 |
| 110 | 19.3 | 8.6 | 10.3 | 1.39 |
| 111 | 19.7 | 8.9 | 10.6 | 1.35 |
| 112 | 20.1 | 8.6 | 10.3 | 1.32 |
| 113 | 20.5 | 8.9 | 10.6 | 1.30 |
| 114 | 20.9 | 8.6 | 10.3 | 1.28 |
| 115 | 21.3 | 8.9 | 10.6 | 1.28 |
| 116 | 21.7 | 8.6 | 10.3 | 1.27 |
| 117 | 22.1 | 8.9 | 10.6 | 1.28 |
| 118 | 22.5 | 8.6 | 10.3 | 1.33 |
| 119 | 23.0 | 8.9 | 10.6 | 1.31 |
| 120 | 23.4 | 8.6 | 10.3 | 1.33 |
| 121 | 23.8 | 8.9 | 10.1 | 1.36 |
| 122 | 24.2 | 8.6 | 9.7  | 1.39 |
| 123 | 24.6 | 8.9 | 10.6 | 1.45 |
| 124 | 25.0 | 8.6 | 10.2 | 1.51 |
| 125 | 25.4 | 8.9 | 11.2 | 1.55 |
| 126 | 25.8 | 8.6 | 10.7 | 1.62 |
| 127 | 17.6 | 9.2 | 12.2 | 1.60 |
| 128 | 18.0 | 9.5 | 12.5 | 1.53 |
| 129 | 18.4 | 9.2 | 11.0 | 1.50 |
| 130 | 18.8 | 9.5 | 10.0 | 1.39 |
| 131 | 19.3 | 9.2 | 11.0 | 1.38 |
| 132 | 19.7 | 9.5 | 11.3 | 1.35 |
| 133 | 20.1 | 9.2 | 10.9 | 1.32 |
| 134 | 20.5 | 9.5 | 11.3 | 1.33 |
| 135 | 20.9 | 9.2 | 10.9 | 1.30 |
| 136 | 21.3 | 9.5 | 11.3 | 1.28 |
| 137 | 21.7 | 9.2 | 10.9 | 1.29 |
| 138 | 22.1 | 9.5 | 11.3 | 1.33 |
| 139 | 22.5 | 9.2 | 10.9 | 1.32 |
| 140 | 23.0 | 9.5 | 10.9 | 1.32 |
| 141 | 23.4 | 9.2 | 10.5 | 1.32 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 89 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 142 | 23.8 | 9.5  | 11.5 | 1.40 |
| 143 | 24.2 | 9.2  | 11.1 | 1.42 |
| 144 | 24.6 | 9.5  | 10.7 | 1.45 |
| 145 | 25.0 | 9.2  | 11.6 | 1.51 |
| 146 | 25.4 | 9.5  | 11.3 | 1.57 |
| 147 | 25.8 | 9.2  | 12.2 | 1.60 |
| 148 | 17.6 | 9.9  | 14.1 | 1.60 |
| 149 | 18.0 | 10.2 | 13.2 | 1.50 |
| 150 | 18.4 | 9.9  | 12.9 | 1.48 |
| 151 | 18.8 | 10.2 | 10.7 | 1.38 |
| 152 | 19.3 | 9.9  | 10.4 | 1.33 |
| 153 | 19.7 | 10.2 | 10.7 | 1.31 |
| 154 | 20.1 | 9.9  | 10.4 | 1.27 |
| 155 | 20.5 | 10.2 | 10.7 | 1.27 |
| 156 | 20.9 | 9.9  | 10.3 | 1.26 |
| 157 | 21.3 | 10.2 | 10.7 | 1.27 |
| 158 | 21.7 | 9.9  | 10.3 | 1.27 |
| 159 | 22.1 | 10.2 | 11.6 | 1.30 |
| 160 | 22.5 | 9.9  | 11.2 | 1.32 |
| 161 | 23.0 | 10.2 | 11.0 | 1.32 |
| 162 | 23.4 | 9.9  | 10.6 | 1.36 |
| 163 | 23.8 | 10.2 | 11.6 | 1.39 |
| 164 | 24.2 | 9.9  | 11.2 | 1.41 |
| 165 | 24.6 | 10.2 | 12.2 | 1.47 |
| 166 | 25.0 | 9.9  | 11.7 | 1.50 |
| 167 | 25.4 | 10.2 | 12.8 | 1.55 |
| 168 | 25.8 | 9.9  | 12.3 | 1.60 |
| 169 | 17.6 | 10.5 | 13.5 | 1.56 |
| 170 | 18.0 | 10.8 | 13.9 | 1.50 |
| 171 | 18.4 | 10.5 | 11.0 | 1.45 |
| 172 | 18.8 | 10.8 | 11.3 | 1.38 |
| 173 | 19.3 | 10.5 | 11.0 | 1.33 |
| 174 | 19.7 | 10.8 | 11.3 | 1.31 |
| 175 | 20.1 | 10.5 | 11.0 | 1.29 |
| 176 | 20.5 | 10.8 | 11.3 | 1.29 |
| 177 | 20.9 | 10.5 | 11.0 | 1.28 |
| 178 | 21.3 | 10.8 | 12.3 | 1.32 |
| 179 | 21.7 | 10.5 | 11.9 | 1.31 |
| 180 | 22.1 | 10.8 | 11.9 | 1.30 |
| 181 | 22.5 | 10.5 | 11.5 | 1.33 |
| 182 | 23.0 | 10.8 | 12.5 | 1.35 |
| 183 | 23.4 | 10.5 | 12.0 | 1.36 |
| 184 | 23.8 | 10.8 | 13.1 | 1.43 |
| 185 | 24.2 | 10.5 | 11.3 | 1.42 |
| 186 | 24.6 | 10.8 | 12.3 | 1.48 |
| 187 | 25.0 | 10.5 | 11.9 | 1.51 |
| 188 | 25.4 | 10.8 | 13.0 | 1.56 |
| 189 | 25.8 | 10.5 | 12.5 | 1.60 |
| 190 | 17.6 | 11.2 | 14.2 | 1.57 |
| 191 | 18.0 | 11.5 | 14.5 | 1.51 |
| 192 | 18.4 | 11.2 | 11.7 | 1.44 |
| 193 | 18.8 | 11.5 | 12.0 | 1.38 |
| 194 | 19.3 | 11.2 | 11.7 | 1.34 |
| 195 | 19.7 | 11.5 | 12.0 | 1.32 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 90 di 143 |

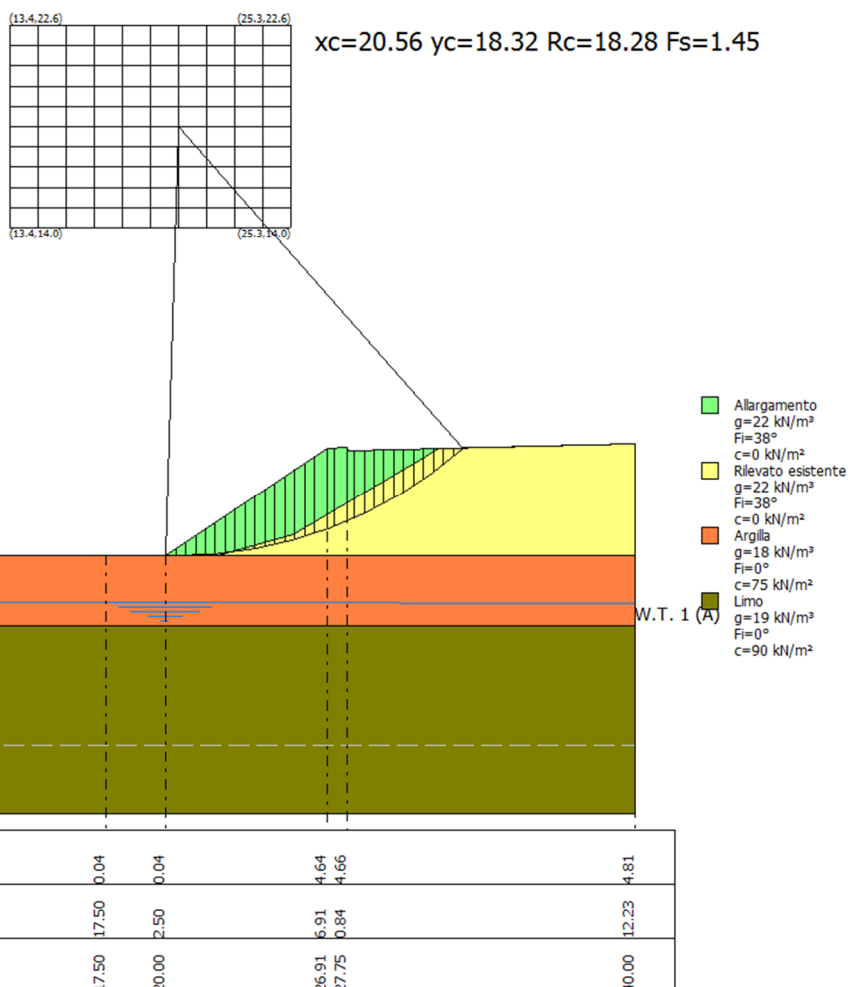
|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>  | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i> | <i>Progetto definitivo</i> |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 196 | 20.1 | 11.2 | 11.7 | 1.30 |
| 197 | 20.5 | 11.5 | 13.0 | 1.35 |
| 198 | 20.9 | 11.2 | 12.6 | 1.32 |
| 199 | 21.3 | 11.5 | 12.6 | 1.31 |
| 200 | 21.7 | 11.2 | 12.2 | 1.30 |
| 201 | 22.1 | 11.5 | 12.0 | 1.34 |
| 202 | 22.5 | 11.2 | 12.9 | 1.35 |
| 203 | 23.0 | 11.5 | 12.6 | 1.35 |
| 204 | 23.4 | 11.2 | 12.2 | 1.38 |
| 205 | 23.8 | 11.5 | 13.3 | 1.42 |
| 206 | 24.2 | 11.2 | 12.8 | 1.43 |
| 207 | 24.6 | 11.5 | 13.9 | 1.47 |
| 208 | 25.0 | 11.2 | 13.4 | 1.52 |
| 209 | 25.4 | 11.5 | 13.2 | 1.56 |
| 210 | 25.8 | 11.2 | 12.7 | 1.63 |
| 211 | 17.6 | 11.8 | 14.8 | 1.53 |
| 212 | 18.4 | 11.8 | 12.3 | 1.44 |
| 213 | 19.3 | 11.8 | 12.3 | 1.35 |
| 214 | 20.1 | 11.8 | 12.0 | 1.30 |
| 215 | 20.9 | 11.8 | 12.9 | 1.32 |
| 216 | 21.7 | 11.8 | 12.4 | 1.33 |
| 217 | 22.5 | 11.8 | 13.1 | 1.37 |
| 218 | 23.4 | 11.8 | 13.7 | 1.41 |
| 219 | 24.2 | 11.8 | 12.9 | 1.44 |
| 220 | 25.0 | 11.8 | 13.6 | 1.52 |
| 221 | 25.8 | 11.8 | 12.9 | 1.65 |

=====

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 91 di 143 |

**Condizione sismica non drenata**



**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Lat./Long.  | 44.905591/10.848479 |
| Normativa   | NTC 2008 e Circ.    |
| Numero di strati                                  | 4.0                 |
| Numero dei conci                                  | 30.0                |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile           | 1.1                 |
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco               |
| Analisi   | Condizione drenata  |
| Superficie di forma circolare                     |                     |

**Maglia dei Centri**

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | 13.39 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 14.04 m |

|  |                                |             |      |           |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 92 di 143 |

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| Ascissa vertice destro superiore xs  | 25.34 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 22.61 m |
| Passo di ricerca                     | 10.0    |
| Numero di celle lungo x              | 10.0    |
| Numero di celle lungo y              | 10.0    |

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Tipo opera:          | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso:        | Classe IV           |
| Vita nominale:       | 100.0 [anni]        |
| Vita di riferimento: | 200.0 [anni]        |

**Parametri sismici su sito di riferimento**

|                        |    |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo:  | C  |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O.               | 120.0                         | 0.65                      | 2.51      | 0.29         |
| S.L.D.               | 201.0                         | 0.82                      | 2.55      | 0.28         |
| S.L.V.               | 1898.0                        | 2.14                      | 2.49      | 0.29         |
| S.L.C.               | 2475.0                        | 2.37                      | 2.47      | 0.29         |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s <sup>2</sup> ] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O.               | 0.975                       | 0.18        | 0.0179    | 0.0089      |
| S.L.D.               | 1.23                        | 0.18        | 0.0226    | 0.0113      |
| S.L.V.               | 2.9403                      | 0.31        | 0.093     | 0.0465      |
| S.L.C.               | 3.1801                      | 0.31        | 0.1005    | 0.0503      |

|   |       |
|---|-------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0.093 |
| Coefficiente azione sismica verticale   | 0.047 |

**Vertici profilo**

| Nr | X<br>(m) | y<br>(m) |
|----|----------|----------|
| 1  | 0.0      | 0.0      |
| 2  | 17.5     | 0.04     |
| 3  | 20.0     | 0.04     |
| 4  | 26.91    | 4.64     |
| 5  | 27.75    | 4.66     |
| 6  | 27.77    | 4.52     |
| 7  | 40.0     | 4.81     |

**Falda**

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 93 di 143 |

| Nr. | X (m) | y (m) |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0.0   | -2.0  |
| 2   | 20.0  | -1.96 |
| 3   | 40.0  | -2.0  |

**Vertici strato .....1**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 14.7  | 0.03  |
| 3 | 22.27 | 0.04  |
| 4 | 25.43 | 0.96  |
| 5 | 31.07 | 4.29  |
| 6 | 31.62 | 4.61  |
| 7 | 40.0  | 4.81  |

**Vertici strato .....2**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 14.7  | 0.03  |
| 3 | 22.27 | 0.04  |
| 4 | 40.0  | 0.04  |

**Vertici strato .....3**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | -2.96 |
| 2 | 40.0  | -2.96 |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |
| Riduzione parametri geotecnici terreno  | Si   |

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione (kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia             |
|--------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------|
| 1      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Allargament<br>o      |
| 2      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Rilevato<br>esistente |
| 3      | 75                            | 0   | 0                               | 18  | 19                               | Argilla               |
| 4      | 90                            | 0   | 0                               | 19  | 20                               | Limo                  |

**Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]**

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Fs minimo individuato     | 1.45    |
| Ascissa centro superficie | 20.56 m |

|  EN GEO S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|--|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 94 di 143 |

Ordinata centro superficie 18.32 m  
 Raggio superficie 18.28 m

xc = 20.564 yc = 18.324 Rc = 18.277 Fs=1.455  
 Lambda = 0.575

| Nr. | B<br>m | Alfa<br>(°) | Li<br>m | Wi<br>(kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|
| 1   | 0.42   | -1.04       | 0.42    | 1.35       |
| 2   | 0.42   | 0.29        | 0.42    | 3.99       |
| 3   | 0.42   | 1.61        | 0.42    | 6.53       |
| 4   | 0.42   | 2.93        | 0.42    | 8.98       |
| 5   | 0.42   | 4.26        | 0.42    | 11.35      |
| 6   | 0.42   | 5.58        | 0.42    | 13.62      |
| 7   | 0.42   | 6.91        | 0.42    | 15.8       |
| 8   | 0.42   | 8.25        | 0.43    | 17.89      |
| 9   | 0.42   | 9.59        | 0.43    | 19.88      |
| 10  | 0.42   | 10.93       | 0.43    | 21.79      |
| 11  | 0.42   | 12.28       | 0.43    | 23.59      |
| 12  | 0.42   | 13.64       | 0.43    | 25.3       |
| 13  | 0.42   | 15.0        | 0.44    | 26.91      |
| 14  | 0.42   | 16.38       | 0.44    | 28.42      |
| 15  | 0.42   | 17.76       | 0.44    | 29.83      |
| 16  | 0.56   | 19.38       | 0.59    | 41.34      |
| 17  | 0.29   | 20.78       | 0.31    | 21.53      |
| 18  | 0.56   | 22.21       | 0.6     | 39.92      |
| 19  | 0.29   | 23.64       | 0.31    | 18.47      |
| 20  | 0.42   | 24.86       | 0.46    | 25.89      |
| 21  | 0.42   | 26.33       | 0.47    | 24.11      |
| 22  | 0.42   | 27.81       | 0.48    | 22.2       |
| 23  | 0.42   | 29.32       | 0.48    | 20.17      |
| 24  | 0.42   | 30.85       | 0.49    | 17.99      |
| 25  | 0.42   | 32.4        | 0.5     | 15.68      |
| 26  | 0.42   | 33.98       | 0.51    | 13.21      |
| 27  | 0.42   | 35.59       | 0.52    | 10.59      |
| 28  | 0.42   | 37.23       | 0.53    | 7.79       |
| 29  | 0.42   | 38.91       | 0.54    | 4.82       |
| 30  | 0.42   | 40.63       | 0.56    | 1.66       |

Sforzi sui conci

| Nr. | Xi<br>(kN) | Ei<br>(kN) | Xi-1<br>(kN) | Ei-1<br>(kN) | N'i<br>(kN) | Ti<br>(kN) | Ui<br>(kN) |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1   | 0.4        | 0.69       | 0.0          | 0.0          | 1.01        | 0.43       | 0.0        |
| 2   | 1.46       | 2.54       | 0.4          | 0.69         | 3.12        | 1.34       | 0.0        |
| 3   | 3.03       | 5.27       | 1.46         | 2.54         | 5.32        | 2.29       | 0.0        |
| 4   | 4.97       | 8.63       | 3.03         | 5.27         | 7.59        | 3.26       | 0.0        |
| 5   | 7.14       | 12.42      | 4.97         | 8.63         | 9.88        | 4.24       | 0.0        |
| 6   | 9.45       | 16.43      | 7.14         | 12.42        | 12.16       | 5.23       | 0.0        |
| 7   | 11.79      | 20.49      | 9.45         | 16.43        | 14.41       | 6.19       | 0.0        |
| 8   | 14.07      | 24.46      | 11.79        | 20.49        | 16.61       | 7.13       | 0.0        |
| 9   | 16.22      | 28.19      | 14.07        | 24.46        | 18.72       | 8.04       | 0.0        |
| 10  | 18.17      | 31.57      | 16.22        | 28.19        | 20.74       | 8.91       | 0.0        |




|    |       |       |       |       |       |       |     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 11 | 19.85 | 34.49 | 18.17 | 31.57 | 22.65 | 9.73  | 0.0 |
| 12 | 21.21 | 36.85 | 19.85 | 34.49 | 24.42 | 10.49 | 0.0 |
| 13 | 22.2  | 38.58 | 21.21 | 36.85 | 26.05 | 11.19 | 0.0 |
| 14 | 22.78 | 39.59 | 22.2  | 38.58 | 27.53 | 11.83 | 0.0 |
| 15 | 22.92 | 39.83 | 22.78 | 39.59 | 28.84 | 12.39 | 0.0 |
| 16 | 22.37 | 38.88 | 22.92 | 39.83 | 39.76 | 17.08 | 0.0 |
| 17 | 21.76 | 37.82 | 22.37 | 38.88 | 20.56 | 8.83  | 0.0 |
| 18 | 20.04 | 34.83 | 21.76 | 37.82 | 37.75 | 16.22 | 0.0 |
| 19 | 18.98 | 32.99 | 20.04 | 34.83 | 17.26 | 7.42  | 0.0 |
| 20 | 17.19 | 29.87 | 18.98 | 32.99 | 23.9  | 10.27 | 0.0 |
| 21 | 15.18 | 26.38 | 17.19 | 29.87 | 21.88 | 9.4   | 0.0 |
| 22 | 13.02 | 22.63 | 15.18 | 26.38 | 19.76 | 8.49  | 0.0 |
| 23 | 10.79 | 18.75 | 13.02 | 22.63 | 17.54 | 7.53  | 0.0 |
| 24 | 8.55  | 14.86 | 10.79 | 18.75 | 15.24 | 6.55  | 0.0 |
| 25 | 6.39  | 11.11 | 8.55  | 14.86 | 12.89 | 5.54  | 0.0 |
| 26 | 4.39  | 7.64  | 6.39  | 11.11 | 10.5  | 4.51  | 0.0 |
| 27 | 2.65  | 4.61  | 4.39  | 7.64  | 8.09  | 3.48  | 0.0 |
| 28 | 1.26  | 2.2   | 2.65  | 4.61  | 5.7   | 2.45  | 0.0 |
| 29 | 0.34  | 0.59  | 1.26  | 2.2   | 3.36  | 1.44  | 0.0 |
| 30 | 0.0   | 0.0   | 0.34  | 0.59  | 1.09  | 0.47  | 0.0 |

