



# PROVINCIA DI CHIETI

## SETTORE "6" – Viabilità

**LAVORI DI SISTEMAZIONE INTERSEZIONE A RASO  
S.P. EX S.S. 363 CON S.P. 95 FARA SAN MARTINO - CASOLI  
(Cod. int. n. 871)**

### PROGETTO ESECUTIVO

### RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

#### 1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive gli interventi di consolidamento e messa in sicurezza del tratto di strada della S.P. 95 previsti all'interno dei "Lavori di sistemazione intersezione a raso S.P. ex S.S. 363 con S.P. 95 Fara San Martino - Casoli". La tipologia d'intervento contemplata in progetto è relativa ad opere di sottoscarpa da realizzare a sostegno del rilevato stradale costituite da paratie in pali di grande diametro sormontate da un cordolo di collegamento.

In particolare gli interventi risultano localizzati secondo quanto riportato di seguito:

#### Intervento n. 1



Si prevede la realizzazione di una paratia di pali trivellati di diametro pari a 80 cm e lunghezza 11,00 m per una estensione complessiva di 40 m posti in linea ad interasse di 1,50 m. La paratia è sormontata da un cordolo di fondazione 1.00 m x 1.00 m con muretto in elevazione, di accompagnamento alla scarpata, di altezza media pari a 1.50 m.

### **Intervento n. 5**



Si prevede la realizzazione di una paratia di pali trivellati di diametro pari a 80 cm e lunghezza 12,00 m per una estensione complessiva di 45 m posti in linea ad interasse di 1,50 m della stessa tipologia sopra descritta.

Le aree interessate dagli interventi ricadono in ambito P2 di cui alla Carta della Pericolosità allegata al Piano Stralcio di Bacino sui “Fenomeni gravitativi e processi erosivi”, di cui alle D.G.R. n° 1386 del 29.12.2004 ed alla D.G.R. n° 422 del 23.03.2005. La tipologia di intervento previsto in progetto risulta conforme a quanto stabilito dagli artt. 16 e 17 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico.

Sulla base di quanto di seguito riportato si è proceduto al dimensionamento ed alla verifica delle opere previste in progetto mediante un'analisi allo stato limite ultimo adottando l'approccio progettuale n.1 di cui alle NTC 2008.

## **2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Il sottosuolo dell'area in esame è stato investigato con delle indagini in sito che hanno permesso una configurazione del sottosuolo dal punto di vista stratigrafico e meccanico, indagini consistite in due sondaggi geognostici a carotaggio continuo e nell'esecuzione di quattro sondaggi penetrometrici.

I sondaggi S1 ed S2 sono stati spinti fino alla profondità di 15 m dal piano di campagna.

La serie stratigrafica messa in luce dall'indagine evidenzia che tutte le aree d'intervento hanno come substrato l'unità geologica "p1" "Argille grigio-azzurre con contenuto siltoso variabile e livelli di sabbie-argillose".

Nella tabella di seguito allegata si riportano i valori dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni fondali per fondazioni profonde calcolati come il quinto percentile della distribuzione di frequenza dell'intero campione o della media.

| LITOTIPO                          | $C_{uK}$<br>(KPa) | $C'_K$<br>(KPa) | $\Phi'_K$<br>(°) | $\gamma_N$<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | $E_V$<br>(KPa) | $E_{Ed}$<br>(KPa) |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------------------------|----------------|-------------------|
| Coltre d'alterazione              | 14,5              | 4               | 10               | 18/19                              | 500            | 700               |
| Argilla-marnosa<br>grigio-azzurra | 77                | 9,2             | 19               | 19/20                              | 3.700          | 2.600             |

### 3.1 Sequenza stratigrafica locale

L'esecuzione dei sondaggi geognostici ha previsto il prelievo di campioni indisturbati per l'analisi di laboratorio. Il campione prelevato ed analizzato per il sondaggio S1 è C2S1 mentre per il sondaggio S2 è C2S2. Le prove di laboratorio eseguite sono:

- ✓ classificazione granulometrica
- ✓ limiti di Atterberg
- ✓ taglio diretto residuo
- ✓ prova edometrica
- ✓ prova triassiale non consolidata non drenata solo per campione C2S1.

