

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA**

**GEOTECNICA**

**Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile di scavalco – Viadotto VI08 Gravina**

SCALA:

-

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

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | A | 5 | F | 0 | 1 | D | 0 | 9 | R | H | V | I | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| Rev. | Descrizione          | Redatto     | Data        | Verificato    | Data        | Approvato  | Data        | Autorizzato Data        |
|------|----------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------------------|
| A    | EMISSIONE DEFINITIVA | S.Gasperoni | Luglio 2019 | M.E.D'Effremo | Luglio 2019 | F. Gernone | Luglio 2019 | Vittozzi<br>Luglio 2019 |
|      |                      |             |             |               |             |            |             |                         |
|      |                      |             |             |               |             |            |             |                         |
|      |                      |             |             |               |             |            |             |                         |

ITALFERR S.p.A.  
 Direzione Civile - Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Gianluigi Vittozzi  
 Sede: Spazio Ingegneria - Prov. di Roma  
 M. 42078

## INDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | PREMESSA .....  | 3  |
| 2.  | NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....                         | 4  |
| 2.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                                    | 4  |
| 2.2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....                                     | 4  |
| 2.3 | PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI .....                             | 5  |
| 3.  | MATERIALI .....   | 6  |
| 4.  | INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO.....                            | 7  |
| 4.1 | PREMESSA.....   | 7  |
| 4.2 | RICONOSCIMENTO UNITÀ GEOTECNICHE .....                            | 7  |
| 4.3 | SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....                 | 7  |
| 4.4 | FALDA.....  | 9  |
| 5.  | ANALISI DI STABILITA' .....                                       | 10 |
| 5.1 | PREMESSA.....   | 10 |
| 5.2 | METODOLOGIE DI CALCOLO.....                                       | 11 |
|     | 5.2.1 Carichi.....  | 12 |
|     | 5.2.2 Azioni sismiche per analisi di stabilità scarpate .....     | 12 |
| 5.3 | SEZIONE DI CALCOLO .....  | 13 |
| 5.4 | RISULTATI.....  | 14 |
| 5.5 | VERIFICA BARRE DI CHIODATURA .....                                | 16 |
| 6.  | APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE..... | 17 |

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche geotecniche ed il dimensionamento delle opere di consolidamento previste per la scarpata in corrispondenza delle pile di scavalco del fiume del viadotto Gravina (VI08), nell'ambito dell'miglioramento sismico propedeutico alla realizzazione della nuova Linea Ferrandina – Matera "La Martella" per il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Verifica di stabilità della scarpata con intervento di consolidamento;
- Dimensionamento dell'intervento di consolidamento.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 17/01/2018).

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare N.7 del 21-01-2019, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'Applicazione Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.3]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [N.4]. Progetto DOC-Reluis 2005-2008 – linea 3: Valutazione e riduzione del rischio sismico di ponti esistenti – “linee guida e manuale applicativo per la valutazione della sicurezza sismica e il consolidamento dei ponti esistenti in c.a.” marzo 2009

### 2.2 Documenti di riferimento

- [DC1]. IA5F00D78RHGE0005001 - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica;
- [DC2]. IA5F00D78F6GE0005001 - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Profilo Geotecnico.
- [DC3]. E.0.2. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. Stazione di Ferrandina – Stazione di Matera la Martella. Relazione calcoli statici 2 a parte. Novembre 1985.
- [DC4]. IA5F 01 D 09 RH VI0000 001 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Criteri di calcolo delle fondazioni.
- [DC5]. IA5F 01 D 09 RH VI0800 001 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante.
- [DC6]. IA5F 01 D 09 RH VI0800 002 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione stabilità delle scarpate delle pile di scavalco.
- [DC7]. F.8.1.1. e F.8.1.2 - Linea Ferrandina – Matera Centrale. Pianta e profilo longitudinale Tav.1 e 2. Novembre 1985.
- [DC8]. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Carpenterie fondazioni e piante. Novembre 1985.
- [DC9]. Rv.1. Lunghezza pali in opera.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile di scavalco

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 5 di 27 |

### 2.3 Programmi di calcolo utilizzati

- "SLIDE 7" - Il programma di calcolo è stato adottato per le verifiche di stabilità, è prodotto da Rocscience. E' validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.). In accordo a quanto prescritto nel paragrafo 10.2 del D.M. 14/01/2008, il progettista certifica la affidabilità del suddetto codice di calcolo e l' idoneità di utilizzo nel caso specifico.