Numero di superfici esaminate....(208)

| N° | Xo   | Yo   | Ro   | Fs   |
|----|------|------|------|------|
| 1  | 13.4 | 14.0 | 17.5 | 5.86 |
| 2  | 14.0 | 14.5 | 19.1 | 4.04 |
| 3  | 14.6 | 14.0 | 19.2 | 3.67 |
| 4  | 15.2 | 14.5 | 19.9 | 3.39 |
| 5  | 15.8 | 14.0 | 20.0 | 3.12 |
| 6  | 16.4 | 14.5 | 20.7 | 2.98 |
| 7  | 17.0 | 14.0 | 19.5 | 3.00 |
| 8  | 17.6 | 14.5 | 21.1 | 2.77 |
| 9  | 18.2 | 14.0 | 20.7 | 2.70 |
| 10 | 18.8 | 14.5 | 21.0 | 2.64 |
| 11 | 19.4 | 14.0 | 20.6 | 2.60 |
| 12 | 20.0 | 14.5 | 20.7 | 2.58 |
| 13 | 20.6 | 14.0 | 16.9 | 2.55 |
| 14 | 21.2 | 14.5 | 14.9 | 2.59 |
| 15 | 21.8 | 14.0 | 14.2 | 2.30 |
| 16 | 22.4 | 14.5 | 17.0 | 2.42 |
| 17 | 23.0 | 14.0 | 14.7 | 2.40 |
| 18 | 23.6 | 14.5 | 14.3 | 1.79 |
| 19 | 24.1 | 14.0 | 13.6 | 1.88 |
| 20 | 24.7 | 14.5 | 14.8 | 2.26 |
| 21 | 25.3 | 14.0 | 14.1 | 2.23 |
| 22 | 13.4 | 14.9 | 18.1 | 5.57 |
| 23 | 14.0 | 15.3 | 18.8 | 4.65 |
| 24 | 14.6 | 14.9 | 18.8 | 4.10 |
| 25 | 15.2 | 15.3 | 20.5 | 3.37 |
| 26 | 15.8 | 14.9 | 20.6 | 3.15 |
| 27 | 16.4 | 15.3 | 20.0 | 3.23 |
| 28 | 17.0 | 14.9 | 21.3 | 2.85 |


| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|
| 29 | 17.6 | 15.3 | 21.9 | 2.77 |
| 30 | 18.2 | 14.9 | 21.5 | 2.69 |
| 31 | 18.8 | 15.3 | 20.2 | 2.78 |
| 32 | 19.4 | 14.9 | 15.1 | 2.66 |
| 33 | 20.0 | 15.3 | 21.0 | 2.60 |
| 34 | 20.6 | 14.9 | 17.1 | 2.65 |
| 35 | 21.2 | 15.3 | 18.3 | 2.55 |
| 36 | 21.8 | 14.9 | 17.6 | 2.46 |
| 37 | 22.4 | 15.3 | 15.6 | 2.40 |
| 38 | 23.0 | 14.9 | 15.0 | 2.07 |
| 39 | 23.6 | 15.3 | 14.6 | 1.78 |
| 40 | 24.1 | 14.9 | 15.5 | 2.36 |
| 41 | 24.7 | 15.3 | 15.2 | 2.06 |
| 42 | 25.3 | 14.9 | 14.5 | 2.18 |
| 43 | 13.4 | 15.8 | 18.8 | 5.36 |
| 44 | 14.0 | 16.2 | 20.4 | 4.09 |
| 45 | 14.6 | 15.8 | 20.5 | 3.66 |
| 46 | 15.2 | 16.2 | 20.0 | 3.76 |
| 47 | 15.8 | 15.8 | 20.0 | 3.43 |
| 48 | 16.4 | 16.2 | 20.4 | 3.29 |
| 49 | 17.0 | 15.8 | 21.8 | 2.87 |
| 50 | 17.6 | 16.2 | 22.4 | 2.78 |
| 51 | 18.2 | 15.8 | 22.2 | 2.69 |
| 52 | 18.8 | 16.2 | 22.4 | 2.65 |
| 53 | 19.4 | 15.8 | 21.7 | 2.64 |
| 54 | 20.0 | 16.2 | 21.4 | 2.64 |
| 55 | 20.6 | 15.8 | 15.8 | 1.96 |
| 56 | 21.2 | 16.2 | 18.7 | 2.56 |
| 57 | 21.8 | 15.8 | 18.0 | 2.53 |
| 58 | 22.4 | 16.2 | 15.9 | 1.63 |
| 59 | 23.0 | 15.8 | 15.3 | 1.70 |
| 60 | 23.6 | 16.2 | 16.6 | 2.36 |
| 61 | 24.1 | 15.8 | 15.9 | 2.18 |
| 62 | 24.7 | 16.2 | 15.6 | 2.07 |
| 63 | 25.3 | 15.8 | 14.9 | 2.19 |
| 64 | 13.4 | 16.6 | 20.4 | 4.95 |
| 65 | 14.0 | 17.0 | 20.1 | 4.86 |
| 66 | 14.6 | 16.6 | 20.0 | 4.13 |
| 67 | 15.2 | 17.0 | 21.7 | 3.45 |
| 68 | 15.8 | 16.6 | 20.5 | 3.52 |
| 69 | 16.4 | 17.0 | 20.9 | 3.33 |
| 70 | 17.0 | 16.6 | 20.9 | 3.13 |
| 71 | 17.6 | 17.0 | 21.3 | 3.01 |
| 72 | 18.2 | 16.6 | 21.3 | 2.87 |
| 73 | 18.8 | 17.0 | 22.8 | 2.68 |
| 74 | 19.4 | 16.6 | 20.4 | 2.81 |
| 75 | 20.0 | 17.0 | 20.1 | 2.70 |
| 76 | 20.6 | 16.6 | 19.4 | 2.60 |
| 77 | 21.2 | 17.0 | 17.3 | 2.52 |
| 78 | 21.8 | 16.6 | 16.6 | 1.92 |
| 79 | 22.4 | 17.0 | 19.7 | 2.46 |
| 80 | 23.0 | 16.6 | 17.3 | 2.50 |
| 81 | 23.6 | 17.0 | 17.0 | 1.87 |
| 82 | 24.1 | 16.6 | 16.3 | 1.96 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 97 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 83  | 24.7 | 17.0 | 16.0 | 2.08 |
| 84  | 25.3 | 16.6 | 15.3 | 2.21 |
| 85  | 13.4 | 17.5 | 20.2 | 5.48 |
| 86  | 14.0 | 17.9 | 20.6 | 4.93 |
| 87  | 14.6 | 17.5 | 20.6 | 4.15 |
| 88  | 15.2 | 17.9 | 22.2 | 3.50 |
| 89  | 15.8 | 17.5 | 22.2 | 3.23 |
| 90  | 16.4 | 17.9 | 21.4 | 3.38 |
| 91  | 17.0 | 17.5 | 21.4 | 3.19 |
| 92  | 17.6 | 17.9 | 21.8 | 3.05 |
| 93  | 18.2 | 17.5 | 23.5 | 2.74 |
| 94  | 18.8 | 17.9 | 18.0 | 2.60 |
| 95  | 19.4 | 17.5 | 20.8 | 2.81 |
| 96  | 20.0 | 17.9 | 22.2 | 2.72 |
| 97  | 20.6 | 17.5 | 21.5 | 2.66 |
| 98  | 21.2 | 17.9 | 17.6 | 1.50 |
| 99  | 21.8 | 17.5 | 20.4 | 2.50 |
| 100 | 22.4 | 17.9 | 18.4 | 2.55 |
| 101 | 23.0 | 17.5 | 17.7 | 2.34 |
| 102 | 23.6 | 17.9 | 17.4 | 1.88 |
| 103 | 24.1 | 17.5 | 16.7 | 1.97 |
| 104 | 24.7 | 17.9 | 16.4 | 2.10 |
| 105 | 25.3 | 17.5 | 17.5 | 2.28 |
| 106 | 13.4 | 18.3 | 21.7 | 4.94 |
| 107 | 14.0 | 18.8 | 21.2 | 5.13 |
| 108 | 14.6 | 18.3 | 22.2 | 3.80 |
| 109 | 15.2 | 18.8 | 22.8 | 3.53 |
| 110 | 15.8 | 18.3 | 21.4 | 3.61 |
| 111 | 16.4 | 18.8 | 23.4 | 3.13 |
| 112 | 17.0 | 18.3 | 23.4 | 2.97 |
| 113 | 17.6 | 18.8 | 24.0 | 2.86 |
| 114 | 18.2 | 18.3 | 23.9 | 2.73 |
| 115 | 18.8 | 18.8 | 21.8 | 2.87 |
| 116 | 19.4 | 18.3 | 21.1 | 2.77 |
| 117 | 20.0 | 18.8 | 19.0 | 2.73 |
| 118 | 20.6 | 18.3 | 18.3 | 1.45 |
| 119 | 21.2 | 18.8 | 19.8 | 2.79 |
| 120 | 21.8 | 18.3 | 19.1 | 2.69 |
| 121 | 22.4 | 18.8 | 18.8 | 2.02 |
| 122 | 23.0 | 18.3 | 18.1 | 1.80 |
| 123 | 23.6 | 18.8 | 17.8 | 1.89 |
| 124 | 24.1 | 18.3 | 17.1 | 1.99 |
| 125 | 25.3 | 18.3 | 18.0 | 2.25 |
| 126 | 13.4 | 19.2 | 22.3 | 4.65 |
| 127 | 14.0 | 19.6 | 21.7 | 5.36 |
| 128 | 14.6 | 19.2 | 21.6 | 4.43 |
| 129 | 15.2 | 19.6 | 22.0 | 4.06 |
| 130 | 15.8 | 19.2 | 21.9 | 3.62 |
| 131 | 16.4 | 19.6 | 24.0 | 3.17 |
| 132 | 17.0 | 19.2 | 22.3 | 3.25 |
| 133 | 17.6 | 19.6 | 22.8 | 3.11 |
| 134 | 18.2 | 19.2 | 24.3 | 2.81 |
| 135 | 18.8 | 19.6 | 22.2 | 2.92 |
| 136 | 19.4 | 19.2 | 21.5 | 2.88 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 98 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

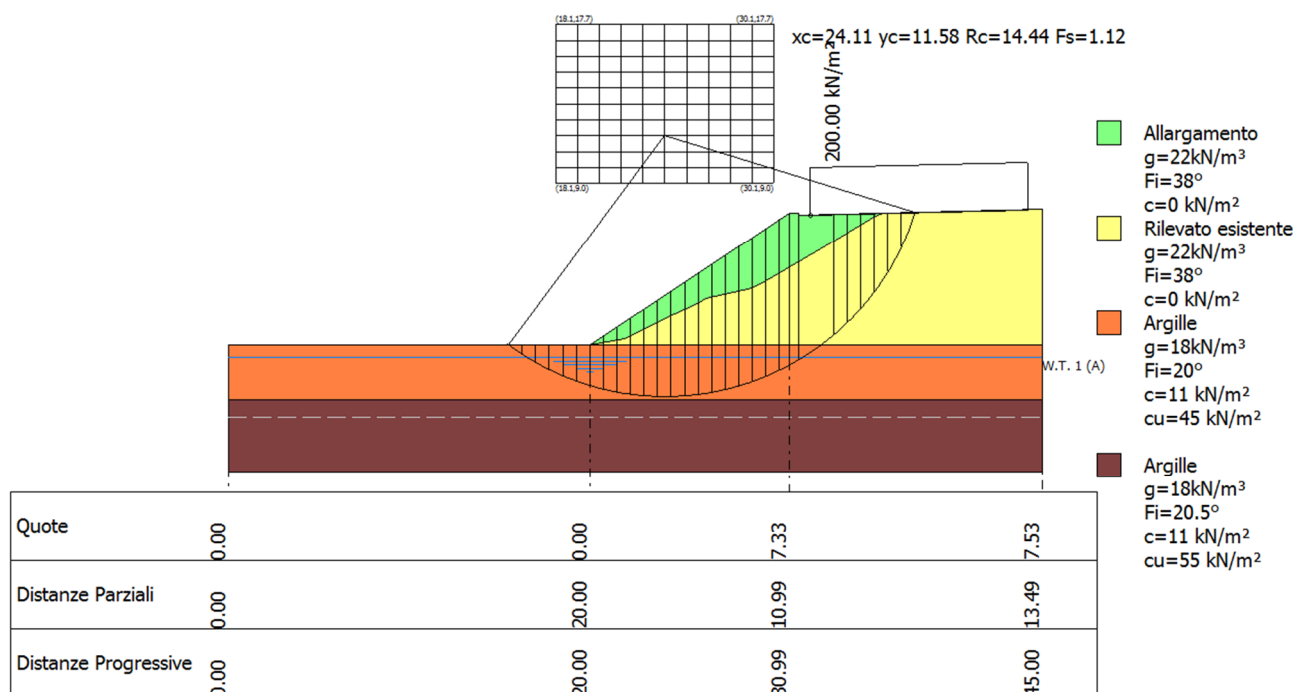
|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 137 | 20.0 | 19.6 | 21.2 | 2.95 |
| 138 | 20.6 | 19.2 | 22.3 | 2.68 |
| 139 | 21.2 | 19.6 | 22.1 | 2.63 |
| 140 | 21.8 | 19.2 | 19.5 | 2.57 |
| 141 | 22.4 | 19.6 | 19.2 | 1.73 |
| 142 | 23.0 | 19.2 | 18.5 | 1.81 |
| 143 | 24.1 | 19.2 | 19.5 | 2.36 |
| 144 | 24.7 | 19.6 | 19.3 | 2.15 |
| 145 | 25.3 | 19.2 | 18.6 | 2.27 |
| 146 | 13.4 | 20.0 | 23.0 | 4.60 |
| 147 | 14.0 | 20.5 | 22.2 | 5.78 |
| 148 | 14.6 | 20.0 | 22.1 | 4.64 |
| 149 | 15.2 | 20.5 | 22.5 | 4.24 |
| 150 | 15.8 | 20.0 | 24.0 | 3.38 |
| 151 | 16.4 | 20.5 | 22.9 | 3.54 |
| 152 | 17.0 | 20.0 | 22.8 | 3.24 |
| 153 | 17.6 | 20.5 | 25.1 | 2.94 |
| 154 | 18.2 | 20.0 | 24.7 | 2.85 |
| 155 | 18.8 | 20.5 | 20.6 | 2.92 |
| 156 | 19.4 | 20.0 | 21.9 | 3.00 |
| 157 | 20.0 | 20.5 | 23.5 | 2.75 |
| 158 | 20.6 | 20.0 | 22.8 | 2.65 |
| 159 | 21.2 | 20.5 | 20.6 | 2.41 |
| 160 | 21.8 | 20.0 | 19.9 | 1.67 |
| 161 | 22.4 | 20.5 | 19.6 | 1.75 |
| 162 | 23.0 | 20.0 | 18.9 | 1.82 |
| 163 | 24.1 | 20.0 | 20.0 | 2.06 |
| 164 | 25.3 | 20.0 | 19.1 | 2.29 |
| 165 | 13.4 | 20.9 | 22.4 | 7.18 |
| 166 | 14.0 | 21.3 | 22.8 | 6.14 |
| 167 | 14.6 | 20.9 | 22.7 | 4.98 |
| 168 | 15.2 | 21.3 | 24.6 | 3.66 |
| 169 | 15.8 | 20.9 | 23.0 | 3.93 |
| 170 | 16.4 | 21.3 | 23.4 | 3.69 |
| 171 | 17.0 | 20.9 | 23.3 | 3.34 |
| 172 | 17.6 | 21.3 | 25.7 | 2.97 |
| 173 | 18.2 | 20.9 | 25.2 | 2.93 |
| 174 | 18.8 | 21.3 | 24.9 | 2.92 |
| 175 | 19.4 | 20.9 | 24.2 | 2.83 |
| 176 | 20.0 | 21.3 | 24.0 | 2.74 |
| 177 | 20.6 | 20.9 | 21.3 | 2.85 |
| 178 | 21.2 | 21.3 | 21.0 | 1.62 |
| 179 | 21.8 | 20.9 | 20.3 | 1.68 |
| 180 | 22.4 | 21.3 | 22.1 | 2.71 |
| 181 | 23.0 | 20.9 | 21.4 | 2.59 |
| 182 | 24.7 | 21.3 | 20.4 | 2.20 |
| 183 | 13.4 | 21.8 | 22.9 | 7.94 |
| 184 | 14.0 | 22.2 | 23.3 | 6.62 |
| 185 | 14.6 | 21.8 | 24.7 | 3.85 |
| 186 | 15.2 | 22.2 | 25.3 | 3.67 |
| 187 | 15.8 | 21.8 | 25.2 | 3.46 |
| 188 | 16.4 | 22.2 | 23.9 | 3.87 |
| 189 | 17.0 | 21.8 | 25.7 | 3.12 |
| 190 | 17.6 | 22.2 | 22.3 | 2.93 |

|   |                                |             |      |           |
|---|--------------------------------|-------------|------|-----------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.      |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 99 di 143 |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 191 | 18.2 | 21.8 | 25.6 | 2.97 |
| 192 | 18.8 | 22.2 | 25.4 | 2.92 |
| 193 | 19.4 | 21.8 | 22.7 | 3.21 |
| 194 | 20.0 | 22.2 | 24.4 | 2.83 |
| 195 | 20.6 | 21.8 | 21.7 | 1.57 |
| 196 | 21.2 | 22.2 | 21.4 | 1.63 |
| 197 | 21.8 | 21.8 | 20.7 | 1.69 |
| 198 | 22.4 | 22.2 | 22.6 | 2.68 |
| 199 | 24.1 | 21.8 | 21.1 | 2.09 |
| 200 | 13.4 | 22.6 | 24.9 | 5.05 |
| 201 | 14.6 | 22.6 | 25.3 | 3.94 |
| 202 | 15.8 | 22.6 | 24.1 | 4.36 |
| 203 | 17.0 | 22.6 | 26.3 | 3.15 |
| 204 | 18.2 | 22.6 | 24.1 | 3.40 |
| 205 | 19.4 | 22.6 | 23.1 | 3.19 |
| 206 | 20.6 | 22.6 | 22.1 | 1.58 |
| 207 | 21.8 | 22.6 | 23.3 | 2.80 |
| 208 | 25.3 | 22.6 | 20.8 | 2.40 |

7.1.5.2 Sezione 288+111

Condizione statica



Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa  
 Numero di strati

NTC 2008 e Circ.  
 4.0

|  |                                |             |      |            |
|--|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 100 di 143 |

Numero dei conci 30.0  
 Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1.1  
 Coefficiente parziale resistenza 1.0  
 Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: Picco  
 Analisi Condizione drenata  
 Superficie di forma circolare  
 =====

**Maglia dei Centri**

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi 18.09 m  
 Ordinata vertice sinistro inferiore yi 8.96 m  
 Ascissa vertice destro superiore xs 30.13 m  
 Ordinata vertice destro superiore ys 17.68 m  
 Passo di ricerca 10.0  
 Numero di celle lungo x 10.0  
 Numero di celle lungo y 10.0  
 =====

**Vertici profilo**

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0.0   | 0.0   |
| 2  | 20.0  | 0.0   |
| 3  | 30.99 | 7.33  |
| 4  | 31.5  | 7.33  |
| 5  | 31.51 | 7.19  |
| 6  | 45.0  | 7.53  |

**Falda**

| Nr. | X (m) | y (m) |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0.0   | -0.7  |
| 2   | 20.0  | -0.7  |
| 3   | 45.0  | -0.7  |

**Vertici strato .....1**

| N  | X (m) | y (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0.0   | 0.0   |
| 2  | 20.0  | 0.0   |
| 3  | 20.0  | 0.0   |
| 4  | 21.84 | 0.37  |
| 5  | 22.8  | 0.78  |
| 6  | 23.93 | 1.4   |
| 7  | 26.02 | 2.35  |
| 8  | 26.35 | 2.55  |
| 9  | 28.95 | 3.15  |
| 10 | 29.39 | 3.37  |
| 11 | 32.72 | 5.31  |
| 12 | 35.7  | 7.14  |
| 13 | 36.17 | 7.31  |
| 14 | 45.0  | 7.53  |

**Vertici strato .....2**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 20.0  | 0.0   |
| 3 | 45.0  | 0.0   |

**Vertici strato .....3**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | -3.0  |
| 2 | 20.0  | -3.0  |
| 3 | 45.0  | -3.0  |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |
| Riduzione parametri geotecnici terreno  | Si   |

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione (kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia          |
|--------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------|
| 1      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Allargamento       |
| 2      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Rilevato esistente |
| 3      | 11                            | 45  | 20                              | 18  | 19                               | Argille            |
| 4      | 11                            | 55  | 20.5                            | 18  | 19                               | Argille            |

**Carichi distribuiti**

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----|--------|--------|--------|--------|-------------------------------------|
| 1  | 32.15  | 7.19   | 44.15  | 7.49   | 200                                 |

**Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]**

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato      | 1.12    |
| Ascissa centro superficie  | 24.11 m |
| Ordinata centro superficie | 11.58 m |
| Raggio superficie          | 14.44 m |

**xc = 24.109 yc = 11.576 Rc = 14.444 Fs=1.12**  
 Lambda = 0.327

| Nr. | B m  | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) |
|-----|------|----------|------|---------|
| 1   | 0.75 | -34.92   | 0.91 | 3.64    |
| 2   | 0.75 | -31.37   | 0.88 | 10.26   |

|    |      |        |      |        |
|----|------|--------|------|--------|
| 3  | 0.75 | -27.95 | 0.85 | 16.31  |
| 4  | 0.75 | -24.64 | 0.82 | 21.57  |
| 5  | 0.75 | -21.41 | 0.8  | 26.09  |
| 6  | 0.75 | -18.25 | 0.79 | 29.93  |
| 7  | 0.75 | -15.15 | 0.78 | 36.8   |
| 8  | 0.75 | -12.1  | 0.77 | 47.59  |
| 9  | 0.75 | -9.07  | 0.76 | 57.79  |
| 10 | 0.75 | -6.08  | 0.75 | 67.42  |
| 11 | 0.75 | -3.1   | 0.75 | 76.49  |
| 12 | 0.75 | -0.13  | 0.75 | 85.0   |
| 13 | 0.75 | 2.84   | 0.75 | 92.96  |
| 14 | 0.75 | 5.82   | 0.75 | 100.37 |
| 15 | 0.75 | 8.82   | 0.76 | 107.22 |
| 16 | 0.75 | 11.84  | 0.76 | 113.49 |
| 17 | 0.75 | 14.89  | 0.77 | 119.18 |
| 18 | 0.75 | 17.99  | 0.79 | 124.26 |
| 19 | 0.75 | 21.14  | 0.8  | 128.69 |
| 20 | 0.75 | 24.36  | 0.82 | 132.44 |
| 21 | 0.55 | 27.22  | 0.62 | 99.64  |
| 22 | 0.51 | 29.61  | 0.59 | 91.36  |
| 23 | 0.01 | 30.81  | 0.01 | 1.91   |
| 24 | 1.92 | 35.51  | 2.36 | 568.28 |
| 25 | 0.75 | 42.2   | 1.01 | 254.71 |
| 26 | 0.75 | 46.36  | 1.08 | 243.02 |
| 27 | 0.75 | 50.86  | 1.19 | 229.37 |
| 28 | 0.75 | 55.86  | 1.33 | 213.16 |
| 29 | 0.75 | 61.63  | 1.58 | 193.26 |
| 30 | 0.75 | 68.88  | 2.08 | 147.16 |