L'esame dei rapporti di laboratorio dei due campioni evidenzia quanto segue:

- ✓ il campione C2S1 è un'argilla - limosa inorganica ad alta plasticità
- ✓ il campione C2S2 è un'argilla - limosa inorganica marnosa a media plasticità
- ✓ le prove edometriche non evidenziano l'aspetto di sovraconsolidamento.

### 3.2 Caratterizzazione sismica

Con il D.M. 14 gennaio 2008, è stata introdotta la definizione della pericolosità sismica italiana prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e le azioni sismiche vengono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito in esame.

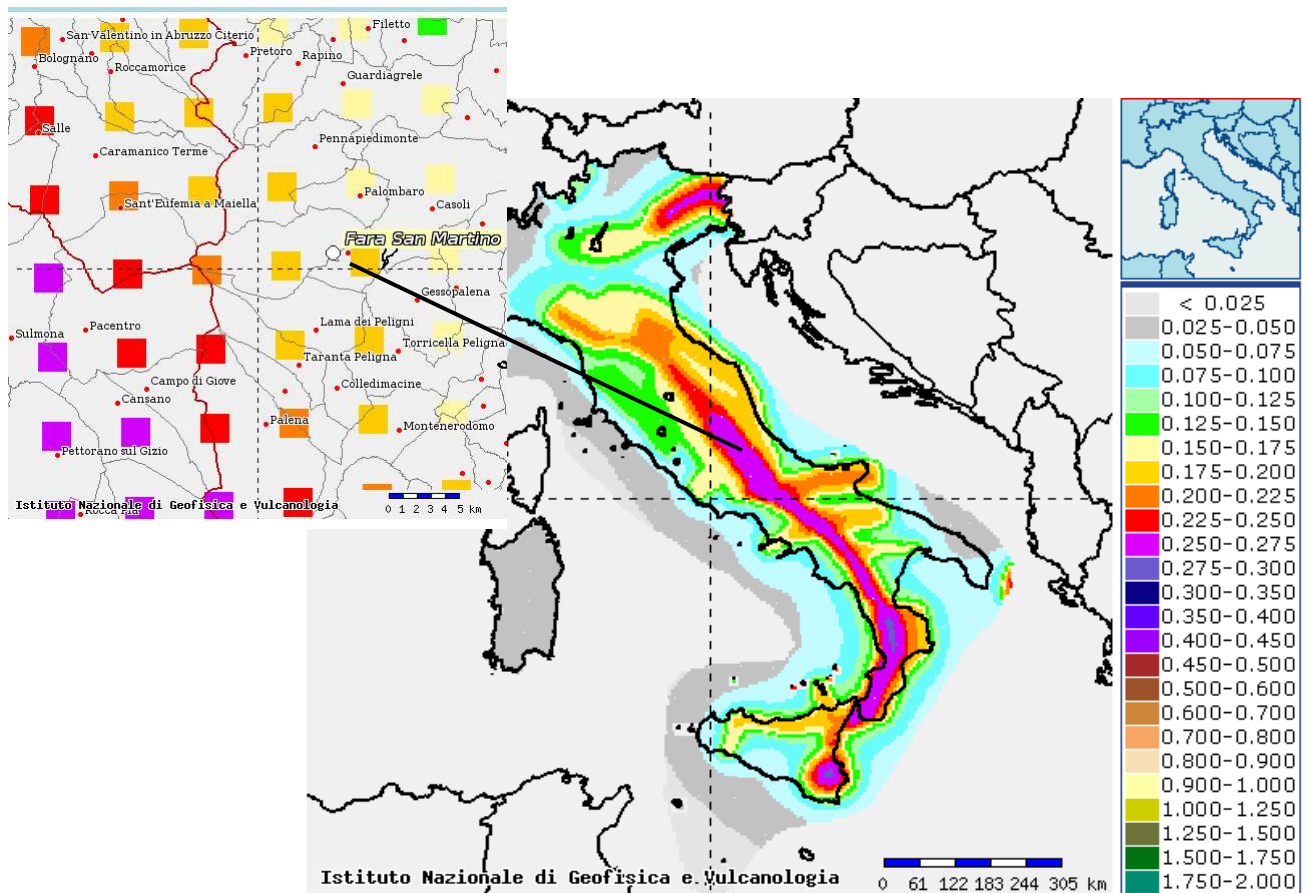
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in "condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ ".