### 3. MATERIALI

Nel presente progetto si utilizzeranno i seguenti materiali per le opere esistenti.

|                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| Acciaio per armatura micropali | Fe 360 S235              |
|                                | $f_{yk}=235 \text{ MPa}$ |
|                                | $E=210000 \text{ MPa}$   |

Per i materiali delle opere esistenti si definisce livello di conoscenza  $LC = 2$  e quindi nelle verifiche si assume un fattore di confidenza  $FC = 1.2$ .

Per i consolidamenti in progetto:

Chiodature:

|  |   |
|--|---|
| barre tipo "Gewi Plus" / bulloni da roccia | Barre S670/800                          |
|  | $f_{0,2k} / f_{tk}=670/800 \text{ MPa}$ |
|  | $E=210000 \text{ MPa}$                  |

## 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO

### 4.1 Premessa

Di seguito si riportano le principali unità geotecniche intercettate lungo il tracciato ed una sintesi dei parametri di progetto. Per il dettaglio delle indagini eseguite e la scelta dei parametri si rimanda alla Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante [DC5].

### 4.2 Riconoscimento unità geotecniche

Le indagini hanno intercettato le seguenti unità geotecniche:

**Unità 1e – Depositi terrazzati del Fiume Bradano:** Si tratta di depositi alluvionali terrazzati.

**Unità ASP – Argille subappennine:** Si tratta di argille limose e argille marnose grigie da consistenti a dure.

**Unità GRA – Calcareniti di Gravina:** Si tratta di rocce, calcareniti di colore avana-giallastro passante ad avana-biancastro, a struttura granulare da fine a grossolana, con alterazione da debole a media, medio dura, poco fratturata, RQD da 40 a 100%.

**Unità Cc – Calcarea di Altamura:** Si tratta di rocce, calcilutiti di colore da nocciola-grigiastrea a nocciola-biancastra, a struttura compatta, alterazione da media ad elevata, dura, con talvolta fratture, RQD da 30 a 90%.

### 4.3 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate interagenti con le fondazioni.

#### Unità 1e – Depositi terrazzati del Fiume Bradano

|  |  |
|--|--|
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$                             | peso di volume naturale                  |
| $c' = 0 \text{ kPa}$                                       | coesione drenata                         |
| $\varphi' = 21 \div 23^\circ$                              | angolo di resistenza al taglio           |
| $V_s = 130 \div 400 \text{ m/s}$                           | velocità delle onde di taglio            |
| $E_o = 200 \div 500 \text{ MPa}$                           | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 3.5 \cdot 10^{-5} \div 4.5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ | coefficiente di permeabilità             |

#### Unità 2 – Argille subappennine

|  |  |
|--|--|
| $\gamma = 19.0 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                        |
| $c' = 27 \div 32 \text{ kPa}$            | coesione drenata                               |
| $\varphi' = 22 \div 24^\circ$            | angolo di resistenza al taglio                 |
| $c_u = 100 \div 300 \text{ kPa}$         | resistenza al taglio in condizioni non drenate |

$V_s = 130 \div 210$  m/s                      velocità delle onde di taglio  
 $E_o = 120 \div 200$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale  
 $k = 9.0 \cdot 10^{-8} \div 1.0 \cdot 10^{-7}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

### Unità 3 – Calcareniti di Gravina

$\gamma = 19.0 \div 21.0$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale  
 GSI = 37                      Geological Strength Index  
 $\sigma_{ci} = 3$  MPa                      resistenza a compressione della roccia intatta  
 $m_i = 9$                       costante per la roccia intatta  
 $c' = 20$  kPa                      coesione drenata  
 $\varphi' = 32^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $V_s = 600 \div 1300$  m/s                      velocità delle onde di taglio  
 $E_o = 4000 \div 12300$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale  
 $k = 8.0 \cdot 10^{-7} \div 1.0 \cdot 10^{-7}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

### Unità 4 – Calcarea di Altamura

$\gamma = 24.0 \div 26.0$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale  
 GSI = 45                      Geological Strength Index  
 $\sigma_{ci} = 42$  MPa                      resistenza a compressione della roccia intatta  
 $m_i = 9$                       costante per la roccia intatta  
 $c' = 130$  kPa                      coesione drenata  
 $\varphi' = 40^\circ$                       angolo di resistenza al taglio  
 $V_s = 1400 \div 1800$  m/s                      velocità delle onde di taglio  
 $E_o = 15600 \div 21500$  MPa                      modulo di deformazione elastico iniziale  
 $k = 2.0 \cdot 10^{-7} \div 1.0 \cdot 10^{-5}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E0).



#### 4.4 Falda

Non sono disponibili misure piezometriche in corrispondenza del viadotto in esame.