Sforzi sui conci

| Nr. | Xi<br>(kN) | Ei<br>(kN) | Xi-1<br>(kN) | Ei-1<br>(kN) | N'i<br>(kN) | Ti<br>(kN) | Ui<br>(kN) |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1   | 10.91      | 33.38      | 0.0          | 0.0          | -25.07      | 0.82       | 0.0        |
| 2   | 23.73      | 72.63      | 10.91        | 33.38        | -23.09      | 1.1        | 0.41       |
| 3   | 36.78      | 112.6      | 23.73        | 72.63        | -19.85      | 1.87       | 3.53       |
| 4   | 49.6       | 151.83     | 36.78        | 112.6        | -15.27      | 3.13       | 6.24       |
| 5   | 61.86      | 189.38     | 49.6         | 151.83       | -10.05      | 4.63       | 8.58       |
| 6   | 73.38      | 224.64     | 61.86        | 189.38       | -4.68       | 6.22       | 10.56      |
| 7   | 85.02      | 260.26     | 73.38        | 224.64       | 2.33        | 8.37       | 12.21      |
| 8   | 97.47      | 298.38     | 85.02        | 260.26       | 12.53       | 11.59      | 13.54      |
| 9   | 110.17     | 337.24     | 97.47        | 298.38       | 23.65       | 15.13      | 14.56      |
| 10  | 122.65     | 375.45     | 110.17       | 337.24       | 35.21       | 18.83      | 15.29      |
| 11  | 134.53     | 411.83     | 122.65       | 375.45       | 46.78       | 22.57      | 15.73      |
| 12  | 145.51     | 445.45     | 134.53       | 411.83       | 58.06       | 26.22      | 15.89      |
| 13  | 155.33     | 475.49     | 145.51       | 445.45       | 68.76       | 29.71      | 15.76      |
| 14  | 163.76     | 501.29     | 155.33       | 475.49       | 78.67       | 32.95      | 15.34      |
| 15  | 170.61     | 522.27     | 163.76       | 501.29       | 87.58       | 35.9       | 14.64      |
| 16  | 175.73     | 537.94     | 170.61       | 522.27       | 95.35       | 38.5       | 13.64      |
| 17  | 178.98     | 547.9      | 175.73       | 537.94       | 101.83      | 40.7       | 12.33      |
| 18  | 180.26     | 551.81     | 178.98       | 547.9        | 106.92      | 42.47      | 10.71      |
| 19  | 179.47     | 549.4      | 180.26       | 551.81       | 110.51      | 43.79      | 8.76       |
| 20  | 176.56     | 540.49     | 179.47       | 549.4        | 112.54      | 44.64      | 6.46       |
| 21  | 173.56     | 531.31     | 176.56       | 540.49       | 83.63       | 33.27      | 3.06       |



|    |        |        |        |        |        |        |      |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 22 | 170.1  | 520.72 | 173.56 | 531.31 | 75.6   | 30.33  | 1.39 |
| 23 | 172.4  | 527.76 | 170.1  | 520.72 | 3.26   | 1.18   | 0.01 |
| 24 | 121.97 | 373.39 | 172.4  | 527.76 | 413.94 | 157.7  | 0.0  |
| 25 | 111.74 | 342.06 | 121.97 | 373.39 | 175.22 | 122.23 | 0.0  |
| 26 | 96.65  | 295.86 | 111.74 | 342.06 | 144.7  | 100.94 | 0.0  |
| 27 | 77.05  | 235.85 | 96.65  | 295.86 | 110.61 | 77.16  | 0.0  |
| 28 | 53.34  | 163.28 | 77.05  | 235.85 | 72.87  | 50.83  | 0.0  |
| 29 | 26.03  | 79.7   | 53.34  | 163.28 | 31.26  | 21.8   | 0.0  |
| 30 | -0.52  | -1.6   | 26.03  | 79.7   | -13.24 | -9.23  | 0.0  |

**Numero di superfici esaminate....(203)**

| N° | Xo   | Yo   | Ro   | Fs   |
|----|------|------|------|------|
| 1  | 18.7 | 9.4  | 12.3 | 1.82 |
| 2  | 19.9 | 9.4  | 12.3 | 1.68 |
| 3  | 20.5 | 9.0  | 11.8 | 1.61 |
| 4  | 21.1 | 9.4  | 12.3 | 1.41 |
| 5  | 21.7 | 9.0  | 11.8 | 1.31 |
| 6  | 22.9 | 9.0  | 11.8 | 1.20 |
| 7  | 24.1 | 9.0  | 11.8 | 1.20 |
| 8  | 25.3 | 9.0  | 11.8 | 1.16 |
| 9  | 26.5 | 9.0  | 11.8 | 1.18 |
| 10 | 27.7 | 9.0  | 11.8 | 1.24 |
| 11 | 28.3 | 9.4  | 11.1 | 1.40 |
| 12 | 29.5 | 9.4  | 11.1 | 1.54 |
| 13 | 30.1 | 9.0  | 10.6 | 1.65 |
| 14 | 18.7 | 10.3 | 13.1 | 1.78 |
| 15 | 19.9 | 10.3 | 13.1 | 1.57 |
| 16 | 20.5 | 9.8  | 12.7 | 1.41 |
| 17 | 21.1 | 10.3 | 13.1 | 1.29 |
| 18 | 21.7 | 9.8  | 12.7 | 1.24 |
| 19 | 22.3 | 10.3 | 13.1 | 1.20 |
| 20 | 22.9 | 9.8  | 12.7 | 1.18 |
| 21 | 24.1 | 9.8  | 12.7 | 1.20 |
| 22 | 25.3 | 9.8  | 12.7 | 1.14 |
| 23 | 26.5 | 9.8  | 12.7 | 1.17 |
| 24 | 27.1 | 10.3 | 12.0 | 1.31 |
| 25 | 27.7 | 9.8  | 12.7 | 1.22 |
| 26 | 28.3 | 10.3 | 13.1 | 1.30 |
| 27 | 28.9 | 9.8  | 12.7 | 1.35 |
| 28 | 29.5 | 10.3 | 13.0 | 1.44 |
| 29 | 30.1 | 9.8  | 12.6 | 1.47 |
| 30 | 18.1 | 10.7 | 12.4 | 2.01 |
| 31 | 18.7 | 11.1 | 14.0 | 1.74 |
| 32 | 19.3 | 10.7 | 12.4 | 1.70 |
| 33 | 19.9 | 11.1 | 14.0 | 1.43 |
| 34 | 20.5 | 10.7 | 12.4 | 1.54 |
| 35 | 21.1 | 11.1 | 14.0 | 1.24 |
| 36 | 21.7 | 10.7 | 13.6 | 1.22 |
| 37 | 22.3 | 11.1 | 14.0 | 1.17 |
| 38 | 22.9 | 10.7 | 13.6 | 1.16 |
| 39 | 23.5 | 11.1 | 12.9 | 1.16 |
| 40 | 24.1 | 10.7 | 12.4 | 1.17 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|
| 41 | 24.7 | 11.1 | 12.9 | 1.20 |
| 42 | 25.3 | 10.7 | 13.6 | 1.17 |
| 43 | 25.9 | 11.1 | 12.9 | 1.23 |
| 44 | 26.5 | 10.7 | 13.6 | 1.20 |
| 45 | 27.1 | 11.1 | 12.9 | 1.29 |
| 46 | 27.7 | 10.7 | 13.6 | 1.26 |
| 47 | 28.3 | 11.1 | 13.9 | 1.29 |
| 48 | 28.9 | 10.7 | 13.5 | 1.35 |
| 49 | 29.5 | 11.1 | 12.4 | 1.58 |
| 50 | 30.1 | 10.7 | 13.3 | 1.49 |
| 51 | 18.1 | 11.6 | 13.3 | 1.91 |
| 52 | 18.7 | 12.0 | 14.9 | 1.60 |
| 53 | 19.3 | 11.6 | 13.3 | 1.70 |
| 54 | 19.9 | 12.0 | 14.9 | 1.31 |
| 55 | 20.5 | 11.6 | 13.3 | 1.39 |
| 56 | 21.1 | 12.0 | 14.9 | 1.21 |
| 57 | 21.7 | 11.6 | 13.3 | 1.20 |
| 58 | 22.3 | 12.0 | 13.7 | 1.19 |
| 59 | 22.9 | 11.6 | 13.3 | 1.16 |
| 60 | 23.5 | 12.0 | 13.7 | 1.19 |
| 61 | 24.1 | 11.6 | 14.4 | 1.12 |
| 62 | 24.7 | 12.0 | 13.7 | 1.21 |
| 63 | 25.3 | 11.6 | 14.4 | 1.17 |
| 64 | 25.9 | 12.0 | 13.7 | 1.23 |
| 65 | 26.5 | 11.6 | 14.4 | 1.20 |
| 66 | 27.1 | 12.0 | 13.6 | 1.33 |
| 67 | 27.7 | 11.6 | 13.1 | 1.38 |
| 68 | 28.3 | 12.0 | 13.4 | 1.43 |
| 69 | 28.9 | 11.6 | 12.9 | 1.51 |
| 70 | 29.5 | 12.0 | 14.6 | 1.40 |
| 71 | 30.1 | 11.6 | 14.0 | 1.47 |
| 72 | 18.1 | 12.4 | 14.2 | 1.87 |
| 73 | 18.7 | 12.9 | 15.8 | 1.48 |
| 74 | 19.3 | 12.4 | 14.2 | 1.63 |
| 75 | 19.9 | 12.9 | 15.8 | 1.27 |
| 76 | 20.5 | 12.4 | 15.3 | 1.24 |
| 77 | 21.1 | 12.9 | 15.8 | 1.20 |
| 78 | 21.7 | 12.4 | 15.3 | 1.18 |
| 79 | 22.3 | 12.9 | 15.8 | 1.18 |
| 80 | 22.9 | 12.4 | 14.2 | 1.18 |
| 81 | 23.5 | 12.9 | 15.8 | 1.12 |
| 82 | 24.1 | 12.4 | 15.3 | 1.17 |
| 83 | 24.7 | 12.9 | 14.6 | 1.24 |
| 84 | 25.3 | 12.4 | 15.3 | 1.17 |
| 85 | 25.9 | 12.9 | 14.5 | 1.23 |
| 86 | 26.5 | 12.4 | 14.1 | 1.29 |
| 87 | 27.1 | 12.9 | 15.6 | 1.22 |
| 88 | 27.7 | 12.4 | 15.1 | 1.25 |
| 89 | 28.3 | 12.9 | 15.5 | 1.33 |
| 90 | 28.9 | 12.4 | 15.0 | 1.38 |
| 91 | 29.5 | 12.9 | 13.4 | 1.75 |
| 92 | 30.1 | 12.4 | 14.2 | 1.57 |
| 93 | 18.1 | 13.3 | 16.2 | 1.53 |
| 94 | 18.7 | 13.8 | 16.6 | 1.37 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 105 di 143 |


| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 95  | 19.3 | 13.3 | 15.1 | 1.44 |
| 96  | 19.9 | 13.8 | 16.6 | 1.25 |
| 97  | 20.5 | 13.3 | 15.1 | 1.26 |
| 98  | 21.1 | 13.8 | 16.6 | 1.19 |
| 99  | 21.7 | 13.3 | 15.1 | 1.20 |
| 100 | 22.3 | 13.8 | 15.5 | 1.20 |
| 101 | 22.9 | 13.3 | 15.1 | 1.20 |
| 102 | 23.5 | 13.8 | 16.6 | 1.17 |
| 103 | 24.1 | 13.3 | 15.1 | 1.22 |
| 104 | 24.7 | 13.8 | 16.6 | 1.17 |
| 105 | 25.3 | 13.3 | 15.0 | 1.27 |
| 106 | 25.9 | 13.8 | 16.5 | 1.24 |
| 107 | 26.5 | 13.3 | 16.0 | 1.25 |
| 108 | 27.1 | 13.8 | 16.4 | 1.27 |
| 109 | 27.7 | 13.3 | 15.9 | 1.30 |
| 110 | 28.3 | 13.8 | 16.2 | 1.34 |
| 111 | 28.9 | 13.3 | 14.1 | 1.62 |
| 112 | 29.5 | 13.8 | 13.6 | 2.10 |
| 113 | 30.1 | 13.3 | 12.9 | 2.18 |
| 114 | 18.1 | 14.2 | 15.9 | 1.74 |
| 115 | 18.7 | 14.6 | 17.5 | 1.33 |
| 116 | 19.3 | 14.2 | 15.9 | 1.36 |
| 117 | 19.9 | 14.6 | 17.5 | 1.24 |
| 118 | 20.5 | 14.2 | 15.9 | 1.25 |
| 119 | 21.1 | 14.6 | 17.5 | 1.20 |
| 120 | 21.7 | 14.2 | 15.9 | 1.21 |
| 121 | 22.3 | 14.6 | 16.4 | 1.21 |
| 122 | 22.9 | 14.2 | 15.9 | 1.21 |
| 123 | 23.5 | 14.6 | 17.5 | 1.17 |
| 124 | 24.1 | 14.2 | 17.1 | 1.17 |
| 125 | 24.7 | 14.6 | 17.4 | 1.22 |
| 126 | 25.3 | 14.2 | 16.9 | 1.23 |
| 127 | 25.9 | 14.6 | 17.3 | 1.24 |
| 128 | 26.5 | 14.2 | 16.8 | 1.25 |
| 129 | 27.1 | 14.6 | 15.7 | 1.45 |
| 130 | 27.7 | 14.2 | 16.7 | 1.30 |
| 131 | 28.3 | 14.6 | 16.6 | 1.39 |
| 132 | 28.9 | 14.2 | 14.3 | 1.87 |
| 133 | 29.5 | 14.6 | 15.5 | 1.69 |
| 134 | 30.1 | 14.2 | 14.7 | 1.83 |
| 135 | 18.1 | 15.1 | 16.8 | 1.55 |
| 136 | 18.7 | 15.5 | 18.4 | 1.33 |
| 137 | 19.3 | 15.1 | 17.9 | 1.27 |
| 138 | 19.9 | 15.5 | 17.2 | 1.27 |
| 139 | 20.5 | 15.1 | 16.8 | 1.24 |
| 140 | 21.1 | 15.5 | 18.4 | 1.22 |
| 141 | 21.7 | 15.1 | 16.8 | 1.22 |
| 142 | 22.3 | 15.5 | 17.2 | 1.23 |
| 143 | 22.9 | 15.1 | 16.8 | 1.23 |
| 144 | 23.5 | 15.5 | 18.3 | 1.18 |
| 145 | 24.1 | 15.1 | 17.8 | 1.23 |
| 146 | 24.7 | 15.5 | 16.8 | 1.33 |
| 147 | 25.3 | 15.1 | 17.7 | 1.23 |
| 148 | 25.9 | 15.5 | 16.6 | 1.42 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 106 di 143 |

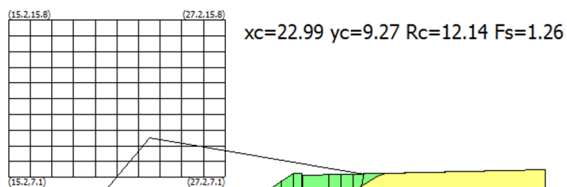
| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 149 | 26.5 | 15.1 | 17.6 | 1.26 |
| 150 | 27.1 | 15.5 | 17.9 | 1.29 |
| 151 | 27.7 | 15.1 | 17.3 | 1.36 |
| 152 | 28.3 | 15.5 | 15.3 | 1.95 |
| 153 | 28.9 | 15.1 | 16.2 | 1.55 |
| 154 | 29.5 | 15.5 | 15.8 | 1.85 |
| 155 | 18.1 | 15.9 | 18.8 | 1.37 |
| 156 | 18.7 | 16.4 | 19.2 | 1.31 |
| 157 | 19.3 | 15.9 | 17.7 | 1.30 |
| 158 | 19.9 | 16.4 | 19.2 | 1.26 |
| 159 | 20.5 | 15.9 | 17.7 | 1.24 |
| 160 | 21.1 | 16.4 | 18.1 | 1.24 |
| 161 | 21.7 | 15.9 | 17.7 | 1.23 |
| 162 | 22.3 | 16.4 | 18.0 | 1.26 |
| 163 | 22.9 | 15.9 | 18.7 | 1.24 |
| 164 | 23.5 | 16.4 | 17.7 | 1.30 |
| 165 | 24.1 | 15.9 | 18.6 | 1.23 |
| 166 | 24.7 | 16.4 | 18.9 | 1.24 |
| 167 | 25.3 | 15.9 | 18.5 | 1.24 |
| 168 | 25.9 | 16.4 | 18.8 | 1.26 |
| 169 | 26.5 | 15.9 | 18.4 | 1.27 |
| 170 | 27.1 | 16.4 | 18.3 | 1.39 |
| 171 | 27.7 | 15.9 | 17.6 | 1.40 |
| 172 | 28.3 | 16.4 | 17.2 | 1.64 |
| 173 | 28.9 | 15.9 | 16.5 | 1.76 |
| 174 | 29.5 | 16.4 | 16.2 | 2.17 |
| 175 | 18.1 | 16.8 | 19.7 | 1.35 |
| 176 | 18.7 | 17.2 | 20.1 | 1.31 |
| 177 | 19.3 | 16.8 | 18.5 | 1.29 |
| 178 | 19.9 | 17.2 | 19.0 | 1.27 |
| 179 | 20.5 | 16.8 | 19.7 | 1.24 |
| 180 | 21.1 | 17.2 | 18.9 | 1.27 |
| 181 | 21.7 | 16.8 | 19.6 | 1.26 |
| 182 | 22.3 | 17.2 | 18.7 | 1.28 |
| 183 | 22.9 | 16.8 | 19.5 | 1.19 |
| 184 | 23.5 | 17.2 | 19.8 | 1.24 |
| 185 | 24.1 | 16.8 | 19.4 | 1.24 |
| 186 | 24.7 | 17.2 | 19.7 | 1.25 |
| 187 | 25.3 | 16.8 | 19.3 | 1.25 |
| 188 | 25.9 | 17.2 | 19.6 | 1.32 |
| 189 | 26.5 | 16.8 | 17.4 | 1.55 |
| 190 | 27.1 | 17.2 | 18.7 | 1.43 |
| 191 | 27.7 | 16.8 | 17.9 | 1.53 |
| 192 | 29.5 | 17.2 | 16.6 | 2.17 |
| 193 | 30.1 | 16.8 | 15.8 | 2.25 |
| 194 | 18.1 | 17.7 | 20.5 | 1.34 |
| 195 | 19.3 | 17.7 | 20.5 | 1.29 |
| 196 | 20.5 | 17.7 | 20.5 | 1.26 |
| 197 | 21.7 | 17.7 | 20.4 | 1.27 |
| 198 | 22.9 | 17.7 | 20.3 | 1.20 |
| 199 | 24.1 | 17.7 | 18.6 | 1.37 |
| 200 | 25.3 | 17.7 | 18.4 | 1.47 |
| 201 | 26.5 | 17.7 | 19.4 | 1.38 |
| 202 | 27.7 | 17.7 | 16.6 | 1.88 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 107 di 143 |

203                      30.1                      17.7                      16.3                      2.26

**Condizione sismica drenata**



- Allargamento  
 $g=22 \text{ kN/m}^3$   
 $Fi=38^\circ$   
 $c=0 \text{ kN/m}^2$
- Rilevato esistente  
 $g=22 \text{ kN/m}^3$   
 $Fi=38^\circ$   
 $c=0 \text{ kN/m}^2$
- Argille  
 $g=18 \text{ kN/m}^3$   
 $Fi=20^\circ$   
 $c=11 \text{ kN/m}^2$   
 $cu=45 \text{ kN/m}^2$
- Argille  
 $g=18 \text{ kN/m}^3$   
 $Fi=20.5^\circ$   
 $c=11 \text{ kN/m}^2$   
 $cu=55 \text{ kN/m}^2$

|                      |      |       |       |       |
|----------------------|------|-------|-------|-------|
| Quote                | 0.00 | 0.00  | 7.33  | 7.53  |
| Distanze Parziali    | 0.00 | 20.00 | 10.99 | 13.49 |
| Distanze Progressive | 0.00 | 20.00 | 30.99 | 45.00 |

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Lat./Long.  | 44.905591/10.848479 |
| Normativa   | NTC 2008 e Circ.    |
| Numero di strati                                  | 4.0                 |
| Numero dei conci                                  | 30.0                |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile           | 1.1                 |
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco               |
| Analisi   | Condizione drenata  |
| Superficie di forma circolare                     |                     |

**Maglia dei Centri**

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | 17.62 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 5.28 m  |
| Ascissa vertice destro superiore xs    | 25.83 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys   | 11.83 m |
| Passo di ricerca                       | 10.0    |
| Numero di celle lungo x                | 10.0    |
| Numero di celle lungo y                | 10.0    |

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie  
 Classe d'uso: Classe IV  
 Vita nominale: 100.0 [anni]  
 Vita di riferimento: 200.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O.               | 120.0                         | 0.65                      | 2.51      | 0.29         |
| S.L.D.               | 201.0                         | 0.82                      | 2.55      | 0.28         |
| S.L.V.               | 1898.0                        | 2.14                      | 2.49      | 0.29         |
| S.L.C.               | 2475.0                        | 2.37                      | 2.47      | 0.29         |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s <sup>2</sup> ] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O.               | 0.975                       | 0.18        | 0.0179    | 0.0089      |
| S.L.D.               | 1.23                        | 0.18        | 0.0226    | 0.0113      |
| S.L.V.               | 2.9403                      | 0.31        | 0.093     | 0.0465      |
| S.L.C.               | 3.1801                      | 0.31        | 0.1005    | 0.0503      |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.093  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.047

**Vertici profilo**

| Nr | X<br>(m) | y<br>(m) |
|----|----------|----------|
| 1  | 0.0      | 0.0      |
| 2  | 17.5     | 0.04     |
| 3  | 20.0     | 0.04     |
| 4  | 26.91    | 4.64     |
| 5  | 27.75    | 4.66     |
| 6  | 27.77    | 4.52     |
| 7  | 40.0     | 4.81     |

**Falda**

| Nr. | X<br>(m) | y<br>(m) |
|-----|----------|----------|
| 1   | 0.0      | -2.0     |
| 2   | 20.0     | -1.96    |
| 3   | 40.0     | -2.0     |

**Vertici strato .....1**

| N | X | y |
|---|---|---|
|---|---|---|

|   | (m)   | (m)  |
|---|-------|------|
| 1 | 0.0   | 0.0  |
| 2 | 14.7  | 0.03 |
| 3 | 22.27 | 0.04 |
| 4 | 25.43 | 0.96 |
| 5 | 31.07 | 4.29 |
| 6 | 31.62 | 4.61 |
| 7 | 40.0  | 4.81 |

**Vertici strato .....2**

| N | X<br>(m) | y<br>(m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.0      | 0.0      |
| 2 | 14.7     | 0.03     |
| 3 | 22.27    | 0.04     |
| 4 | 40.0     | 0.04     |

**Vertici strato .....3**

| N | X<br>(m) | y<br>(m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 0.0      | -2.96    |
| 2 | 40.0     | -2.96    |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |
| Riduzione parametri geotecnici terreno  | Si   |

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione<br>non drenata<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo<br>resistenza al<br>taglio<br>(°) | Peso unità di<br>volume<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia             |
|--------|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------------|-----------------------|
| 1      | 0                                | 0   | 38                                       | 22  | 23                                  | Allargament<br>o      |
| 2      | 0                                | 0   | 38                                       | 22  | 23                                  | Rilevato<br>esistente |
| 3      | 11                               | 75  | 21                                       | 18  | 19                                  | Argilla               |
| 4      | 11                               | 90  | 23                                       | 19  | 20                                  | Limo                  |

**Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]**

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato      | 1.26    |
| Ascissa centro superficie  | 20.9 m  |
| Ordinata centro superficie | 9.87 m  |
| Raggio superficie          | 10.34 m |