In particolare, i caratteri del moto sismico sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La norma inoltre fornisce i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_C$  per tutti i siti considerati per cui, dalle sue coordinate, per ogni sito si risale ai termini necessari alla determinazione dell'azione sismica (Allegato B alle NTC 2008).

Per qualunque punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $p$  ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_C$ ) ad esso corrispondenti possono essere rappresentati attraverso metodi di interpolazione tra i quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

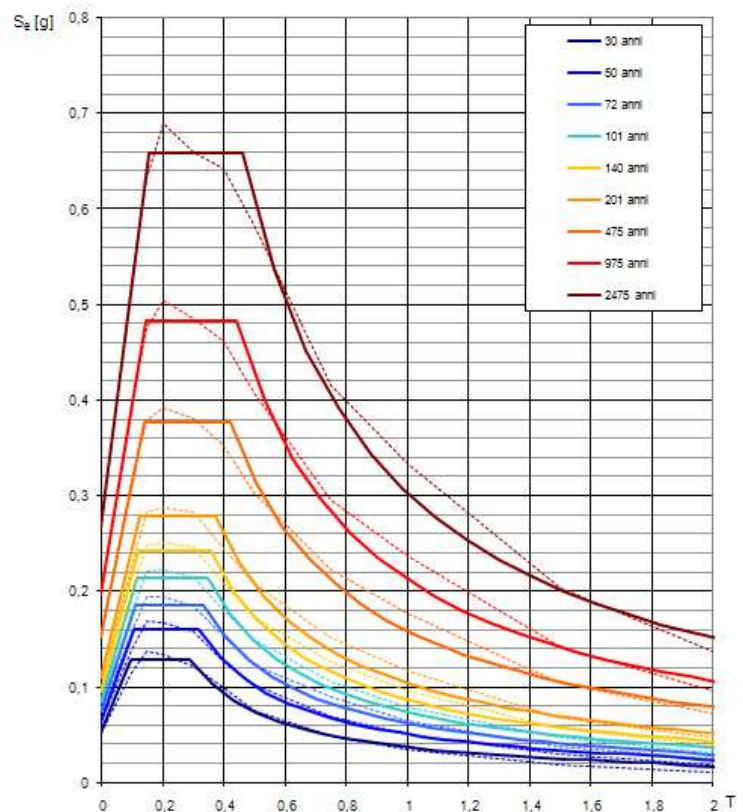


Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s) (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Per facilitare le operazioni di valutazione puntuale della pericolosità sismica, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mette a disposizione un programma (*Azioni sismiche - Spettri di risposta ver. 1.0.3*) che effettua tutte le operazioni di interpolazione sia geografica che temporale.

Nel nostro caso, i valori dei parametri sismici per il sito in esame (lat. 42,0910 - long. 14,2039) sono riassunti di seguito.

*Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (elaborazioni eseguite con "Spettri NTC ver. 1.0.3")*



| SLATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_o$ [-] | $T_C^*$ [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO          | 30           | 0,057     | 2,447     | 0,284       |
| SLD          | 50           | 0,072     | 2,426     | 0,307       |
| SLV          | 475          | 0,179     | 2,506     | 0,357       |
| SLC          | 975          | 0,233     | 2,531     | 0,367       |

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale e, l'analisi complessiva di tutti i dati emersi nello studio dell'area in esame, concorre ad una valutazione delle caratteristiche dinamiche del terreno di fondazione permettendo di giungere ad una verifica degli effetti di un eventuale sisma.

Per classificare il terreno si seguono le indicazioni contenute nella normativa sismica italiana per le categorie di suolo di fondazione, normativa che definisce l'azione sismica attraverso dei profili stratigrafici di riferimento.

Quindi, con i dati a disposizione, si è definita l'azione sismica per l'area in studio attraverso i criteri stabiliti dalla normativa sismica italiana che, come accennato in precedenza, definisce quest'azione attraverso dei profili stratigrafici di riferimento riassunti nella tabella di seguito riportata. In queste definizioni, per  $V_{S,30}$  s'intende la media delle velocità delle onde  $S$  negli strati fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, calcolata secondo la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i/V_{s,i}} \quad [m/s]$$

| <i><b>Categoria</b></i> | <b>Descrizione</b>   |
|-------------------------|--|
| <b>A</b>                | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.  |
| <b>B</b>                | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ o $Cu_{,30} > 250$ kPa).        |
| <b>C</b>                | Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ o $70 < Cu_{,30} < 250$ kPa). |
| <b>D</b>                | Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30} < 180$ m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ o $Cu_{,30} < 70$ kPa).                            |
| <b>E</b>                | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s.)  |