**xc = 20.902 yc = 9.866 Rc = 10.343 Fs=1.257**  
 Lambda = 0.447

|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 110 di 143 |

| Nr. | B<br>m | Alfa<br>(°) | Li<br>m | Wi<br>(kN) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|
| 1   | 0.4    | -17.02      | 0.42    | 0.47       |
| 2   | 0.4    | -14.7       | 0.42    | 1.3        |
| 3   | 0.4    | -12.4       | 0.41    | 2.01       |
| 4   | 0.4    | -10.11      | 0.41    | 2.59       |
| 5   | 0.4    | -7.85       | 0.41    | 3.06       |
| 6   | 0.4    | -5.6        | 0.41    | 3.4        |
| 7   | 0.4    | -3.35       | 0.4     | 5.39       |
| 8   | 0.4    | -1.12       | 0.4     | 7.89       |
| 9   | 0.4    | 1.12        | 0.4     | 10.28      |
| 10  | 0.4    | 3.36        | 0.4     | 12.56      |
| 11  | 0.4    | 5.6         | 0.41    | 14.72      |
| 12  | 0.4    | 7.86        | 0.41    | 16.76      |
| 13  | 0.4    | 10.12       | 0.41    | 18.69      |
| 14  | 0.4    | 12.4        | 0.41    | 20.49      |
| 15  | 0.4    | 14.7        | 0.42    | 22.18      |
| 16  | 0.4    | 17.03       | 0.42    | 23.74      |
| 17  | 0.4    | 19.38       | 0.43    | 25.05      |
| 18  | 0.4    | 21.77       | 0.43    | 26.09      |
| 19  | 0.4    | 24.2        | 0.44    | 26.96      |
| 20  | 0.4    | 26.68       | 0.45    | 27.65      |
| 21  | 0.4    | 29.22       | 0.46    | 28.14      |
| 22  | 0.4    | 31.81       | 0.48    | 28.42      |
| 23  | 0.35   | 34.31       | 0.43    | 24.78      |
| 24  | 0.46   | 37.07       | 0.57    | 30.47      |
| 25  | 0.39   | 40.06       | 0.51    | 23.16      |
| 26  | 0.01   | 41.51       | 0.02    | 0.81       |
| 27  | 0.81   | 44.73       | 1.14    | 35.91      |
| 28  | 0.4    | 49.6        | 0.62    | 12.3       |
| 29  | 0.4    | 53.19       | 0.67    | 7.9        |
| 30  | 0.4    | 57.12       | 0.74    | 2.84       |

Sforzi sui conci

| Nr. | Xi<br>(kN) | Ei<br>(kN) | Xi-1<br>(kN) | Ei-1<br>(kN) | N'i<br>(kN) | Ti<br>(kN) | Ui<br>(kN) |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 1   | 2.19       | 4.89       | 0.0          | 0.0          | -3.04       | 2.21       | 0.0        |
| 2   | 4.46       | 9.97       | 2.19         | 4.89         | -2.13       | 2.4        | 0.0        |
| 3   | 6.73       | 15.06      | 4.46         | 9.97         | -1.22       | 2.6        | 0.0        |
| 4   | 8.97       | 20.06      | 6.73         | 15.06        | -0.36       | 2.78       | 0.0        |
| 5   | 11.12      | 24.87      | 8.97         | 20.06        | 0.42        | 2.96       | 0.0        |
| 6   | 13.16      | 29.44      | 11.12        | 24.87        | 1.09        | 3.11       | 0.0        |
| 7   | 15.29      | 34.21      | 13.16        | 29.44        | 3.26        | 3.63       | 0.0        |
| 8   | 17.47      | 39.08      | 15.29        | 34.21        | 6.0         | 4.29       | 0.0        |
| 9   | 19.59      | 43.82      | 17.47        | 39.08        | 8.72        | 4.96       | 0.0        |
| 10  | 21.55      | 48.22      | 19.59        | 43.82        | 11.35       | 5.61       | 0.0        |
| 11  | 23.28      | 52.08      | 21.55        | 48.22        | 13.86       | 6.23       | 0.0        |
| 12  | 24.7       | 55.26      | 23.28        | 52.08        | 16.2        | 6.81       | 0.0        |
| 13  | 25.76      | 57.61      | 24.7         | 55.26        | 18.33       | 7.35       | 0.0        |
| 14  | 26.39      | 59.03      | 25.76        | 57.61        | 20.23       | 7.84       | 0.0        |
| 15  | 26.56      | 59.41      | 26.39        | 59.03        | 21.87       | 8.26       | 0.0        |
| 16  | 26.23      | 58.66      | 26.56        | 59.41        | 23.21       | 8.63       | 0.0        |
| 17  | 26.66      | 59.63      | 26.23        | 58.66        | 23.88       | 11.87      | 0.0        |



|    |       |       |       |       |       |       |     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 18 | 26.57 | 59.43 | 26.66 | 59.63 | 24.48 | 12.17 | 0.0 |
| 19 | 25.93 | 58.0  | 26.57 | 59.43 | 24.72 | 12.29 | 0.0 |
| 20 | 24.72 | 55.31 | 25.93 | 58.0  | 24.58 | 12.22 | 0.0 |
| 21 | 22.95 | 51.35 | 24.72 | 55.31 | 24.05 | 11.96 | 0.0 |
| 22 | 20.62 | 46.12 | 22.95 | 51.35 | 23.12 | 11.5  | 0.0 |
| 23 | 18.14 | 40.58 | 20.62 | 46.12 | 19.05 | 9.47  | 0.0 |
| 24 | 14.5  | 32.44 | 18.14 | 40.58 | 21.74 | 10.81 | 0.0 |
| 25 | 11.26 | 25.19 | 14.5  | 32.44 | 14.99 | 7.45  | 0.0 |
| 26 | 11.14 | 24.92 | 11.26 | 25.19 | 0.5   | 0.25  | 0.0 |
| 27 | 5.0   | 11.19 | 11.14 | 24.92 | 19.06 | 9.48  | 0.0 |
| 28 | 2.51  | 5.6   | 5.0   | 11.19 | 4.84  | 2.41  | 0.0 |
| 29 | 0.72  | 1.6   | 2.51  | 5.6   | 2.23  | 1.11  | 0.0 |
| 30 | 0.0   | 0.0   | 0.72  | 1.6   | 0.44  | 0.22  | 0.0 |

Numero di superfici esaminate....(221)

| N° | Xo   | Yo  | Ro   | Fs   |
|----|------|-----|------|------|
| 1  | 17.6 | 5.3 | 12.0 | 1.82 |
| 2  | 18.0 | 5.6 | 9.9  | 1.80 |
| 3  | 18.4 | 5.3 | 9.5  | 1.78 |
| 4  | 18.8 | 5.6 | 8.6  | 1.64 |
| 5  | 19.3 | 5.3 | 8.3  | 1.64 |
| 6  | 19.7 | 5.6 | 7.4  | 1.46 |
| 7  | 20.1 | 5.3 | 8.3  | 1.51 |
| 8  | 20.5 | 5.6 | 7.3  | 1.33 |
| 9  | 20.9 | 5.3 | 8.3  | 1.42 |
| 10 | 21.3 | 5.6 | 7.3  | 1.35 |
| 11 | 21.7 | 5.3 | 8.3  | 1.40 |
| 12 | 22.1 | 5.6 | 7.3  | 1.28 |
| 13 | 22.5 | 5.3 | 8.3  | 1.41 |
| 14 | 23.0 | 5.6 | 7.3  | 1.30 |
| 15 | 23.4 | 5.3 | 8.2  | 1.46 |
| 16 | 23.8 | 5.6 | 8.6  | 1.47 |
| 17 | 24.2 | 5.3 | 8.2  | 1.52 |
| 18 | 24.6 | 5.6 | 8.6  | 1.55 |
| 19 | 25.0 | 5.3 | 8.2  | 1.62 |
| 20 | 25.4 | 5.6 | 8.6  | 1.66 |
| 21 | 25.8 | 5.3 | 8.2  | 1.79 |
| 22 | 17.6 | 5.9 | 11.4 | 1.82 |
| 23 | 18.0 | 6.3 | 10.5 | 1.74 |
| 24 | 18.4 | 5.9 | 8.9  | 1.69 |
| 25 | 18.8 | 6.3 | 9.3  | 1.57 |
| 26 | 19.3 | 5.9 | 7.7  | 1.53 |
| 27 | 19.7 | 6.3 | 9.3  | 1.44 |
| 28 | 20.1 | 5.9 | 7.7  | 1.36 |
| 29 | 20.5 | 6.3 | 8.0  | 1.35 |
| 30 | 20.9 | 5.9 | 7.7  | 1.29 |
| 31 | 21.3 | 6.3 | 8.0  | 1.28 |
| 32 | 21.7 | 5.9 | 7.7  | 1.28 |
| 33 | 22.1 | 6.3 | 8.0  | 1.28 |
| 34 | 22.5 | 5.9 | 7.7  | 1.30 |
| 35 | 23.0 | 6.3 | 8.0  | 1.32 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |      |     |      |      |
|----|------|-----|------|------|
| 36 | 23.4 | 5.9 | 7.6  | 1.33 |
| 37 | 23.8 | 6.3 | 8.0  | 1.38 |
| 38 | 24.2 | 5.9 | 7.6  | 1.42 |
| 39 | 24.6 | 6.3 | 8.0  | 1.49 |
| 40 | 25.0 | 5.9 | 7.6  | 1.58 |
| 41 | 25.4 | 6.3 | 9.2  | 1.63 |
| 42 | 25.8 | 5.9 | 8.9  | 1.71 |
| 43 | 17.6 | 6.6 | 12.1 | 1.77 |
| 44 | 18.0 | 6.9 | 11.2 | 1.68 |
| 45 | 18.4 | 6.6 | 9.6  | 1.61 |
| 46 | 18.8 | 6.9 | 8.7  | 1.54 |
| 47 | 19.3 | 6.6 | 8.3  | 1.48 |
| 48 | 19.7 | 6.9 | 8.7  | 1.39 |
| 49 | 20.1 | 6.6 | 8.3  | 1.35 |
| 50 | 20.5 | 6.9 | 8.7  | 1.37 |
| 51 | 20.9 | 6.6 | 8.3  | 1.29 |
| 52 | 21.3 | 6.9 | 8.6  | 1.28 |
| 53 | 21.7 | 6.6 | 8.3  | 1.26 |
| 54 | 22.1 | 6.9 | 8.6  | 1.28 |
| 55 | 22.5 | 6.6 | 8.3  | 1.28 |
| 56 | 23.0 | 6.9 | 8.6  | 1.31 |
| 57 | 23.4 | 6.6 | 8.3  | 1.31 |
| 58 | 23.8 | 6.9 | 8.6  | 1.37 |
| 59 | 24.2 | 6.6 | 8.3  | 1.42 |
| 60 | 24.6 | 6.9 | 8.6  | 1.46 |
| 61 | 25.0 | 6.6 | 8.3  | 1.55 |
| 62 | 25.4 | 6.9 | 9.7  | 1.60 |
| 63 | 25.8 | 6.6 | 9.3  | 1.69 |
| 64 | 17.6 | 7.2 | 11.5 | 1.70 |
| 65 | 18.0 | 7.6 | 10.6 | 1.63 |
| 66 | 18.4 | 7.2 | 10.2 | 1.58 |
| 67 | 18.8 | 7.6 | 9.3  | 1.48 |
| 68 | 19.3 | 7.2 | 9.0  | 1.43 |
| 69 | 19.7 | 7.6 | 9.3  | 1.36 |
| 70 | 20.1 | 7.2 | 9.0  | 1.33 |
| 71 | 20.5 | 7.6 | 9.3  | 1.30 |
| 72 | 20.9 | 7.2 | 9.0  | 1.29 |
| 73 | 21.3 | 7.6 | 9.3  | 1.27 |
| 74 | 21.7 | 7.2 | 9.0  | 1.28 |
| 75 | 22.1 | 7.6 | 9.3  | 1.27 |
| 76 | 22.5 | 7.2 | 9.0  | 1.29 |
| 77 | 23.0 | 7.6 | 9.3  | 1.28 |
| 78 | 23.4 | 7.2 | 9.0  | 1.33 |
| 79 | 23.8 | 7.6 | 9.3  | 1.36 |
| 80 | 24.2 | 7.2 | 8.9  | 1.41 |
| 81 | 24.6 | 7.6 | 9.2  | 1.45 |
| 82 | 25.0 | 7.2 | 8.8  | 1.52 |
| 83 | 25.4 | 7.6 | 9.7  | 1.59 |
| 84 | 25.8 | 7.2 | 9.3  | 1.67 |
| 85 | 17.6 | 7.9 | 10.9 | 1.68 |
| 86 | 18.0 | 8.2 | 12.5 | 1.61 |
| 87 | 18.4 | 7.9 | 10.9 | 1.54 |
| 88 | 18.8 | 8.2 | 10.0 | 1.46 |
| 89 | 19.3 | 7.9 | 9.6  | 1.42 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 113 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |     |      |      |
|-----|------|-----|------|------|
| 90  | 19.7 | 8.2 | 10.0 | 1.41 |
| 91  | 20.1 | 7.9 | 9.6  | 1.32 |
| 92  | 20.5 | 8.2 | 10.0 | 1.30 |
| 93  | 20.9 | 7.9 | 9.6  | 1.28 |
| 94  | 21.3 | 8.2 | 10.0 | 1.29 |
| 95  | 21.7 | 7.9 | 9.6  | 1.27 |
| 96  | 22.1 | 8.2 | 9.9  | 1.29 |
| 97  | 22.5 | 7.9 | 9.6  | 1.29 |
| 98  | 23.0 | 8.2 | 9.9  | 1.31 |
| 99  | 23.4 | 7.9 | 9.6  | 1.33 |
| 100 | 23.8 | 8.2 | 9.9  | 1.36 |
| 101 | 24.2 | 7.9 | 9.6  | 1.39 |
| 102 | 24.6 | 8.2 | 10.6 | 1.47 |
| 103 | 25.0 | 7.9 | 10.1 | 1.52 |
| 104 | 25.4 | 8.2 | 11.1 | 1.57 |
| 105 | 25.8 | 7.9 | 10.6 | 1.62 |
| 106 | 17.6 | 8.6 | 11.6 | 1.65 |
| 107 | 18.0 | 8.9 | 10.6 | 1.58 |
| 108 | 18.4 | 8.6 | 10.3 | 1.51 |
| 109 | 18.8 | 8.9 | 10.6 | 1.43 |
| 110 | 19.3 | 8.6 | 10.3 | 1.39 |
| 111 | 19.7 | 8.9 | 10.6 | 1.35 |
| 112 | 20.1 | 8.6 | 10.3 | 1.32 |
| 113 | 20.5 | 8.9 | 10.6 | 1.30 |
| 114 | 20.9 | 8.6 | 10.3 | 1.28 |
| 115 | 21.3 | 8.9 | 10.6 | 1.28 |
| 116 | 21.7 | 8.6 | 10.3 | 1.27 |
| 117 | 22.1 | 8.9 | 10.6 | 1.28 |
| 118 | 22.5 | 8.6 | 10.3 | 1.33 |
| 119 | 23.0 | 8.9 | 10.6 | 1.31 |
| 120 | 23.4 | 8.6 | 10.3 | 1.33 |
| 121 | 23.8 | 8.9 | 10.1 | 1.36 |
| 122 | 24.2 | 8.6 | 9.7  | 1.39 |
| 123 | 24.6 | 8.9 | 10.6 | 1.45 |
| 124 | 25.0 | 8.6 | 10.2 | 1.51 |
| 125 | 25.4 | 8.9 | 11.2 | 1.55 |
| 126 | 25.8 | 8.6 | 10.7 | 1.62 |
| 127 | 17.6 | 9.2 | 12.2 | 1.60 |
| 128 | 18.0 | 9.5 | 12.5 | 1.53 |
| 129 | 18.4 | 9.2 | 11.0 | 1.50 |
| 130 | 18.8 | 9.5 | 10.0 | 1.39 |
| 131 | 19.3 | 9.2 | 11.0 | 1.38 |
| 132 | 19.7 | 9.5 | 11.3 | 1.35 |
| 133 | 20.1 | 9.2 | 10.9 | 1.32 |
| 134 | 20.5 | 9.5 | 11.3 | 1.33 |
| 135 | 20.9 | 9.2 | 10.9 | 1.30 |
| 136 | 21.3 | 9.5 | 11.3 | 1.28 |
| 137 | 21.7 | 9.2 | 10.9 | 1.29 |
| 138 | 22.1 | 9.5 | 11.3 | 1.33 |
| 139 | 22.5 | 9.2 | 10.9 | 1.32 |
| 140 | 23.0 | 9.5 | 10.9 | 1.32 |
| 141 | 23.4 | 9.2 | 10.5 | 1.32 |
| 142 | 23.8 | 9.5 | 11.5 | 1.40 |
| 143 | 24.2 | 9.2 | 11.1 | 1.42 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 114 di 143 |

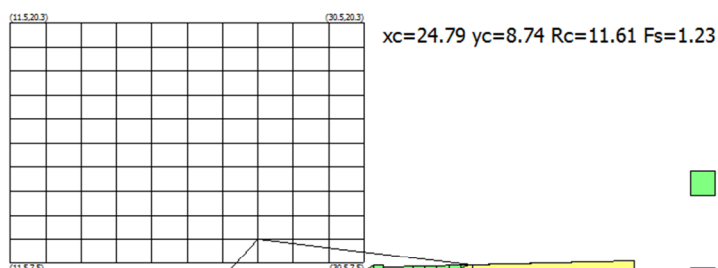
| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 144 | 24.6 | 9.5  | 10.7 | 1.45 |
| 145 | 25.0 | 9.2  | 11.6 | 1.51 |
| 146 | 25.4 | 9.5  | 11.3 | 1.57 |
| 147 | 25.8 | 9.2  | 12.2 | 1.60 |
| 148 | 17.6 | 9.9  | 14.1 | 1.60 |
| 149 | 18.0 | 10.2 | 13.2 | 1.50 |
| 150 | 18.4 | 9.9  | 12.9 | 1.48 |
| 151 | 18.8 | 10.2 | 10.7 | 1.38 |
| 152 | 19.3 | 9.9  | 10.4 | 1.33 |
| 153 | 19.7 | 10.2 | 10.7 | 1.31 |
| 154 | 20.1 | 9.9  | 10.4 | 1.27 |
| 155 | 20.5 | 10.2 | 10.7 | 1.27 |
| 156 | 20.9 | 9.9  | 10.3 | 1.26 |
| 157 | 21.3 | 10.2 | 10.7 | 1.27 |
| 158 | 21.7 | 9.9  | 10.3 | 1.27 |
| 159 | 22.1 | 10.2 | 11.6 | 1.30 |
| 160 | 22.5 | 9.9  | 11.2 | 1.32 |
| 161 | 23.0 | 10.2 | 11.0 | 1.32 |
| 162 | 23.4 | 9.9  | 10.6 | 1.36 |
| 163 | 23.8 | 10.2 | 11.6 | 1.39 |
| 164 | 24.2 | 9.9  | 11.2 | 1.41 |
| 165 | 24.6 | 10.2 | 12.2 | 1.47 |
| 166 | 25.0 | 9.9  | 11.7 | 1.50 |
| 167 | 25.4 | 10.2 | 12.8 | 1.55 |
| 168 | 25.8 | 9.9  | 12.3 | 1.60 |
| 169 | 17.6 | 10.5 | 13.5 | 1.56 |
| 170 | 18.0 | 10.8 | 13.9 | 1.50 |
| 171 | 18.4 | 10.5 | 11.0 | 1.45 |
| 172 | 18.8 | 10.8 | 11.3 | 1.38 |
| 173 | 19.3 | 10.5 | 11.0 | 1.33 |
| 174 | 19.7 | 10.8 | 11.3 | 1.31 |
| 175 | 20.1 | 10.5 | 11.0 | 1.29 |
| 176 | 20.5 | 10.8 | 11.3 | 1.29 |
| 177 | 20.9 | 10.5 | 11.0 | 1.28 |
| 178 | 21.3 | 10.8 | 12.3 | 1.32 |
| 179 | 21.7 | 10.5 | 11.9 | 1.31 |
| 180 | 22.1 | 10.8 | 11.9 | 1.30 |
| 181 | 22.5 | 10.5 | 11.5 | 1.33 |
| 182 | 23.0 | 10.8 | 12.5 | 1.35 |
| 183 | 23.4 | 10.5 | 12.0 | 1.36 |
| 184 | 23.8 | 10.8 | 13.1 | 1.43 |
| 185 | 24.2 | 10.5 | 11.3 | 1.42 |
| 186 | 24.6 | 10.8 | 12.3 | 1.48 |
| 187 | 25.0 | 10.5 | 11.9 | 1.51 |
| 188 | 25.4 | 10.8 | 13.0 | 1.56 |
| 189 | 25.8 | 10.5 | 12.5 | 1.60 |
| 190 | 17.6 | 11.2 | 14.2 | 1.57 |
| 191 | 18.0 | 11.5 | 14.5 | 1.51 |
| 192 | 18.4 | 11.2 | 11.7 | 1.44 |
| 193 | 18.8 | 11.5 | 12.0 | 1.38 |
| 194 | 19.3 | 11.2 | 11.7 | 1.34 |
| 195 | 19.7 | 11.5 | 12.0 | 1.32 |
| 196 | 20.1 | 11.2 | 11.7 | 1.30 |
| 197 | 20.5 | 11.5 | 13.0 | 1.35 |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 115 di 143 |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 198 | 20.9 | 11.2 | 12.6 | 1.32 |
| 199 | 21.3 | 11.5 | 12.6 | 1.31 |
| 200 | 21.7 | 11.2 | 12.2 | 1.30 |
| 201 | 22.1 | 11.5 | 12.0 | 1.34 |
| 202 | 22.5 | 11.2 | 12.9 | 1.35 |
| 203 | 23.0 | 11.5 | 12.6 | 1.35 |
| 204 | 23.4 | 11.2 | 12.2 | 1.38 |
| 205 | 23.8 | 11.5 | 13.3 | 1.42 |
| 206 | 24.2 | 11.2 | 12.8 | 1.43 |
| 207 | 24.6 | 11.5 | 13.9 | 1.47 |
| 208 | 25.0 | 11.2 | 13.4 | 1.52 |
| 209 | 25.4 | 11.5 | 13.2 | 1.56 |
| 210 | 25.8 | 11.2 | 12.7 | 1.63 |
| 211 | 17.6 | 11.8 | 14.8 | 1.53 |
| 212 | 18.4 | 11.8 | 12.3 | 1.44 |
| 213 | 19.3 | 11.8 | 12.3 | 1.35 |
| 214 | 20.1 | 11.8 | 12.0 | 1.30 |
| 215 | 20.9 | 11.8 | 12.9 | 1.32 |
| 216 | 21.7 | 11.8 | 12.4 | 1.33 |
| 217 | 22.5 | 11.8 | 13.1 | 1.37 |
| 218 | 23.4 | 11.8 | 13.7 | 1.41 |
| 219 | 24.2 | 11.8 | 12.9 | 1.44 |
| 220 | 25.0 | 11.8 | 13.6 | 1.52 |
| 221 | 25.8 | 11.8 | 12.9 | 1.65 |