Nella normativa, infine, nella definizione dell'azione sismica vengono valutate anche le condizioni morfologiche locali attraverso la definizione di quattro categorie topografiche.

| <i><b>Categoria</b></i> | <b>Caratteristiche della superficie topografica</b>   |
|-------------------------|---|
| T1                      | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2                      | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3                      | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4                      | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

Ai fini della definizione dell'azione sismica, è stata eseguita sul sito in oggetto un' indagine sismica con il metodo Masw in modo da caratterizzare le frequenze fondamentali di risonanza del sito, stimare il profilo delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) del sottosuolo e ricostruire una stratigrafia sismica. Si è fatto quindi riferimento ad un approccio semplificato per la valutazione della  $V_{s30}$  che, come riportato nella relazione geofisica, ha permesso di stabilire che il sito in esame ha una **categoria di sottosuolo pari a B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine consistenti con spessori superiori a 30 metri, *caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360m/s e 800 m/s*".

### 3. VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE - INTERVENTO N.1

Nel presente paragrafo si riporta l'analisi di stabilità sviluppata con il metodo di calcolo JANBU COMPLETO relativamente all'intervento n.1.

#### 3.1. Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

|            |  |
|------------|--|
| $l$        | lunghezza della base della striscia                                      |
| $\alpha$   | angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale                |
| $b$        | larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$                       |
| $\phi$     | angolo di attrito lungo la base della striscia                           |
| $c$        | coesione lungo la base della striscia                                    |
| $\gamma$   | peso di volume del terreno   |
| $u$        | pressione neutra   |
| $W$        | peso della striscia  |
| $N$        | sforzo normale alla base della striscia                                  |
| $T$        | sforzo di taglio alla base della striscia                                |
| $E_s, E_d$ | forze normali di interstriscia a sinistra e a destra                     |
| $X_s, X_d$ | forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra                 |
| $E_a, E_b$ | forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio      |
| $\Delta X$ | variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$ |
| $\Delta E$ | variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$     |

#### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i l_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

### 3.2. Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

|             |   |
|-------------|---|
| Nr.         | Indice del terreno  |
| Descrizione | Descrizione terreno   |
| $\gamma$    | Peso di volume del terreno espresso in kg/mc                      |
| $\gamma_w$  | Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc               |
| $\phi$      | Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi |
| $c$         | Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>    |
| $\phi_u$    | Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi      |
| $c_u$       | Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>      |

| Nr. | Descrizione     | $\gamma$ | $\gamma_w$ | $\phi'$ | $c'$  | $\phi_u$ | $c_u$ |
|-----|-----------------|----------|------------|---------|-------|----------|-------|
| 1   | Coltre          | 1800     | 1900       | 10.00   | 0,040 | 10.00    | 0,140 |
| 2   | Argille marnose | 1900     | 2000       | 19.00   | 0,100 | 19.00    | 0,770 |

### 3.3. Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

|     |  |
|-----|--|
| Nr. | Identificativo del punto                     |
| X   | Ascissa del punto del profilo espressa in m  |
| Y   | Ordinata del punto del profilo espressa in m |

| Nr. | X [m] | Y [m] |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0,00  | 14,00 |
| 2   | 18,00 | 21,00 |
| 3   | 34,00 | 28,00 |
| 4   | 36,00 | 28,00 |
| 5   | 36,00 | 30,50 |
| 6   | 37,50 | 31,50 |
| 7   | 48,00 | 31,50 |
| 8   | 66,00 | 36,00 |
| 9   | 86,00 | 43,00 |

### 3.4. Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Coltre)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

| N° | X[m]   | Y[m]  |
|----|--------|-------|
| 1  | 18,00  | 21,00 |
| 2  | 0,00   | 14,00 |
| 3  | 0,00   | 0,00  |
| 4  | 100,00 | 0,00  |
| 5  | 100,00 | 44,00 |
| 6  | 45,00  | 27,00 |
| 7  | 32,00  | 25,00 |