Condizione sismica non drenata



- Allargamento  
g=22 kN/m<sup>3</sup>  
Fi=38°  
c=0 kN/m<sup>2</sup>
- Rilevato esistente  
g=22 kN/m<sup>3</sup>  
Fi=38°  
c=0 kN/m<sup>2</sup>
- Argille  
g=18 kN/m<sup>3</sup>  
Fi=0°  
c=45 kN/m<sup>2</sup>
- Argille  
g=18 kN/m<sup>3</sup>  
Fi=0°  
c=50 kN/m<sup>2</sup>

|                      |      |       |       |       |
|----------------------|------|-------|-------|-------|
| Quote                | 0.00 | 0.00  | 7.33  | 7.53  |
| Distanze Parziali    | 0.00 | 20.00 | 10.99 | 13.49 |
| Distanze Progressive | 0.00 | 20.00 | 30.99 | 45.00 |

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| Lat./Long.  | 44.888567/10.850368 |
| Normativa   | NTC 2008 e Circ.    |
| Numero di strati                                  | 4.0                 |
| Numero dei conci                                  | 30.0                |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile           | 1.1                 |
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco               |
| Analisi   | Condizione drenata  |
| Superficie di forma circolare                     |                     |

**Maglia dei Centri**

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | 11.5 m  |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 7.45 m  |
| Ascissa vertice destro superiore xs    | 30.49 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys   | 20.33 m |
| Passo di ricerca                       | 10.0    |
| Numero di celle lungo x                | 10.0    |
| Numero di celle lungo y                | 10.0    |

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Tipo opera:          | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso:        | Classe IV           |
| Vita nominale:       | 100.0 [anni]        |
| Vita di riferimento: | 200.0 [anni]        |

**Parametri sismici su sito di riferimento**

|                        |    |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo:  | C  |
| Categoria topografica: | T1 |

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s <sup>2</sup> ] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O.               | 120.0                         | 0.7                       | 2.49      | 0.28         |
| S.L.D.               | 201.0                         | 0.89                      | 2.57      | 0.27         |
| S.L.V.               | 1898.0                        | 2.35                      | 2.47      | 0.28         |
| S.L.C.               | 2475.0                        | 2.62                      | 2.45      | 0.29         |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Opere di sostegno

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s <sup>2</sup> ] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O.               | 1.05                        | 0.18        | 0.0193    | 0.0096      |
| S.L.D.               | 1.335                       | 0.18        | 0.0245    | 0.0123      |
| S.L.V.               | 3.1604                      | 0.31        | 0.0999    | 0.05        |
| S.L.C.               | 3.425                       | 0.31        | 0.1083    | 0.0541      |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.1  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.05

**Vertici profilo**

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0.0   | 0.0   |
| 2  | 20.0  | 0.0   |
| 3  | 30.99 | 7.33  |
| 4  | 31.5  | 7.33  |
| 5  | 31.51 | 7.19  |
| 6  | 45.0  | 7.53  |

**Falda**

| Nr. | X (m) | y (m) |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0.0   | -0.7  |
| 2   | 20.0  | -0.7  |
| 3   | 45.0  | -0.7  |

**Vertici strato .....1**

| N  | X (m) | y (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 0.0   | 0.0   |
| 2  | 20.0  | 0.0   |
| 3  | 20.0  | 0.0   |
| 4  | 21.84 | 0.37  |
| 5  | 22.8  | 0.78  |
| 6  | 23.93 | 1.4   |
| 7  | 26.02 | 2.35  |
| 8  | 26.35 | 2.55  |
| 9  | 28.95 | 3.15  |
| 10 | 29.39 | 3.37  |
| 11 | 32.72 | 5.31  |
| 12 | 35.7  | 7.14  |
| 13 | 36.17 | 7.31  |
| 14 | 45.0  | 7.53  |

**Vertici strato .....2**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | 0.0   |
| 2 | 20.0  | 0.0   |
| 3 | 45.0  | 0.0   |

**Vertici strato .....3**

| N | X (m) | y (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.0   | -3.0  |
| 2 | 20.0  | -3.0  |
| 3 | 45.0  | -3.0  |

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25

|  |                                |             |      |            |
|--|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br><small>ENGINEERING GEOLOGY</small> | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|  | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 118 di 143 |

Coesione efficace 1.25  
 Coesione non drenata 1.4  
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione (kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia          |
|--------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------|
| 1      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Allargamento       |
| 2      | 0                             | 0   | 38                              | 22  | 23                               | Rilevato esistente |
| 3      | 45                            | 0   | 0                               | 18  | 19                               | Argille            |
| 4      | 50                            | 0   | 0                               | 18  | 19                               | Argille            |

**Risultati analisi pendio [NTC 2008 e Circ.: [A2+M2+R2]]**

Fs minimo individuato 1.23  
 Ascissa centro superficie 24.79 m  
 Ordinata centro superficie 8.74 m  
 Raggio superficie 11.61 m

**xc = 24.794 yc = 8.742 Rc = 11.61 Fs=1.226**  
 Lambda = 0.294

| Nr. | B m  | Alfa (°) | Li m | Wi (kN) |
|-----|------|----------|------|---------|
| 1   | 0.64 | -39.12   | 0.82 | 3.09    |
| 2   | 0.64 | -35.16   | 0.78 | 8.68    |
| 3   | 0.64 | -31.38   | 0.75 | 13.76   |
| 4   | 0.64 | -27.76   | 0.72 | 18.16   |
| 5   | 0.64 | -24.25   | 0.7  | 22.21   |
| 6   | 0.64 | -20.83   | 0.68 | 31.4    |
| 7   | 0.64 | -17.49   | 0.67 | 40.08   |
| 8   | 0.64 | -14.21   | 0.66 | 48.26   |
| 9   | 0.64 | -10.98   | 0.65 | 55.98   |
| 10  | 0.64 | -7.78    | 0.64 | 63.24   |
| 11  | 0.64 | -4.61    | 0.64 | 70.06   |
| 12  | 0.64 | -1.45    | 0.64 | 76.46   |
| 13  | 0.64 | 1.7      | 0.64 | 82.42   |
| 14  | 0.64 | 4.86     | 0.64 | 87.96   |
| 15  | 0.64 | 8.03     | 0.65 | 93.07   |
| 16  | 0.64 | 11.23    | 0.65 | 97.74   |
| 17  | 0.64 | 14.47    | 0.66 | 101.95  |
| 18  | 0.64 | 17.75    | 0.67 | 105.7   |
| 19  | 0.64 | 21.09    | 0.68 | 108.95  |
| 20  | 0.64 | 24.52    | 0.7  | 111.68  |
| 21  | 0.64 | 28.03    | 0.72 | 113.84  |
| 22  | 0.42 | 31.04    | 0.49 | 76.22   |



|    |      |       |      |        |
|----|------|-------|------|--------|
| 23 | 0.51 | 33.77 | 0.61 | 90.67  |
| 24 | 0.01 | 35.32 | 0.01 | 1.89   |
| 25 | 1.61 | 40.59 | 2.12 | 258.61 |
| 26 | 0.64 | 48.2  | 0.96 | 87.77  |
| 27 | 0.64 | 53.2  | 1.07 | 77.06  |
| 28 | 0.64 | 58.88 | 1.24 | 64.01  |
| 29 | 0.64 | 65.77 | 1.56 | 47.27  |
| 30 | 0.64 | 76.27 | 2.69 | 22.66  |

Sforzi sui conci


| Nr. | Xi (kN) | Ei (kN) | Xi-1 (kN) | Ei-1 (kN) | N'i (kN) | Ti (kN) | Ui (kN) |
|-----|---------|---------|-----------|-----------|----------|---------|---------|
| 1   | 15.97   | 54.27   | 0.0       | 0.0       | -43.91   | 30.21   | 0.0     |
| 2   | 31.05   | 105.51  | 15.97     | 54.27     | -34.27   | 28.67   | 0.31    |
| 3   | 45.26   | 153.78  | 31.05     | 105.51    | -27.65   | 27.46   | 2.93    |
| 4   | 58.54   | 198.93  | 45.26     | 153.78    | -20.94   | 26.49   | 5.2     |
| 5   | 70.92   | 240.98  | 58.54     | 198.93    | -14.22   | 25.71   | 7.15    |
| 6   | 82.93   | 281.79  | 70.92     | 240.98    | -3.23    | 25.08   | 8.81    |
| 7   | 94.29   | 320.4   | 82.93     | 281.79    | 8.21     | 24.58   | 10.2    |
| 8   | 104.77  | 356.01  | 94.29     | 320.4     | 19.72    | 24.18   | 11.33   |
| 9   | 114.18  | 387.96  | 104.77    | 356.01    | 30.99    | 23.88   | 12.23   |
| 10  | 122.34  | 415.71  | 114.18    | 387.96    | 41.79    | 23.66   | 12.89   |
| 11  | 129.13  | 438.78  | 122.34    | 415.71    | 51.9     | 23.52   | 13.32   |
| 12  | 134.42  | 456.77  | 129.13    | 438.78    | 61.16    | 23.45   | 13.54   |
| 13  | 138.12  | 469.31  | 134.42    | 456.77    | 69.41    | 23.45   | 13.53   |
| 14  | 140.12  | 476.1   | 138.12    | 469.31    | 76.52    | 23.53   | 13.3    |
| 15  | 140.34  | 476.88  | 140.12    | 476.1     | 82.37    | 23.67   | 12.85   |
| 16  | 138.74  | 471.42  | 140.34    | 476.88    | 86.86    | 23.9    | 12.17   |
| 17  | 135.23  | 459.51  | 138.74    | 471.42    | 89.91    | 24.21   | 11.26   |
| 18  | 129.78  | 441.0   | 135.23    | 459.51    | 91.42    | 24.61   | 10.1    |
| 19  | 122.36  | 415.77  | 129.78    | 441.0     | 91.34    | 25.12   | 8.69    |
| 20  | 112.93  | 383.74  | 122.36    | 415.77    | 89.64    | 25.76   | 7.01    |
| 21  | 101.5   | 344.89  | 112.93    | 383.74    | 86.28    | 26.56   | 5.04    |
| 22  | 95.54   | 324.63  | 101.5     | 344.89    | 56.87    | 18.11   | 2.09    |
| 23  | 86.0    | 292.21  | 95.54     | 324.63    | 62.76    | 22.52   | 1.04    |
| 24  | 94.18   | 320.02  | 86.0      | 292.21    | 10.91    | 0.49    | 0.0     |
| 25  | 42.97   | 146.02  | 94.18     | 320.02    | 115.05   | 77.87   | 0.0     |
| 26  | 33.55   | 114.0   | 42.97     | 146.02    | 37.29    | 23.76   | 0.0     |
| 27  | 23.42   | 79.56   | 33.55     | 114.0     | 20.8     | 13.25   | 0.0     |
| 28  | 13.21   | 44.9    | 23.42     | 79.56     | 4.85     | 3.09    | 0.0     |
| 29  | 4.01    | 13.64   | 13.21     | 44.9      | -8.67    | -5.53   | 0.0     |
| 30  | -1.74   | -5.91   | 4.01      | 13.64     | -14.18   | -9.04   | 0.0     |

Numero di superfici esaminate....(177)

| N° | Xo   | Yo  | Ro   | Fs    |
|----|------|-----|------|-------|
| 1  | 18.1 | 8.1 | 11.0 | 2.54  |
| 2  | 23.8 | 8.1 | 11.0 | 1.34  |
| 3  | 25.7 | 8.1 | 11.0 | 1.26  |
| 4  | 30.5 | 7.5 | 10.3 | 20.00 |
| 5  | 15.3 | 8.7 | 11.6 | 5.15  |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|    |      |      |      |       |
|----|------|------|------|-------|
| 6  | 16.2 | 9.4  | 12.3 | 3.51  |
| 7  | 17.2 | 8.7  | 11.6 | 2.95  |
| 8  | 18.1 | 9.4  | 12.3 | 2.29  |
| 9  | 19.1 | 8.7  | 11.6 | 2.03  |
| 10 | 22.9 | 8.7  | 11.6 | 1.37  |
| 11 | 23.8 | 9.4  | 12.3 | 1.34  |
| 12 | 24.8 | 8.7  | 11.6 | 1.23  |
| 13 | 25.7 | 9.4  | 12.3 | 1.23  |
| 14 | 26.7 | 8.7  | 11.6 | 1.24  |
| 15 | 27.6 | 9.4  | 12.3 | 1.25  |
| 16 | 29.5 | 9.4  | 11.1 | 1.72  |
| 17 | 30.5 | 8.7  | 10.4 | 2.06  |
| 18 | 12.4 | 10.7 | 13.5 | 12.38 |
| 19 | 16.2 | 10.7 | 13.5 | 3.09  |
| 20 | 17.2 | 10.0 | 12.9 | 2.63  |
| 21 | 18.1 | 10.7 | 13.5 | 2.11  |
| 22 | 19.1 | 10.0 | 12.9 | 1.88  |
| 23 | 20.0 | 10.7 | 12.4 | 1.84  |
| 24 | 21.9 | 10.7 | 12.4 | 1.54  |
| 25 | 23.8 | 10.7 | 13.5 | 1.36  |
| 26 | 24.8 | 10.0 | 12.9 | 1.24  |
| 27 | 25.7 | 10.7 | 13.5 | 1.25  |
| 28 | 26.7 | 10.0 | 12.9 | 1.26  |
| 29 | 27.6 | 10.7 | 13.5 | 1.27  |
| 30 | 28.6 | 10.0 | 12.9 | 1.30  |
| 31 | 29.5 | 10.7 | 13.4 | 1.43  |
| 32 | 30.5 | 10.0 | 12.7 | 1.65  |
| 33 | 12.4 | 12.0 | 14.8 | 9.92  |
| 34 | 16.2 | 12.0 | 13.7 | 3.92  |
| 35 | 17.2 | 11.3 | 14.2 | 2.39  |
| 36 | 18.1 | 12.0 | 14.8 | 1.99  |
| 37 | 19.1 | 11.3 | 14.2 | 1.94  |
| 38 | 20.0 | 12.0 | 14.8 | 1.63  |
| 39 | 21.0 | 11.3 | 13.1 | 1.65  |
| 40 | 21.9 | 12.0 | 13.7 | 1.56  |
| 41 | 22.9 | 11.3 | 13.1 | 1.44  |
| 42 | 23.8 | 12.0 | 13.7 | 1.43  |
| 43 | 24.8 | 11.3 | 14.2 | 1.27  |
| 44 | 25.7 | 12.0 | 14.8 | 1.25  |
| 45 | 26.7 | 11.3 | 14.2 | 1.25  |
| 46 | 27.6 | 12.0 | 13.5 | 1.41  |
| 47 | 28.6 | 11.3 | 14.0 | 1.30  |
| 48 | 29.5 | 12.0 | 14.5 | 1.37  |
| 49 | 30.5 | 11.3 | 12.1 | 2.09  |
| 50 | 11.5 | 12.6 | 15.5 | 13.33 |
| 51 | 12.4 | 13.2 | 16.1 | 7.95  |
| 52 | 13.4 | 12.6 | 15.5 | 5.87  |
| 53 | 14.3 | 13.2 | 15.0 | 7.66  |
| 54 | 15.3 | 12.6 | 14.3 | 5.31  |
| 55 | 16.2 | 13.2 | 15.0 | 3.44  |
| 56 | 17.2 | 12.6 | 15.5 | 2.21  |
| 57 | 18.1 | 13.2 | 16.1 | 1.92  |
| 58 | 19.1 | 12.6 | 15.5 | 1.89  |
| 59 | 20.0 | 13.2 | 16.1 | 1.61  |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 121 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |       |
|-----|------|------|------|-------|
| 60  | 21.0 | 12.6 | 15.5 | 1.51  |
| 61  | 21.9 | 13.2 | 16.1 | 1.43  |
| 62  | 22.9 | 12.6 | 14.3 | 1.49  |
| 63  | 23.8 | 13.2 | 15.0 | 1.40  |
| 64  | 24.8 | 12.6 | 14.3 | 1.37  |
| 65  | 25.7 | 13.2 | 16.0 | 1.24  |
| 66  | 26.7 | 12.6 | 15.4 | 1.24  |
| 67  | 27.6 | 13.2 | 15.9 | 1.29  |
| 68  | 28.6 | 12.6 | 13.8 | 1.61  |
| 69  | 29.5 | 13.2 | 13.5 | 2.26  |
| 70  | 30.5 | 12.6 | 12.4 | 3.25  |
| 71  | 11.5 | 13.9 | 16.8 | 11.02 |
| 72  | 12.4 | 14.5 | 17.4 | 6.47  |
| 73  | 13.4 | 13.9 | 16.8 | 5.00  |
| 74  | 14.3 | 14.5 | 16.3 | 6.02  |
| 75  | 15.3 | 13.9 | 15.6 | 4.41  |
| 76  | 16.2 | 14.5 | 16.3 | 3.04  |
| 77  | 17.2 | 13.9 | 16.8 | 2.11  |
| 78  | 18.1 | 14.5 | 17.4 | 1.86  |
| 79  | 19.1 | 13.9 | 16.8 | 1.72  |
| 80  | 20.0 | 14.5 | 17.4 | 1.59  |
| 81  | 21.0 | 13.9 | 16.8 | 1.54  |
| 82  | 21.9 | 14.5 | 17.4 | 1.44  |
| 83  | 22.9 | 13.9 | 15.6 | 1.49  |
| 84  | 23.8 | 14.5 | 17.4 | 1.30  |
| 85  | 24.8 | 13.9 | 16.7 | 1.26  |
| 86  | 25.7 | 14.5 | 17.2 | 1.30  |
| 87  | 26.7 | 13.9 | 16.5 | 1.29  |
| 88  | 27.6 | 14.5 | 17.0 | 1.29  |
| 89  | 28.6 | 13.9 | 16.1 | 1.38  |
| 90  | 29.5 | 14.5 | 13.8 | 2.82  |
| 91  | 11.5 | 15.2 | 17.9 | 9.92  |
| 92  | 12.4 | 15.8 | 18.7 | 5.49  |
| 93  | 13.4 | 15.2 | 18.0 | 4.27  |
| 94  | 14.3 | 15.8 | 17.6 | 5.04  |
| 95  | 15.3 | 15.2 | 18.0 | 2.67  |
| 96  | 16.2 | 15.8 | 17.6 | 2.77  |
| 97  | 17.2 | 15.2 | 16.9 | 2.41  |
| 98  | 18.1 | 15.8 | 18.7 | 1.86  |
| 99  | 19.1 | 15.2 | 18.0 | 1.70  |
| 100 | 20.0 | 15.8 | 17.6 | 1.77  |
| 101 | 21.0 | 15.2 | 18.0 | 1.49  |
| 102 | 21.9 | 15.8 | 18.7 | 1.46  |
| 103 | 22.9 | 15.2 | 16.9 | 1.50  |
| 104 | 23.8 | 15.8 | 18.5 | 1.35  |
| 105 | 24.8 | 15.2 | 16.6 | 1.43  |
| 106 | 25.7 | 15.8 | 18.3 | 1.30  |
| 107 | 26.7 | 15.2 | 17.7 | 1.29  |
| 108 | 27.6 | 15.8 | 17.6 | 1.38  |
| 109 | 28.6 | 15.2 | 14.9 | 2.60  |
| 110 | 29.5 | 15.8 | 15.9 | 2.48  |
| 111 | 30.5 | 15.2 | 14.8 | 3.11  |
| 112 | 12.4 | 17.1 | 20.0 | 4.66  |
| 113 | 13.4 | 16.5 | 19.3 | 3.76  |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 122 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |       |
|-----|------|------|------|-------|
| 114 | 14.3 | 17.1 | 20.0 | 2.86  |
| 115 | 15.3 | 16.5 | 19.3 | 2.61  |
| 116 | 16.2 | 17.1 | 18.8 | 2.62  |
| 117 | 17.2 | 16.5 | 19.3 | 2.01  |
| 118 | 18.1 | 17.1 | 18.8 | 2.06  |
| 119 | 19.1 | 16.5 | 19.3 | 1.73  |
| 120 | 20.0 | 17.1 | 18.8 | 1.77  |
| 121 | 21.0 | 16.5 | 19.3 | 1.51  |
| 122 | 21.9 | 17.1 | 19.9 | 1.50  |
| 123 | 22.9 | 16.5 | 19.2 | 1.40  |
| 124 | 23.8 | 17.1 | 19.7 | 1.36  |
| 125 | 24.8 | 16.5 | 17.6 | 1.50  |
| 126 | 25.7 | 17.1 | 19.5 | 1.36  |
| 127 | 26.7 | 16.5 | 18.7 | 1.34  |
| 128 | 27.6 | 17.1 | 18.1 | 1.50  |
| 129 | 28.6 | 16.5 | 17.0 | 1.80  |
| 130 | 11.5 | 17.8 | 20.1 | 9.34  |
| 131 | 12.4 | 18.4 | 21.1 | 4.36  |
| 132 | 13.4 | 17.8 | 19.5 | 5.89  |
| 133 | 14.3 | 18.4 | 21.3 | 2.69  |
| 134 | 15.3 | 17.8 | 20.6 | 2.51  |
| 135 | 16.2 | 18.4 | 20.1 | 2.59  |
| 136 | 17.2 | 17.8 | 20.6 | 1.98  |
| 137 | 18.1 | 18.4 | 20.1 | 2.04  |
| 138 | 19.1 | 17.8 | 20.6 | 1.71  |
| 139 | 20.0 | 18.4 | 21.2 | 1.61  |
| 140 | 21.0 | 17.8 | 19.3 | 1.72  |
| 141 | 21.9 | 18.4 | 19.6 | 1.68  |
| 142 | 22.9 | 17.8 | 20.4 | 1.35  |
| 143 | 23.8 | 18.4 | 19.3 | 1.63  |
| 144 | 24.8 | 17.8 | 20.2 | 1.38  |
| 145 | 25.7 | 18.4 | 20.4 | 1.42  |
| 146 | 26.7 | 17.8 | 17.6 | 2.24  |
| 147 | 27.6 | 18.4 | 18.7 | 1.89  |
| 148 | 28.6 | 17.8 | 17.6 | 2.61  |
| 149 | 29.5 | 18.4 | 17.1 | 2.78  |
| 150 | 11.5 | 19.0 | 21.2 | 8.84  |
| 151 | 12.4 | 19.7 | 21.1 | 10.26 |
| 152 | 13.4 | 19.0 | 20.8 | 4.84  |
| 153 | 14.3 | 19.7 | 22.6 | 2.67  |
| 154 | 15.3 | 19.0 | 21.9 | 2.34  |
| 155 | 16.2 | 19.7 | 21.4 | 2.51  |
| 156 | 17.2 | 19.0 | 21.9 | 1.95  |
| 157 | 18.1 | 19.7 | 21.4 | 2.03  |
| 158 | 19.1 | 19.0 | 20.7 | 1.93  |
| 159 | 20.0 | 19.7 | 22.4 | 1.61  |
| 160 | 21.0 | 19.0 | 21.7 | 1.53  |
| 161 | 21.9 | 19.7 | 20.6 | 1.78  |
| 162 | 22.9 | 19.0 | 21.5 | 1.47  |
| 163 | 23.8 | 19.7 | 22.0 | 1.43  |
| 164 | 24.8 | 19.0 | 19.6 | 1.67  |
| 165 | 25.7 | 19.7 | 19.2 | 2.10  |
| 166 | 26.7 | 19.0 | 19.8 | 1.59  |
| 167 | 27.6 | 19.7 | 19.4 | 2.44  |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 123 di 143 |

| PROGETTO   | LIVELLO             |
|--|---------------------|
| AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.<br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e<br>l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br>Tratto Regione Emilia-Romagna | Progetto definitivo |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 168 | 28.6 | 19.0 | 18.2 | 2.60 |
| 169 | 29.5 | 19.7 | 17.8 | 2.78 |
| 170 | 13.4 | 20.3 | 22.1 | 4.09 |
| 171 | 15.3 | 20.3 | 23.2 | 2.37 |
| 172 | 17.2 | 20.3 | 23.2 | 1.93 |
| 173 | 19.1 | 20.3 | 23.0 | 1.71 |
| 174 | 21.0 | 20.3 | 21.3 | 1.82 |
| 175 | 22.9 | 20.3 | 22.6 | 1.42 |
| 176 | 24.8 | 20.3 | 22.1 | 1.45 |
| 177 | 28.6 | 20.3 | 18.9 | 2.59 |

=====

## 7.2 Valutazione delle bonifiche dei terreni di fondazione

Lo spessore della bonifica dei terreni di fondazione è stato valutato sulla base dei dati disponibili per il tratto in cui l'ampliamento del rilevato autostradale avviene per allargamento laterale, interessanti, quindi, terreni non precedentemente bonificati. L'allargamento nella porzione centrale interessa, infatti un rilevato già esistente.