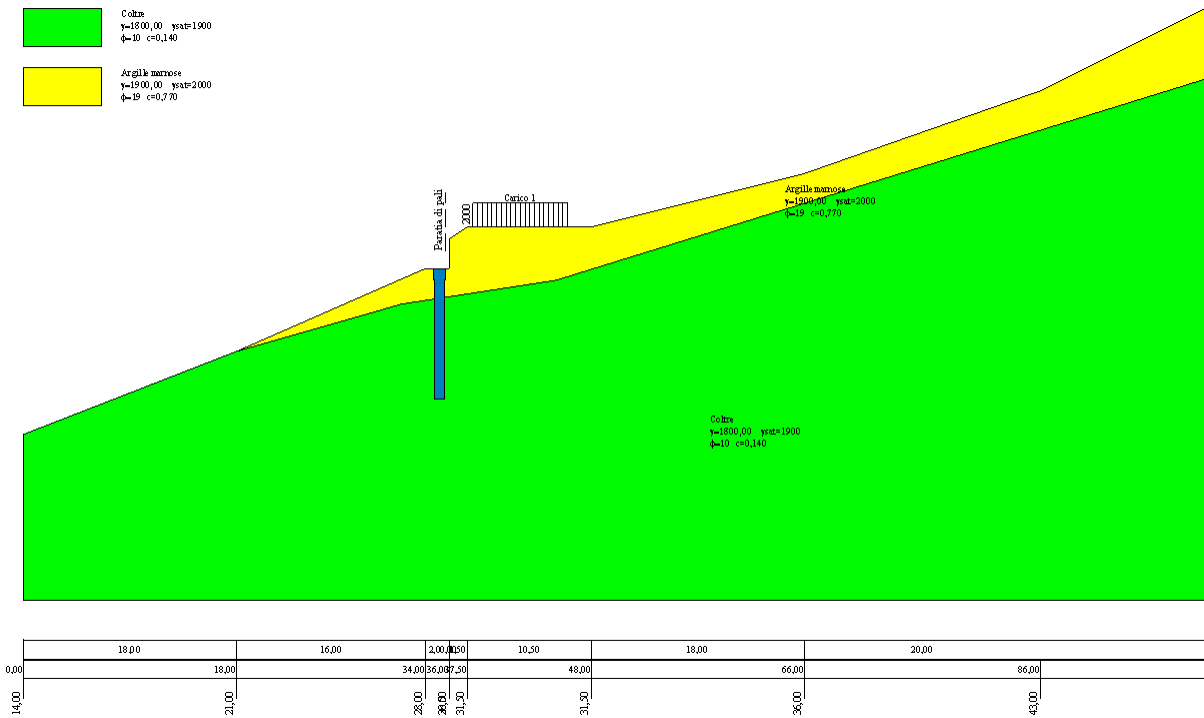
Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Argille marnose)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

| N° | X[m]   | Y[m]  |
|----|--------|-------|
| 1  | 100,00 | 44,00 |
| 2  | 100,00 | 50,00 |
| 3  | 86,00  | 43,00 |



|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 4  | 66,00 | 36,00 |
| 5  | 48,00 | 31,50 |
| 6  | 37,50 | 31,50 |
| 7  | 36,00 | 30,50 |
| 8  | 36,00 | 28,00 |
| 9  | 34,00 | 28,00 |
| 10 | 18,00 | 21,00 |
| 11 | 32,00 | 25,00 |
| 12 | 45,00 | 27,00 |



### 3.5. Carichi sul profilo

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

- Nr. Identificativo del sovraccarico agente
- $X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in m
- $X_f$  Per carico concentrato ascissa del punto di applicazione espressa in m
- $X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in m
- $V_i$  Intensità del carico espressa in kg/m per  $x=X_i$
- $V_f$  Per carico concentrato intensità del carico espressa in kg
- $V_f$  Intensità del carico espressa in kg/m per  $x=X_f$

| Nr. | Tipo carico | $X_i$ [m] | $X_f$ [m] | $V_i$ | $V_f$ |
|-----|-------------|-----------|-----------|-------|-------|
| 1   | DISTRIBUITO | 38,00     | 46,00     | 2000  | 2000  |