L'ampliamento in questione interessa le piazzole alle progressive 286+459 e 288+111, ciascuna per un tratto di circa 140 m.

### 7.2.1 Metodo di Burmister per la definizione dello spessore di bonifica

Per la definizione degli spessori di bonifica sotto il piano di posa del rilevato, i fattori che intervengono sono molteplici e variano al variare della natura del terreno, della stratigrafia locale, dello stato di addensamento, del contenuto d'acqua, della natura del materiale utilizzato e dalle prestazioni richieste dopo la messa d'opera.

Nel presente studio, la determinazione dello spessore di bonifica è stata condotta ricorrendo al criterio del bistrato formulato da D. M. Burmister (1943), basato sullo studio dell'equilibrio di due solidi elastici di diversa natura e sovrapposti, uno, con spessore finito  $s$ , modulo di elasticità o di deformazione  $E_1$  e coefficiente di Poisson  $\nu_1$ , l'altro semifinito (terreno di sottofondo) con modulo elastico  $E_0$  e coefficiente di Poisson  $\nu_0$ .

Burmister considera un carico uniforme  $p$  superficiale distribuito su un'area circolare di raggio  $a$  e ipotizza le seguenti condizioni al contorno:

- pressione nulla al di fuori dell'area di carico;
- tensioni e cedimenti nulli all'infinito;
- sulla superficie di contatto tra i due strati vi è assenza di spostamenti relativi.

Il cedimento  $f$  al centro della piastra, ipotizzando  $\nu_0=0.2$ , risulta dalla seguente relazione:

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 124 di 143 |

$$f = 1,5 \frac{pa}{E_0} F_1$$

Infatti, all'applicazione del carico le deformazioni misurate risultano proporzionali alle pressioni e il terreno si comporta come un mezzo quasi elastico.

$F_1$  è una funzione dei due rapporti  $E_1/E_0$  ed  $s/a$ , i cui valori possono ottenersi dalla seguente formula ottenuta analiticamente da N. Odemark:

$$F_1 = \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(0,9 \frac{s}{a}\right)^2}} \right] \frac{E_0}{E_1} + \frac{1}{\sqrt{1 + \left(0,9 \frac{s}{a} 3 \sqrt{\frac{E_1}{E_0}}\right)^2}}$$

Quindi si può mettere in relazione il modulo di piastra,  $M_d$ , con lo spessore e le caratteristiche dello strato di bonifica e del sottofondo passando attraverso il calcolo del cedimento per un carico pari a 100 kPa agente su una piastra di diametro 30 cm.

### 7.2.2 Calcolo degli spessori di bonifica

Per la stima dei parametri di deformazione del terreno in posto si è fatto riferimento alle prove già indicate per le verifiche di stabilità.

| Sezione | Indagine di riferimento | Terreno di fondazione interessato dalla bonifica | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | E (MPa) | Spessore di bonifica (cm) |
|---------|-------------------------|--|-------------------------------|---------|---------------------------|
| 286+459 | RE_CPTU2                | argille  | 18                            | 5       | 50                        |
| 288+111 | RE_CPTU5                | argille  | 18                            | 2.5     | 100                       |

TAB. 32 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle figure sottostanti si riportano le curve di progetto per la determinazione dello spessore di bonifica (intesa come lo spessore totale da rimuovere cioè scotico + bonifica) in funzione del modulo del terreno di sottofondo  $E_0$ , del prescritto modulo di piastra ( $M_d$ ), pari a 20 MPa e di un modulo di Young dello strato di bonifica ( $M_b$ ) pari a 25 MPa ritenuto progettualmente accettabile.

Dal grafico si legge (Freccia rossa) lo spessore minimo di bonifica necessario per portare il terreno al valore di progetto di 20 MPa (linea tratteggiata orizzontale rossa).

Come si può constatare dai risultati riportati in Tab. 32, nella prima sezione, in cui i terreni risultano sostanzialmente normalconsolidati, è sufficiente una bonifica totale (scotico + bonifica) di soli 50 cm. Nella

sezione 288+111, invece, dove i terreni presentano un elevato grado di plasticità, la bonifica dovrà raggiungere uno spessore totale di circa 100 cm.

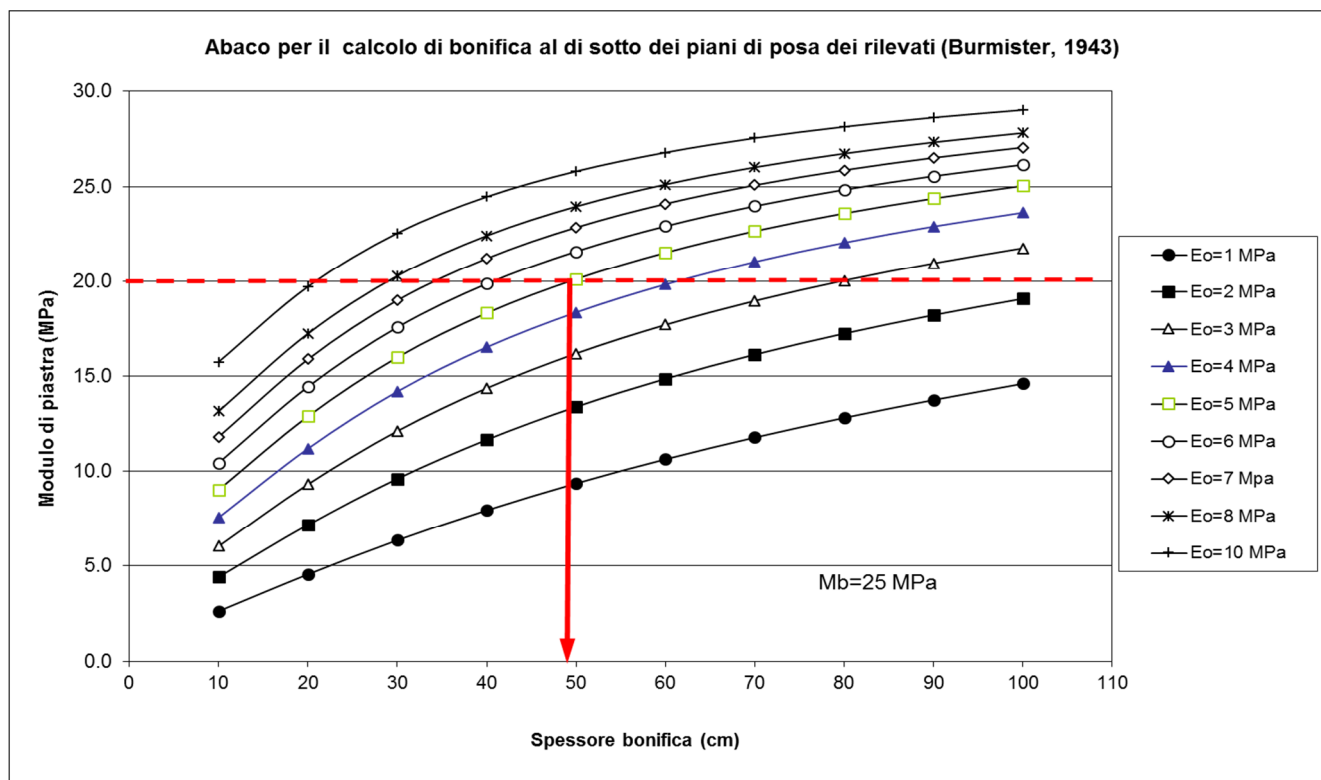


FIG. 17 - SEZ. 286+459 - CORRELAZIONI TRA MODULO DI DEFORMAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E SPESSORE DI BONIFICA CON MATERIALE DI BONIFICA AVENTE MODULO ELASTICO PARI A 25 MPa.

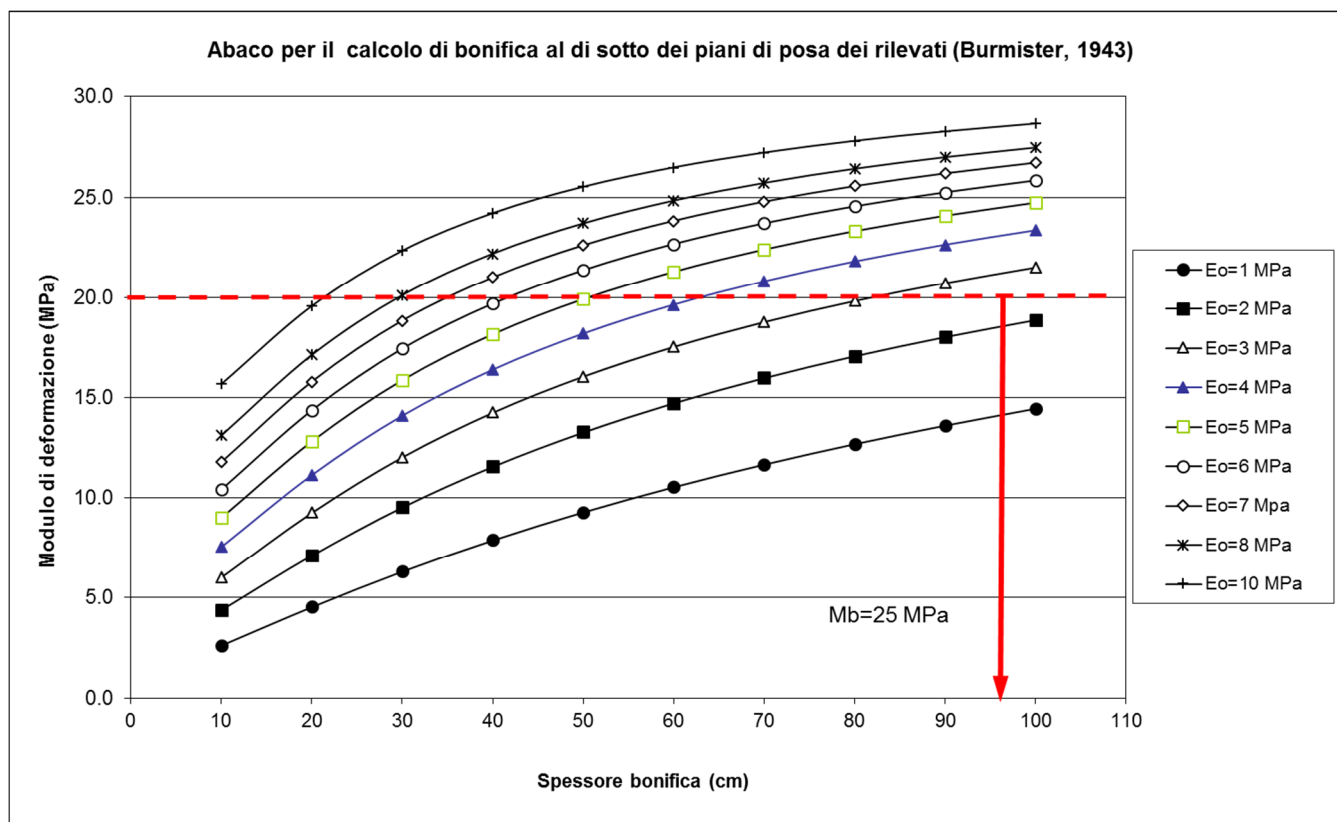


FIG. 18 - SEZ. 288+111 - CORRELAZIONI TRA MODULO DI DEFORMAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E SPESSORE DI BONIFICA CON MATERIALE DI BONIFICA AVENTE MODULO ELASTICO PARI A 25 MPa.

### 7.3 Valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati

Anche in questo caso il cedimento indotto dalla realizzazione dei rilevati è stata valutata solo per i tratti in cui l'ampliamento avviene per allargamento laterale.

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni coesivi, quali quelli in questione, può essere determinato ricorrendo alla teoria edometrica.

I metodi tradizionali di calcolo basati sulla teoria edometrica sono ad oggi ancora da preferire rispetto ad analisi numeriche eseguite modellando il terreno con leggi costitutive adeguate.

Un requisito fondamentale per un'affidabile stima dei cedimenti è quello costituito dalla conoscenza dello stato tensionale iniziale e di quello indotto dai carichi.

La valutazione delle tensioni esistenti prima dell'applicazione del carico dovute al peso proprio del terreno, dette tensioni geostatiche, è stata fatta facendo ricorso alla formula seguente dove si assume che la direzione verticale sia direzione principale di tensione:



$$\sigma_{vo}' = \gamma' \cdot z$$

essendo:

$\sigma_{vo}'$  = pressione geostatica verticale efficace;

$\gamma'$  = peso di volume efficace del terreno;

$z$  = profondità dal piano campagna.

Si fa riferimento alle tensioni effettive in quanto il calcolo edometrico per sua natura si riferisce alle condizioni drenate.

La determinazione delle sovratensioni indotte dai carichi esterni,  $\Delta\sigma_v$ , è stata effettuata utilizzando la teoria dell'elasticità, assimilando il terreno di fondazione ad un mezzo continuo, lineare, isotropo ed omogeneo e i carichi agenti come uniformemente ripartiti con intensità linearmente variabile sull'impronta in pianta del rilevato (soluzione di Boussinesq).

Il metodo edometrico viene applicato in via approssimata alle situazioni reali, non strettamente rappresentative delle situazioni edometriche, nelle quali si verifica anche un cedimento istantaneo.

Il cedimento di consolidazione, è stato stimato con la seguente espressione (Fig. 19):

$$s_c = \sum_1^n \frac{\Delta\sigma_v \cdot \Delta z_i}{Eed_i}$$

essendo:

$s_c$  = cedimento di consolidazione;

$\Delta\sigma_v$  = incremento tensionale indotto dal carico;

$\Delta z_i$  = altezza dello strato coesivo i-esimo;

$n$  = numero di strati in cui è suddiviso lo strato compressibile ( $H_c$ );

$Eed_i$  = modulo edometrico dello strato coesivo i-esimo.

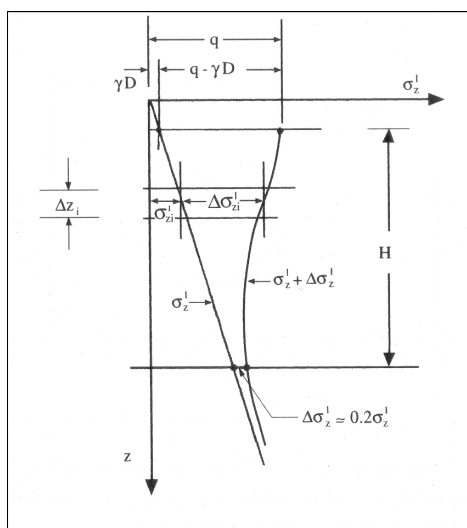


FIG. 19 – CEDIMENTO EDOMETRICO

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 128 di 143 |

| Sezione | Indagine di riferimento | Stratigrafia terreno di fondazione | da m | A m | E (MPa) |
|---------|-------------------------|------------------------------------|------|-----|---------|
| 286+459 | RE_CPTU2                | argille                            | 0    | 5   | 5.0     |
|         |                         | limi                               | 5    | 10  | 3.5     |
| 288+111 | RE_CPTU5                | argille                            | 0    | 6   | 3.5     |
|         |                         | argille                            | 6    | 13  | 6.0     |

TAB. 33 – PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il modulo “RILEVATI” del Programma LOADCAP della Geostru. I parametri geotecnici utilizzati sono quelli della Tab. 33. Il cedimento è stato calcolato per 5 punto “notevoli”, che consentono una dettagliata descrizione dello sviluppo dei cedimenti.

Il sovraccarico indotto dall'ampliamento è stato schematizzato, a favore di sicurezza, come ripartito in piano, come illustrato in Fig. 20.

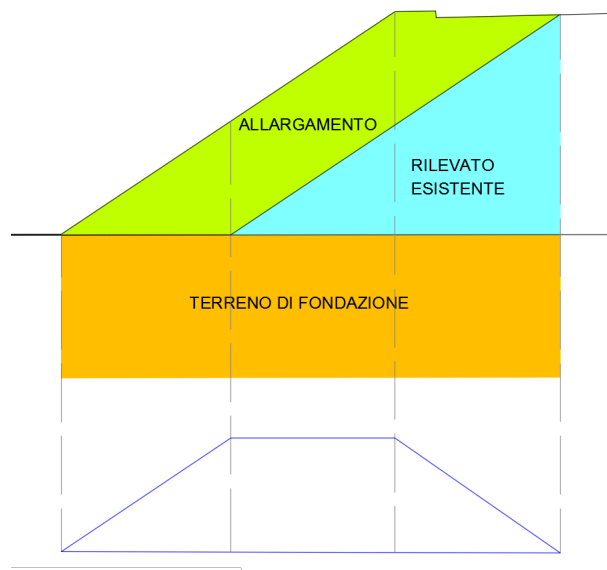


FIG. 20 – SCHEMA DI RIPARTIZIONE IN PIANO DEL CARICO INDOTTO DALL'ALLARGAMENTO

**7.3.1 Risultati delle verifiche dei cedimenti**

**SEZIONE 286+459**

|                                   |                    |
|-----------------------------------|--------------------|
| Riferimento zona                  | SEZIONE 286+459    |
| Carico statico sul rilevato       | 0 t/m <sup>2</sup> |
| Carico dinamico sul rilevato      | 0 t/m <sup>2</sup> |
| 1/2 Larghezza rettangolo          | 5 m                |
| Larghezza base triangolo          | 7.66 m             |
| Imposta piano di posa sbancamento | 0 m                |
| Peso unità volume sbancamento     | 2 t/m <sup>3</sup> |

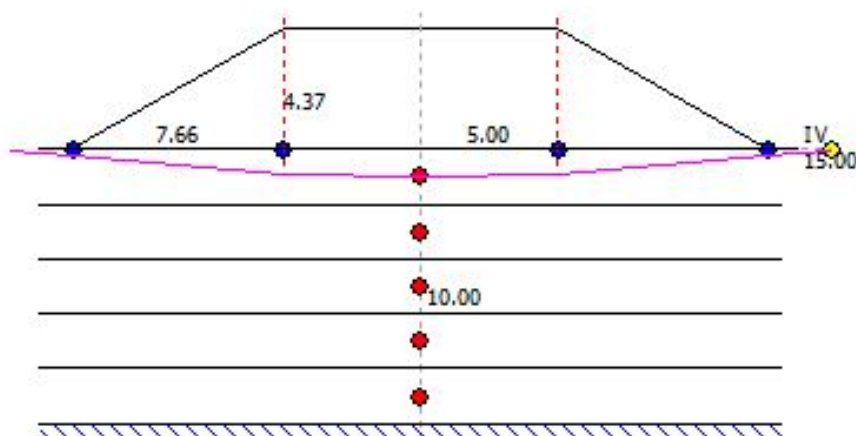
|                                       |      |                  |
|---------------------------------------|------|------------------|
| Incremento netto al piano di posa     | 6.1  | t/m <sup>2</sup> |
| Distanza asse - IV punto a scelta     | 15   | m                |
| DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO  | 10   | m                |
| Altezza rilevato                      | 4.37 | m                |
| Peso unità volume rilevato            | 2    | t/m <sup>3</sup> |
| Peso unità volume fondazione rilevato | 1.8  | t/m <sup>3</sup> |

Cedimenti per ogni strato

| Strato | Spessore DH strato m | Modulo edometrico Kg/cm <sup>2</sup> | Grado di consolidazione OCR | Asse (cm) | Bordo esterno (cm) | Piede (cm) | IV Punto (cm) |
|--------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|--------------------|------------|---------------|
| 1      | 2.50                 | 50                                   | 1                           | 2.441     | 2.247              | 0.13       | 0.027         |
| 2      | 2.50                 | 50                                   | 1                           | 2.491     | 2.241              | 0.321      | 0.104         |
| 3      | 2.00                 | 35                                   | 1                           | 3.046     | 2.772              | 0.626      | 0.277         |
| 4      | 1.00                 | 35                                   | 1                           | 2.588     | 2.387              | 0.717      | 0.379         |
| 5      | 2.00                 | 35                                   | 1                           | 2.699     | 2.486              | 0.909      | 0.54          |

Cedimenti totali

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| Asse     | 13.265 | cm |
| Bordo    | 12.356 | cm |
| Piede    | 2.703  | cm |
| IV Punto | 1.327  | cm |



Come si può constatare il cedimento massimo appare abbastanza significativo (oltre 13 cm), anche se la stima è sicuramente sopravvalutata in relazione alle ipotesi semplificative introdotte per il calcolo.

In corso d'opera si dovrà valutare lo sviluppo dei cedimenti tenendo sotto controllo il rilevato autostradale a lato dell'intervento.

**SEZIONE 288+111**

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Riferimento zona            | SEZIONE 288+111    |
| Carico statico sul rilevato | 0 t/m <sup>2</sup> |

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 130 di 143 |

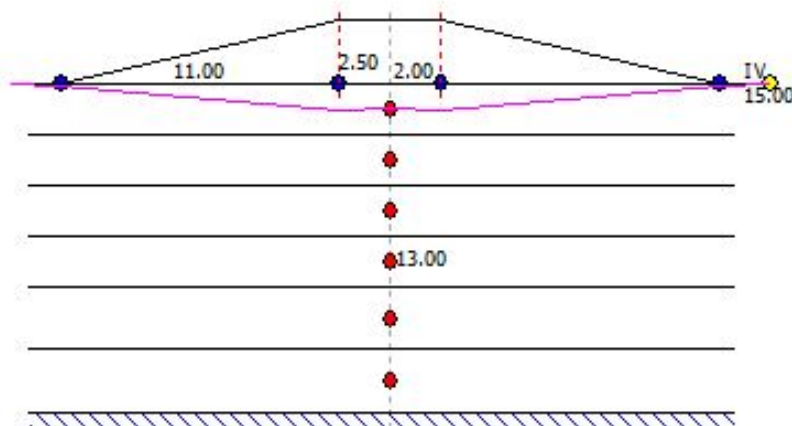
|                                       |     |                  |
|---------------------------------------|-----|------------------|
| Carico dinamico sul rilevato          | 0   | t/m <sup>2</sup> |
| 1/2 Larghezza rettangolo              | 2   | m                |
| Larghezza base triangolo              | 11  | m                |
| Imposta piano di posa sbancamento     | 0   | m                |
| Peso unità volume sbancamento         | 2   | t/m <sup>3</sup> |
| Incremento netto al piano di posa     | 2.9 | t/m <sup>2</sup> |
| Distanza asse - IV punto a scelta     | 15  | m                |
| DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO  | 13  | m                |
| Altezza rilevato                      | 2.5 | m                |
| Peso unità volume rilevato            | 2   | t/m <sup>3</sup> |
| Peso unità volume fondazione rilevato | 1.8 | t/m <sup>3</sup> |

Cedimenti per ogni strato

| Strato | Spessore DH strato m | Modulo edometrico Kg/cm <sup>2</sup> | Grado di consolidazione OCR | Asse (cm) | Bordo esterno (cm) | Piede (cm) | IV Punto (cm) |
|--------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|--------------------|------------|---------------|
| 1      | 2                    | 35                                   | 1                           | 1.678     | 1.682              | 0.053      | 0.007         |
| 2      | 2                    | 35                                   | 1                           | 1.261     | 1.356              | 0.125      | 0.036         |
| 3      | 2                    | 35                                   | 1                           | 1.015     | 1.096              | 0.168      | 0.069         |
| 4      | 2                    | 60                                   | 1                           | 0.503     | 0.532              | 0.111      | 0.056         |
| 5      | 2.5                  | 60                                   | 1                           | 0.539     | 0.556              | 0.148      | 0.084         |
| 6      | 2.5                  | 60                                   | 1                           | 0.463     | 0.468              | 0.149      | 0.093         |

Cedimenti total

|          |          |    |
|----------|----------|----|
| Asse     | 5.459    | cm |
| Bordo    | 5.690001 | cm |
| Piede    | 0.754    | cm |
| IV Punto | 0.345    | cm |



Come si può constatare il cedimento totale, nella zona di massimo carico, è modesto, pari a circa 5.7 cm, non trascurabile, ma sicuramente tollerabile per la situazione studiata.

In ogni caso in corso d'opera si dovrà valutare lo sviluppo dei cedimenti tenendo sotto controllo il rilevato autostradale a lato dell'intervento.

## 7.4 Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione

La Valutazione dei tempi di consolidazione dei terreni di fondazione è stato eseguito con il programma "CONSOLIDATE" della GGU.

Anche in questo caso la verifica è stata effettuata per le stesse sezioni utilizzate per le verifiche di stabilità, poiché si tratta delle sezioni di maggiore altezza, che determineranno i maggiori cedimenti e, di conseguenza, i maggiori tempi di consolidazione.

### 7.4.1 Determinazione teorica dell'andamento dei cedimenti nel tempo

La valutazione dell'andamento nel tempo del cedimento di consolidazione primaria dei terreni coesivi è stata condotta con riferimento alla teoria della consolidazione monodimensionale di Terzaghi.

Si calcola il tempo "t" necessario allo sviluppo dei cedimenti corrispondenti al grado di consolidazione U scelto tramite la seguente espressione:

$$t = \frac{T \cdot H_0^2}{c_v}$$

Dove:

T = fattore adimensionale del tempo corrispondente al grado di consolidazione;

H = massimo percorso di drenaggio delle particelle d'acqua all'interno degli strati coesivi;

$c_v$  = coefficiente di consolidazione verticale primaria =  $\frac{k}{\gamma_w \cdot m_v}$ , in cui k è il coefficiente di permeabilità,


$\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua e  $m_v$  è il coefficiente di compressibilità edometrica, pari all'inverso del modulo edometrico Eed.

In questo studio si è scelto di determinare il tempo necessario allo sviluppo del 90% del cedimento primario.

### 7.4.2 Sezioni verificate e risultati

Come già illustrato le sezioni verificate sono le stesse già utilizzate per le verifiche di stabilità e dei cedimenti. In relazione alla complessità della stratigrafia, le verifiche sono state effettuate singolarmente per ciascuno strato coesivo di ciascuna sezione.

Il valore del coefficiente di consolidazione è stato desunto dalle indagini di laboratorio disponibili al contorno; per ciascun orizzonte il valore di  $C_v$  è stato valutato per la pressione litostatica efficace relativa alla profondità media dello strato).

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO</b> S.r.l.<br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 132 di 143 |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>PROGETTO</b>   | <b>LIVELLO</b>             |
| <b>AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G.</b><br>Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)<br><i>Tratto Regione Emilia-Romagna</i> | <i>Progetto definitivo</i> |

Per la valutazione del sovraccarico indotto dal nuovo rilevato è stato utilizzato lo schema di Fig. 20. In Tab. 34 sono riportati, per ciascuna sezione, gli strati verificati, con i relativi valori di Cv, ed i tempi di consolidazione calcolati.

Quando i tempi di consolidazione sono risultati particolarmente elevati, si è provveduto ad effettuare la verifica anche in presenza di dreni verticali di lunghezza pari allo spessore dello strato e con maglia quadrata di 2.0x2.0 o 2.5x2.5 m.


Nell'ipotesi considerata i dreni verticali dovranno presentare un raggio equivalente pari a 50 mm; inoltre dovranno garantire una portata di scarico assiale minima di 100 m<sup>3</sup>/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 Kn/m<sup>3</sup>).

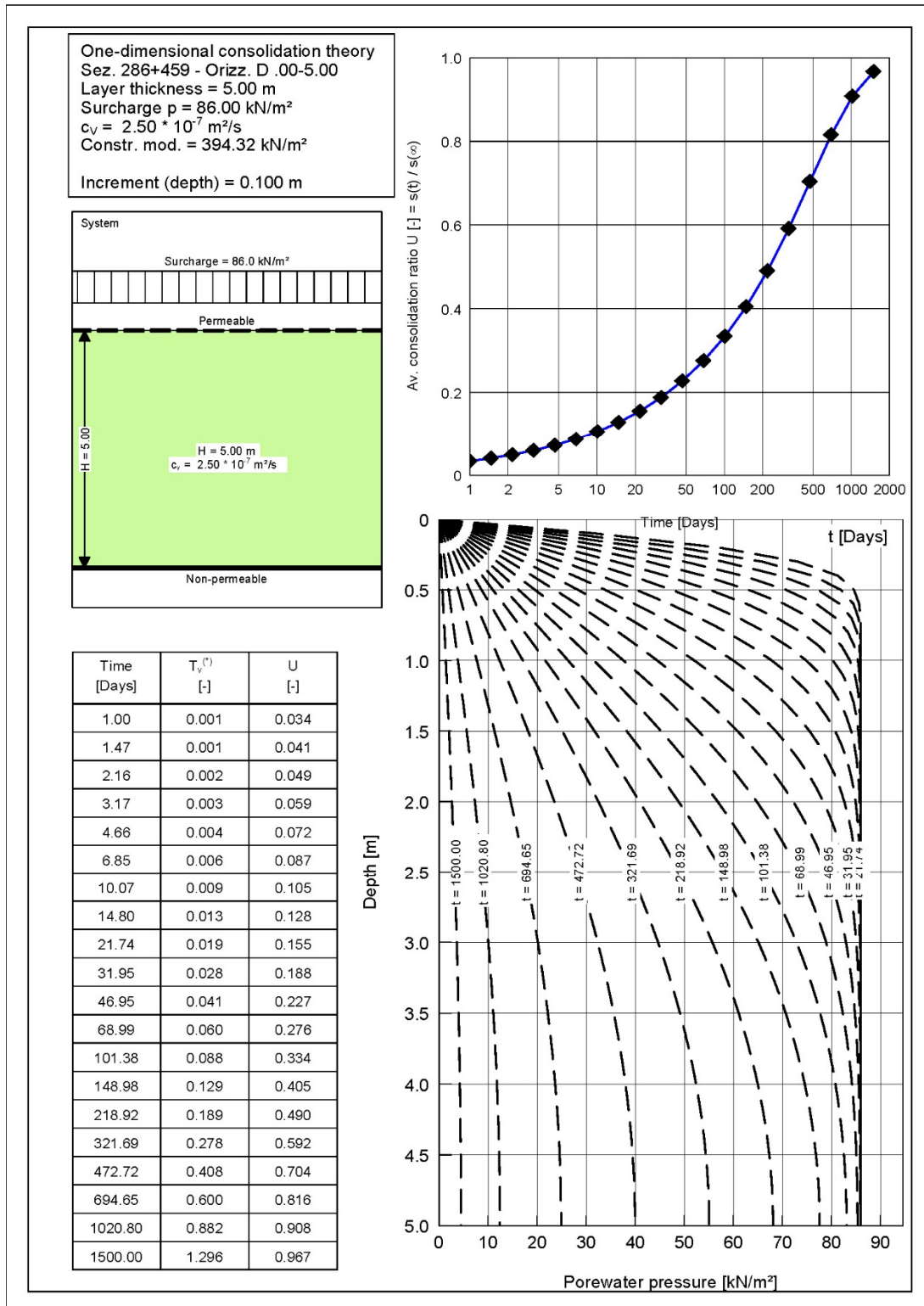
| Sezione | Stratigrafia terreno di fondazione | da m | a m  | Cv                  | Tempo di consolidazione al 90% (gg) |                            |                            |
|---------|------------------------------------|------|------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|         |                                    |      |      | (m <sup>2</sup> /s) | senza dreni                         | con dreni maglia 2.5x2.5 m | con dreni maglia 2.0x2.0 m |
| 286+459 | Argille                            | 0.0  | 5.0  | 2.50E-07            | 1020                                | 203                        | 120                        |
|         | Limi                               | 5.0  | 10.0 | 2.00E-06            | 121                                 | dreni non necessari        |                            |
| 288+111 | Argille                            | 0    | 6    | 6.80E-07            | 511                                 | 76                         | 45                         |
|         | Argille                            | 6    | 13   | 2.50E-07            | 2000                                | 203                        | 120                        |

**TAB. 34 – SEZIONI VERIFICATE E RELATIVI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE**

Considerata la durata prevista del cantiere in relazione ai tempi di consolidazione calcolati ed alla limitata entità dei cedimenti attesi, si è convenuto con i Progettisti di non prevedere l'inserimento di dreni verticali nel progetto dell'opera.

Nelle figure seguenti sono riportati gli output di calcolo del programma per ciascuna sezione verificata.

|   |                                |             |      |            |
|---|--------------------------------|-------------|------|------------|
|  <b>EN GEO S.r.l.</b><br>ENGINEERING GEOLOGY | Elaborato                      | Data        | Agg. | Pag.       |
|   | ER-GT.1 - Relazione geotecnica | Aprile 2017 | 0    | 133 di 143 |



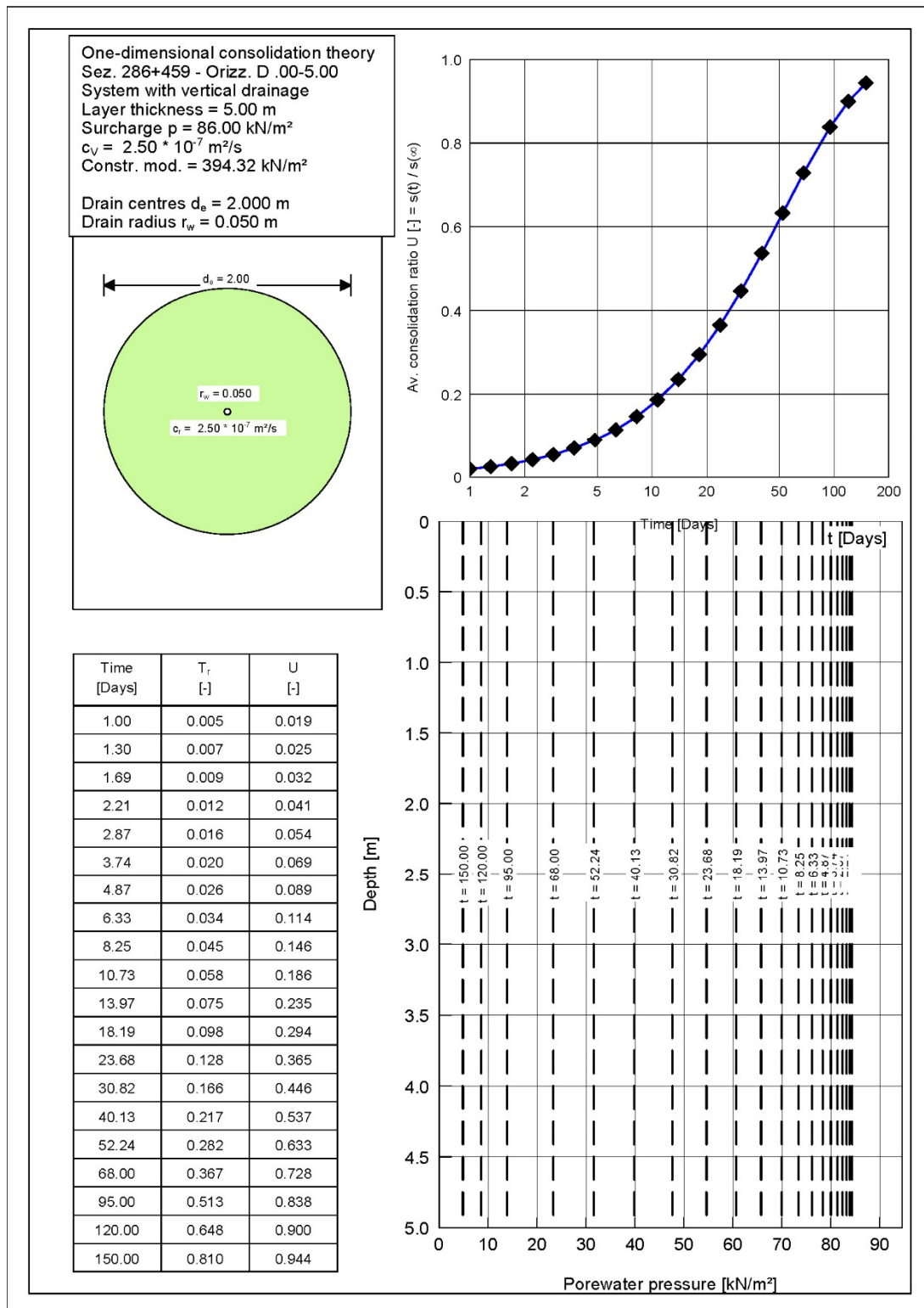


FIG. 22 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-5.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0x2.0 M



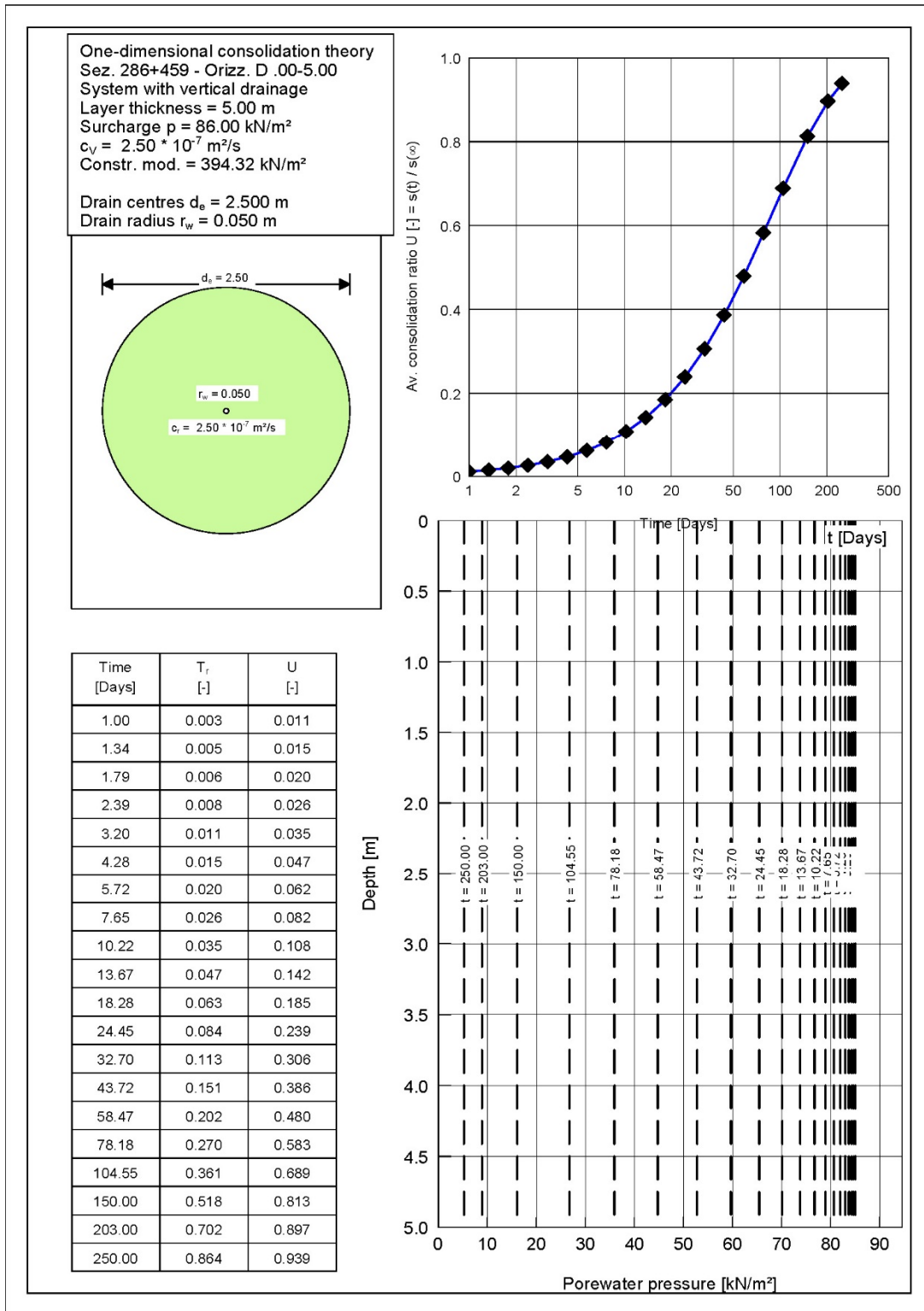


FIG. 23 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-5.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5x2.5 M

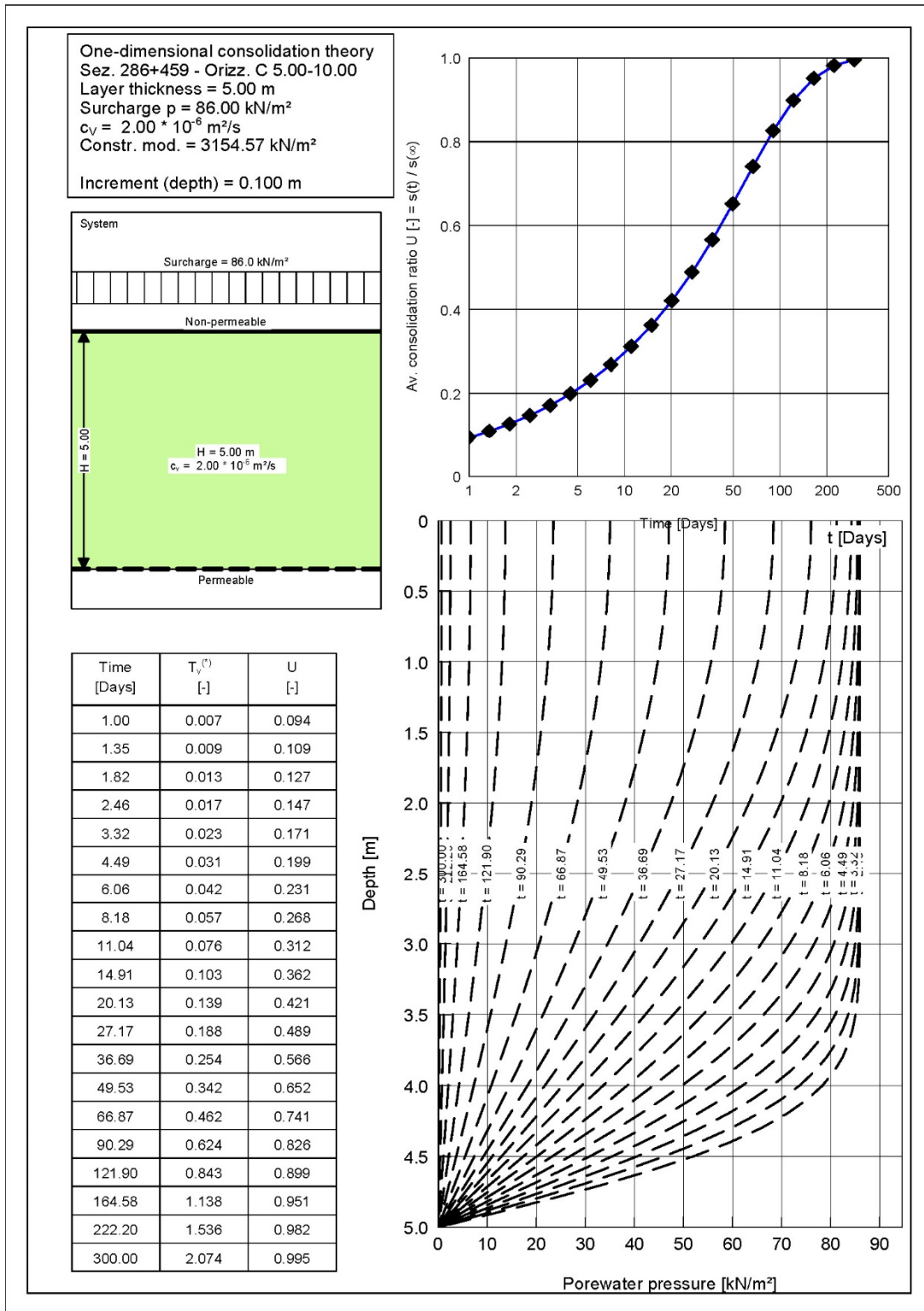


FIG. 24 – SEZ. 286+459 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE C 5.00-10.00 M