### 3.6. Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

#### Paratia di pali - Paratia di pali

|  |       |   |
|--|-------|---|
| Grado di sicurezza desiderato a monte            | 1,30  |   |
| Ascissa sul profilo (quota testa paratia)        | 35,67 | m |
| Altezza totale paratia                           | 11,00 | m |
| Altezza inefficace paratia (a partire dal piede) | 0,00  | m |
| Diametro pali                                    | 0,80  | m |
| Interasse pali                                   | 1,50  | m |
| Altezza cordolo                                  | 1,00  | m |

|  |      |        |
|--|------|--------|
| Larghezza cordolo                                      | 1,00 | m      |
| Percentuale di armatura                                | 6,00 | %      |
| Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk) | 300  | kg/cmq |
| Altezza di scavo                                       | 0,00 | m      |

### 3.7. Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :  
Metodo di JANBU COMPLETO (C)

#### Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

#### **Coefficienti di partecipazione caso statico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> |                  | <i>A1</i> | <i>A2</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|
| Permanenti     | Favorevole     | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00      | 1,00      |
| Permanenti     | Sfavorevole    | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,30      | 1,00      |
| Variabili      | Favorevole     | $\gamma_{Qfav}$  | 0,00      | 0,00      |
| Variabili      | Sfavorevole    | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,50      | 1,30      |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i>                     |                      | <i>M1</i> | <i>M2</i> |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1,00      | 1,25      |
| Coazione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1,00      | 1,25      |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1,00      | 1,40      |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1,00      | 1,60      |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1,00      | 1,00      |

#### **Coefficienti di partecipazione caso sismico**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> |                  | <i>A1</i> | <i>A2</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|
| Permanenti     | Favorevole     | $\gamma_{Gfav}$  | 1,00      | 1,00      |
| Permanenti     | Sfavorevole    | $\gamma_{Gsfav}$ | 1,00      | 1,00      |
| Variabili      | Favorevole     | $\gamma_{Qfav}$  | 0,00      | 0,00      |
| Variabili      | Sfavorevole    | $\gamma_{Qsfav}$ | 1,00      | 1,00      |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i>                     |                      | <i>M1</i> | <i>M2</i> |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Tangente dell'angolo di attrito      | $\gamma_{\tan\phi'}$ | 1,00      | 1,25      |
| Coazione efficace                    | $\gamma_{c'}$        | 1,00      | 1,25      |
| Resistenza non drenata               | $\gamma_{cu}$        | 1,00      | 1,40      |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu}$        | 1,00      | 1,60      |
| Peso dell'unità di volume            | $\gamma_{\gamma}$    | 1,00      | 1,00      |

#### Sisma

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Accelerazione al suolo $a_g =$                             | 1.532 [m/s <sup>2</sup> ] |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss) | 1.20                      |

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Coefficiente di amplificazione topografica (St)          | 1.20                              |
| Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )                     | 0.24                              |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale         | 0.50                              |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 5.40$ |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)   | $k_v=0.50 * k_h = 2.70$           |
| Coefficiente di sicurezza richiesto                      | 1.10                              |

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]  
Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto  
Analisi condotta in termini di tensioni totali  
Presenza di carichi distribuiti

### **Impostazioni interventi**

Influenza interventi: Resistenza a taglio.  
Resistenza interventi calcolata dal programma.  
Coefficiente sicurezza resistenza interventi 1,25

### **Impostazioni delle superfici di rottura**

Si considerano le superfici passanti per i punti P1(20,11, 21,99) e P2(59,96, 34,28)

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

|   |       |
|---|-------|
| Numero di superfici analizzate                  | 4     |
| Coefficiente di sicurezza minimo                | 1.123 |
| Superficie con coefficiente di sicurezza minimo | 1     |

### **3.8. Quadro sintetico coefficienti di sicurezza**

| <b>Metodo</b>  | <b>Nr. superfici</b> | <b>FS<sub>min</sub></b> | <b>S<sub>min</sub></b> | <b>FS<sub>max</sub></b> | <b>S<sub>max</sub></b> |
|----------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| JANBU COMPLETO | 4                    | 1.123                   | 1                      | 1.548                   | 4                      |