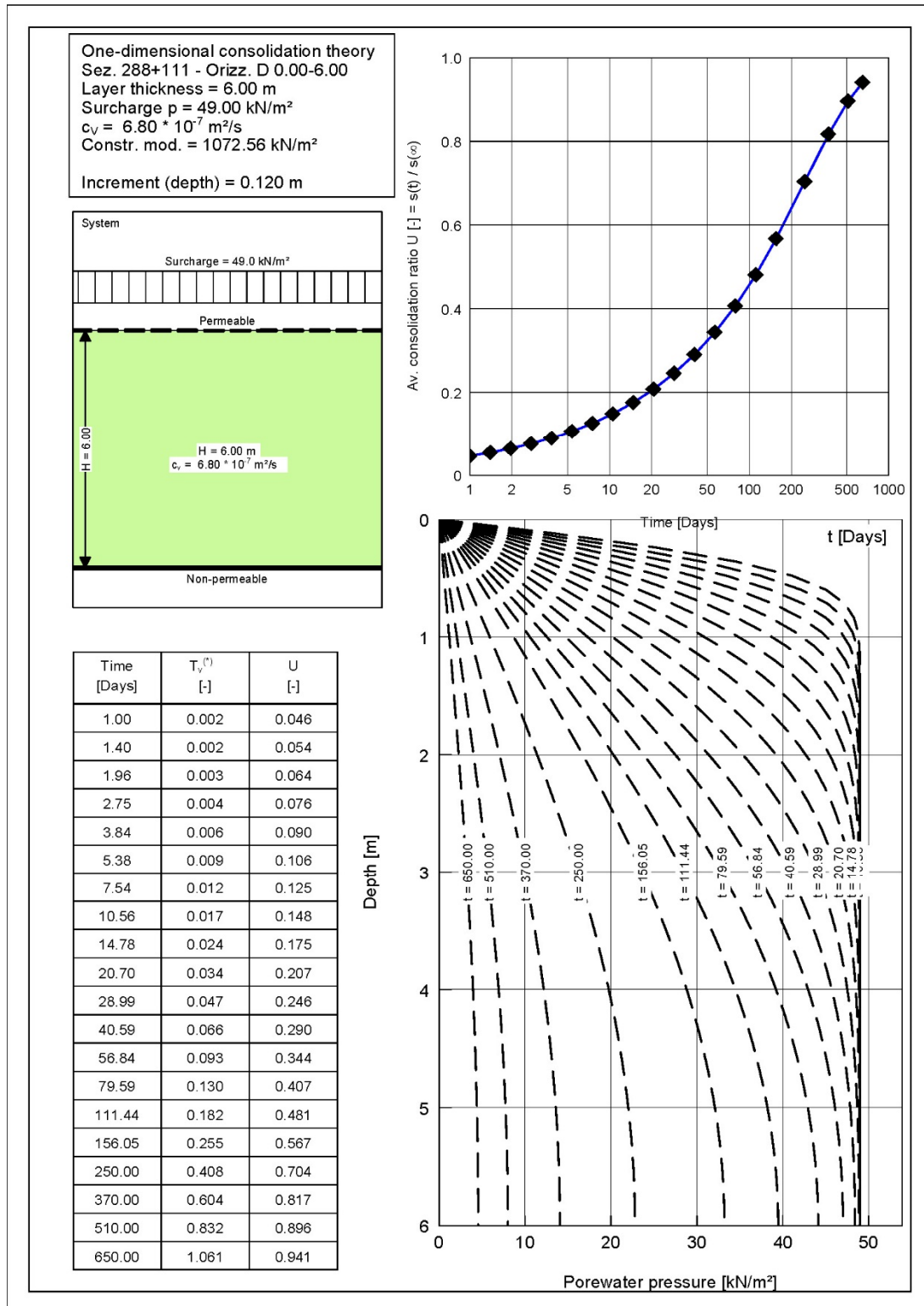


FIG. 25 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M

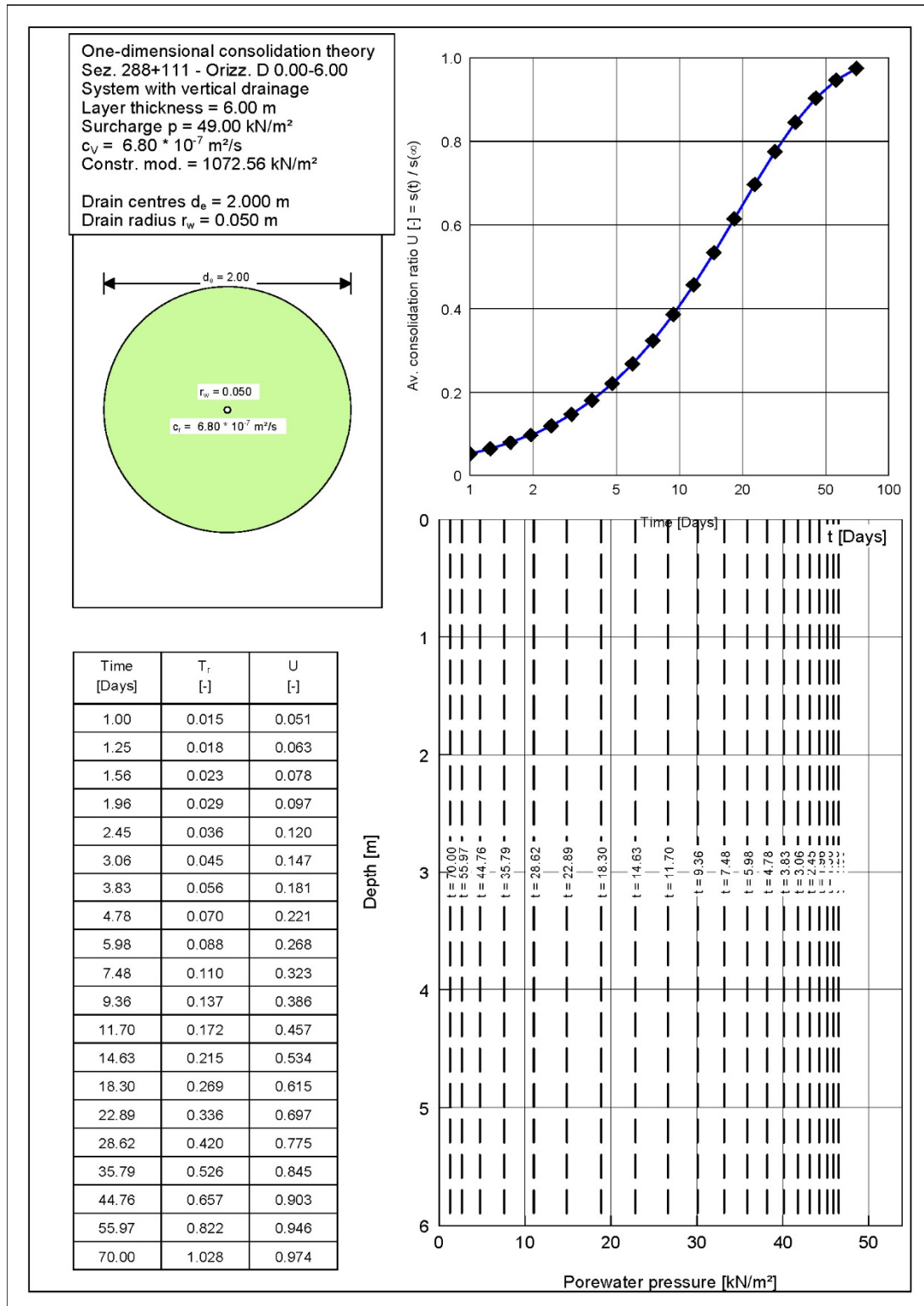


FIG. 26 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0x2.0 M

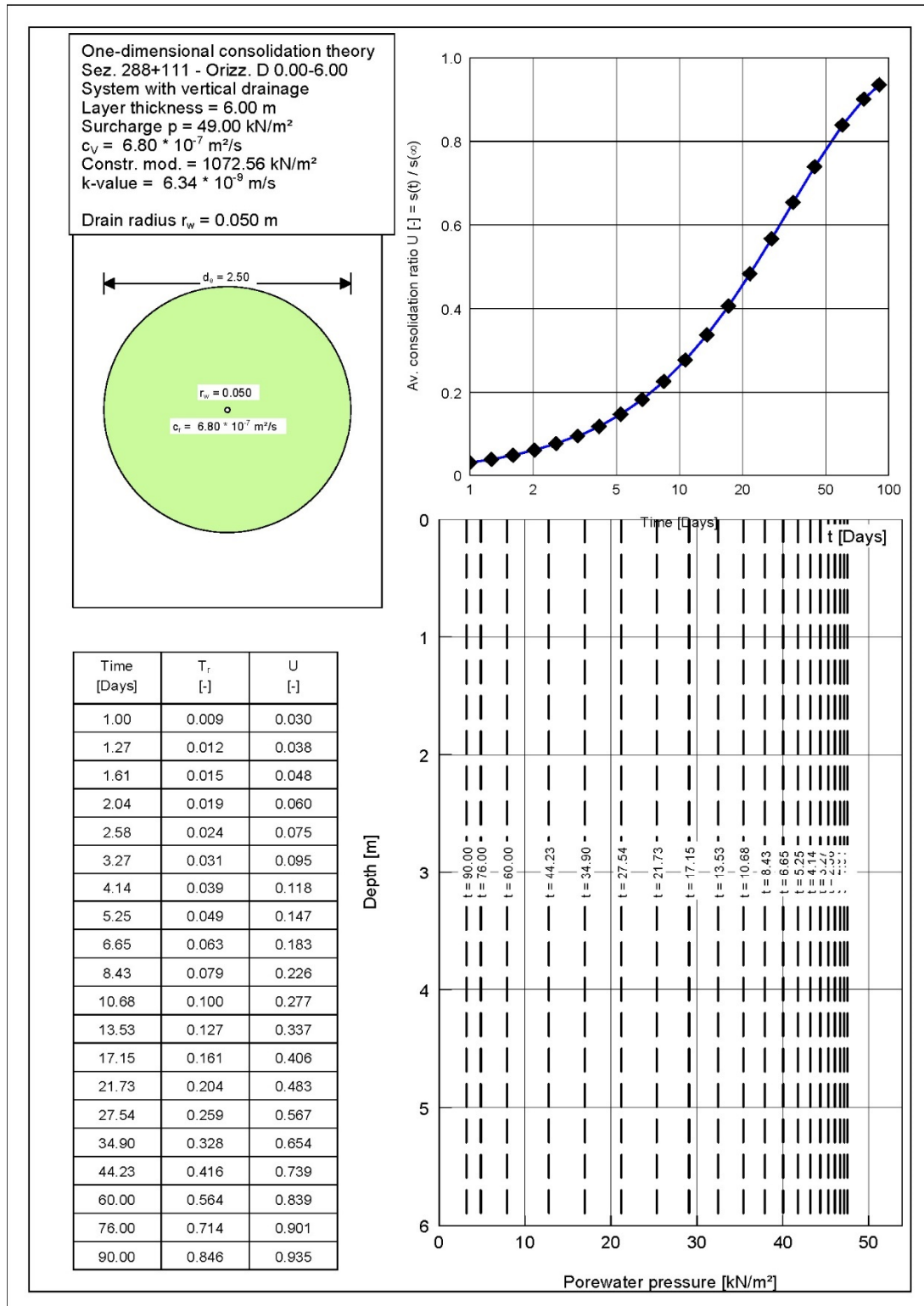


FIG. 27 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 0.00-6.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5x2.5 M

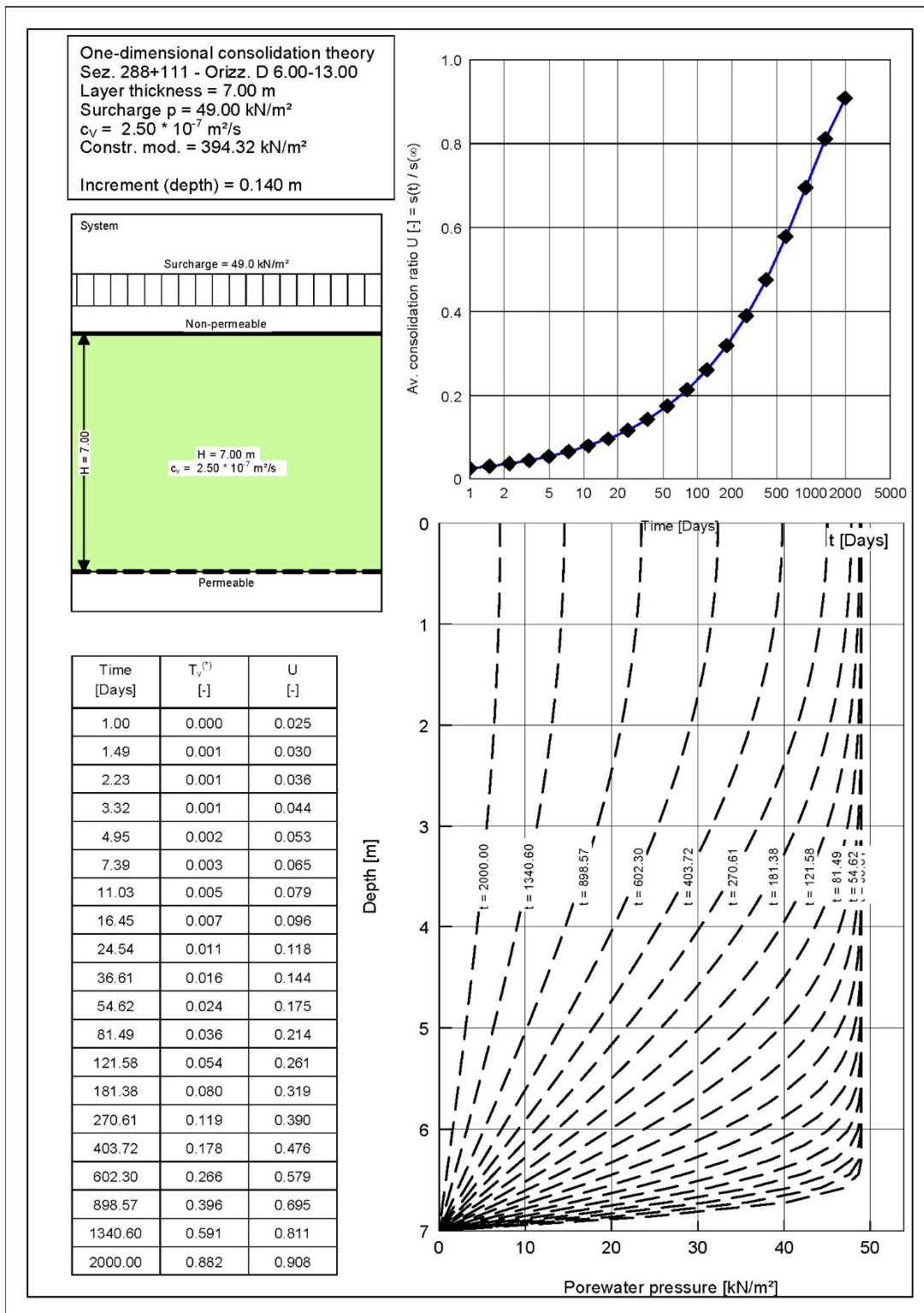


FIG. 28 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M

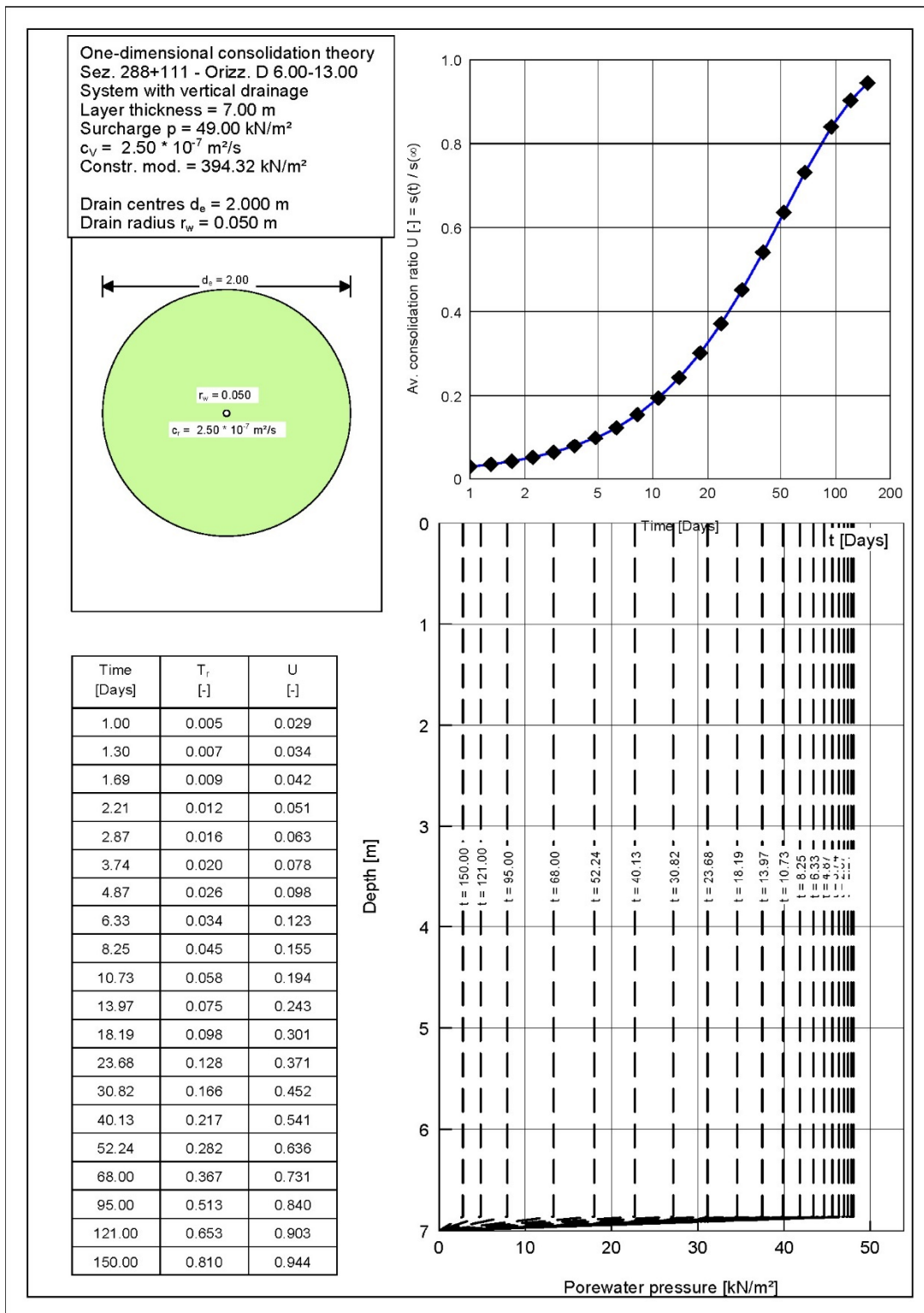


FIG. 29 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M CON DRENI MAGLIA 2.0x2.0 M

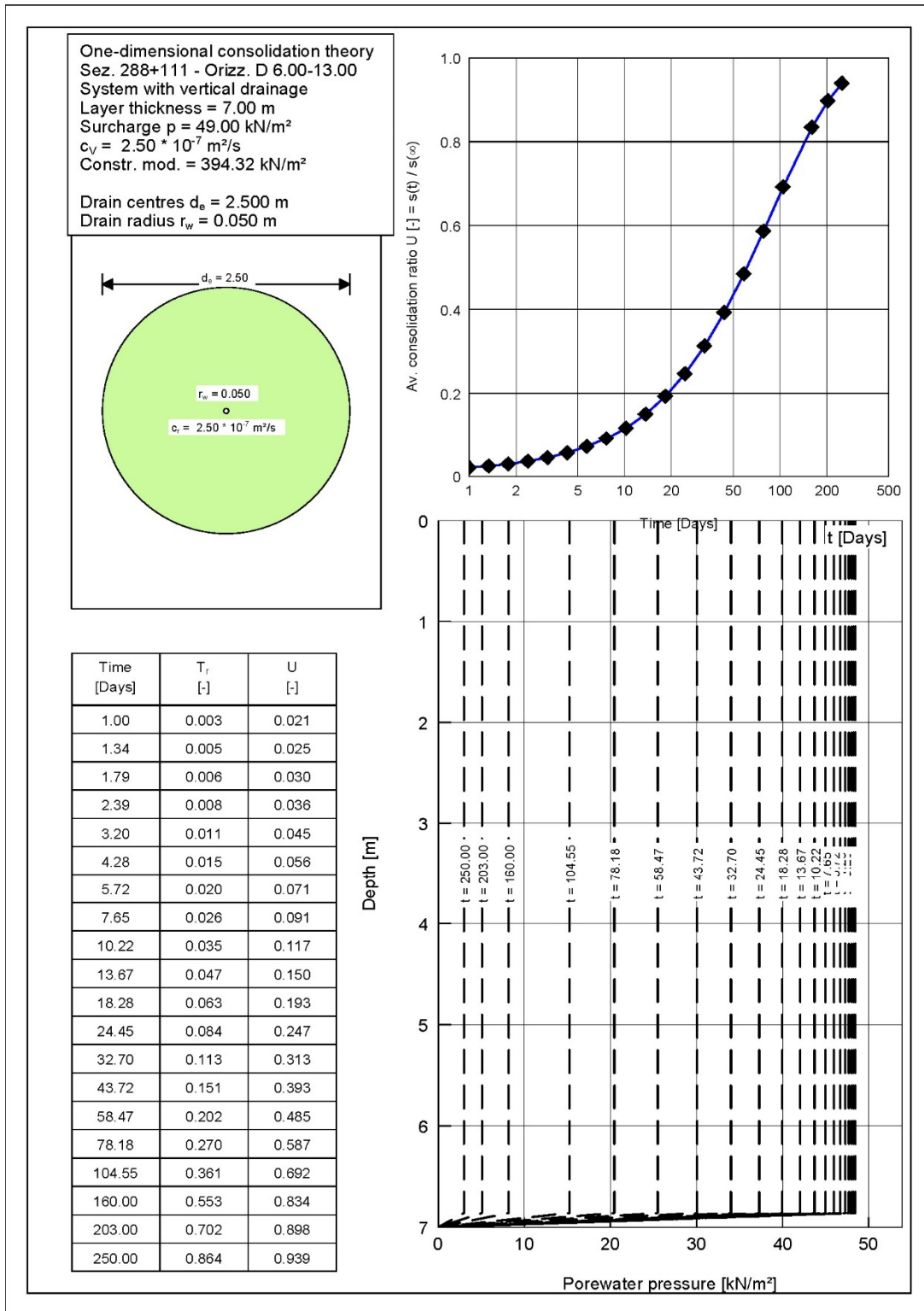


FIG. 30 – SEZ. 288+111 - CALCOLO DEL TEMPO DI CONSOLIDAZIONE ORIZZONTE D 6.00-13.00 M CON DRENI MAGLIA 2.5x2.5 M