---

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub>, y<sub>v</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub> ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

| N° | C <sub>x</sub> | C <sub>y</sub> | R     | x <sub>v</sub> | y <sub>v</sub> | x <sub>m</sub> | y <sub>m</sub> | V      | C <sub>s</sub> | caso   |
|----|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|----------------|--------|
| 1  | 26,64          | 71,56          | 50,00 | 20,23          | 21,97          | 60,28          | 34,57          | 180,94 | 1.123 (C)      | [A2M2] |
| 2  | 26,64          | 71,56          | 50,00 | 20,23          | 21,97          | 60,28          | 34,57          | 180,94 | 1.152 (C)      | [A2M2] |
| 3  | 26,64          | 71,56          | 50,00 | 20,23          | 21,97          | 60,28          | 34,57          | 180,94 | 1.508 (C)      | [PC]   |
| 4  | 26,64          | 71,56          | 50,00 | 20,23          | 21,97          | 60,28          | 34,57          | 180,94 | 1.548 (C)      | [PC]   |

### 3.9. Analisi della superficie critica

#### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

#### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

|   |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Numero di strisce                               | 21                        |                           |
| Coordinate del centro                           | X[m]= 26,64               | Y[m]= 71,56               |
| Raggio del cerchio                              | R[m]= 50,00               |                           |
| Intersezione a valle con il profilo topografico | X <sub>v</sub> [m]= 20,23 | Y <sub>v</sub> [m]= 21,97 |
| Intersezione a monte con il profilo topografico | X <sub>m</sub> [m]= 60,28 | Y <sub>m</sub> [m]= 34,57 |
| Coefficiente di sicurezza                       | C <sub>S</sub> = 1.123    |                           |

**Geometria e caratteristiche strisce**

| N° | X <sub>s</sub> | Y <sub>ss</sub> | Y <sub>si</sub> | X <sub>d</sub> | Y <sub>ds</sub> | Y <sub>di</sub> | X <sub>g</sub> | Y <sub>g</sub> | L    | α     | φ     | c    |
|----|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|-------|-------|------|
| 1  | 20,23          | 21,97           | 21,97           | 22,20          | 22,84           | 21,76           | 21,54          | 22,19          | 1,98 | -6,24 | 11.24 | 0,30 |
| 2  | 22,20          | 22,84           | 21,76           | 24,16          | 23,70           | 21,62           | 23,28          | 22,51          | 1,97 | -3,97 | 8.03  | 0,10 |
| 3  | 24,16          | 23,70           | 21,62           | 26,13          | 24,56           | 21,56           | 25,21          | 22,89          | 1,97 | -1,71 | 8.03  | 0,10 |
| 4  | 26,13          | 24,56           | 21,56           | 28,10          | 25,42           | 21,58           | 27,15          | 23,31          | 1,97 | 0,54  | 8.03  | 0,10 |
| 5  | 28,10          | 25,42           | 21,58           | 30,07          | 26,28           | 21,68           | 29,11          | 23,77          | 1,97 | 2,80  | 8.03  | 0,10 |
| 6  | 30,07          | 26,28           | 21,68           | 32,03          | 27,14           | 21,85           | 31,07          | 24,28          | 1,98 | 5,06  | 8.03  | 0,10 |
| 7  | 32,03          | 27,14           | 21,85           | 34,00          | 28,00           | 22,11           | 33,03          | 24,82          | 1,98 | 7,33  | 8.03  | 0,10 |
| 8  | 34,00          | 28,00           | 22,11           | 35,67          | 28,00           | 22,38           | 34,83          | 25,16          | 1,69 | 9,43  | 8.03  | 0,10 |
| 9  | 35,67          | 28,00           | 22,38           | 36,00          | 28,00           | 22,45           | 35,83          | 25,24          | 0,34 | 10,59 | 8.03  | 0,10 |
| 10 | 36,00          | 30,50           | 22,45           | 37,50          | 31,50           | 22,75           | 36,76          | 26,86          | 1,53 | 11,66 | 8.03  | 0,10 |
| 11 | 37,50          | 31,50           | 22,75           | 39,60          | 31,50           | 23,27           | 38,54          | 27,31          | 2,16 | 13,78 | 8.03  | 0,10 |
| 12 | 39,60          | 31,50           | 23,27           | 41,70          | 31,50           | 23,88           | 40,64          | 27,58          | 2,19 | 16,27 | 8.03  | 0,10 |
| 13 | 41,70          | 31,50           | 23,88           | 43,80          | 31,50           | 24,60           | 42,73          | 27,91          | 2,22 | 18,80 | 8.03  | 0,10 |
| 14 | 43,80          | 31,50           | 24,60           | 45,90          | 31,50           | 25,42           | 44,83          | 28,29          | 2,25 | 21,36 | 8.03  | 0,10 |
| 15 | 45,90          | 31,50           | 25,42           | 48,00          | 31,50           | 26,35           | 46,92          | 28,72          | 2,30 | 23,97 | 8.03  | 0,10 |
| 16 | 48,00          | 31,50           | 26,35           | 50,05          | 32,01           | 27,38           | 49,01          | 29,33          | 2,29 | 26,60 | 8.03  | 0,10 |
| 17 | 50,05          | 32,01           | 27,38           | 52,09          | 32,52           | 28,52           | 51,05          | 30,12          | 2,35 | 29,26 | 8.03  | 0,10 |
| 18 | 52,09          | 32,52           | 28,52           | 54,14          | 33,04           | 29,80           | 53,08          | 30,96          | 2,41 | 31,98 | 8.03  | 0,10 |
| 19 | 54,14          | 33,04           | 29,80           | 56,19          | 33,55           | 31,23           | 55,11          | 31,88          | 2,49 | 34,79 | 15.19 | 0,54 |
| 20 | 56,19          | 33,55           | 31,23           | 58,24          | 34,06           | 32,81           | 57,11          | 32,86          | 2,59 | 37,71 | 15.40 | 0,55 |
| 21 | 58,24          | 34,06           | 32,81           | 60,28          | 34,57           | 34,57           | 58,92          | 33,81          | 2,70 | 40,74 | 15.40 | 0,55 |

**Forze applicate sulle strisce [JANBU COMPLETO]**

| N° | W     | Q    | N     | T     | U | E <sub>s</sub> | E <sub>d</sub> | X <sub>s</sub> | X <sub>d</sub> |
|----|-------|------|-------|-------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 1986  | 0    | 4343  | 5982  | 0 | 0              | 6311           | 0              | -1628          |
| 2  | 5731  | 0    | 6419  | 2563  | 0 | 6311           | 9003           | -1628          | -1969          |
| 3  | 9184  | 0    | 10885 | 3120  | 0 | 9003           | 11952          | -1969          | -3325          |
| 4  | 12362 | 0    | 13910 | 3500  | 0 | 11952          | 14653          | -3325          | -4572          |
| 5  | 15266 | 0    | 16553 | 3833  | 0 | 14653          | 16851          | -4572          | -5613          |
| 6  | 17895 | 0    | 18784 | 4119  | 0 | 16851          | 18332          | -5613          | -6309          |
| 7  | 20272 | 0    | 20675 | 4364  | 0 | 18332          | 18930          | -6309          | -6553          |
| 8  | 17729 | 0    | 14981 | 3389  | 0 | 18930          | 18862          | -6553          | -3680          |
| 9  | 3398  | 0    | 3187  | 699   | 0 | 18862          | 18780          | -3680          | -3452          |
| 10 | 23471 | 0    | 26012 | 4632  | 0 | 18780          | 16790          | -3452          | -5759          |
| 11 | 33237 | 3200 | 32269 | 5979  | 0 | 16790          | 12944          | -5759          | -1103          |
| 12 | 31037 | 4200 | 33335 | 6136  | 0 | 12944          | 7591           | -1103          | 1366           |
| 13 | 28460 | 4200 | 31207 | 5896  | 0 | 7591           | 1354           | 1366           | 3465           |
| 14 | 25482 | 4200 | 28429 | 5579  | 0 | 1354           | -5407          | 3465           | 5440           |
| 15 | 22040 | 200  | 21874 | 4794  | 0 | -5407          | -11113         | 5440           | 6344           |
| 16 | 18740 | 0    | 16477 | 4109  | 0 | -11113         | -15828         | 6344           | 9016           |
| 17 | 16599 | 0    | 14660 | 3931  | 0 | -15828         | -20458         | 9016           | 11353          |
| 18 | 13993 | 0    | 11891 | 3643  | 0 | -20458         | -24422         | 11353          | 13707          |
| 19 | 10802 | 0    | 10428 | 14443 | 0 | -24422         | -19095         | 13707          | 7995           |
| 20 | 6949  | 0    | 2960  | 13399 | 0 | -19095         | -10680         | 7995           | 4594           |
| 21 | 2433  | 0    | -1680 | 12820 | 0 | -10680         | -1             | 4594           | 0              |