Durante la perforazione il sondaggio S10\_DH\_50 ha rilevato falda a 27 m da p.c., il sondaggio S11\_DH\_50 ha rilevato falda profonda, non interferente con le opere. Nel sondaggio S6\_10 la falda è assente.

Il piezometro S9\_PZ\_30, installato nelle vicinanze dell'opera, indica falda a 3 m dal p.c..

Per le analisi di stabilità la falda è stata assunta coerentemente con quanto riportato nel profilo geologico, di cui si riporta uno stralcio:

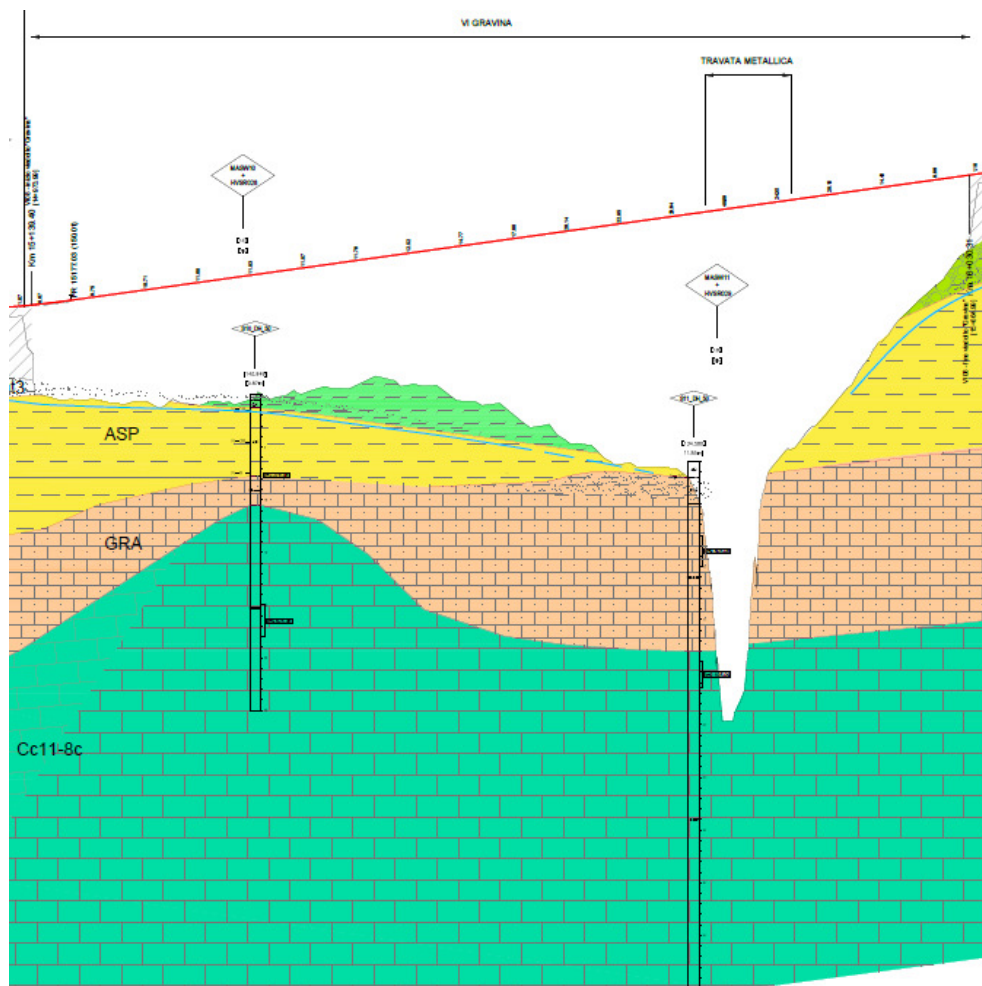


Figura 1 – Stralcio profilo geologico

## 5. ANALISI DI STABILITA'

### 5.1 Premessa

Nel seguente capitolo si riporta l'analisi di stabilità globale fondazione pila-scarpata in corrispondenza delle pile di scavalco del fiume. Per queste pile non si prevede intervento di miglioramento sismico in fondazione in quanto le verifiche delle fondazioni sono soddisfatte con le azioni sismiche di normativa vigente.

Dalla verifica di stabilità globale delle fondazioni delle pile P21, P22 e scarpata, si è osservato un fattore di sicurezza superiore a quello di normativa per tutte le superfici di scorrimento analizzate, anche trascurando l'intervento di consolidamento con tiranti attivi del progetto del 1985.

Allo stato attuale delle informazioni, non è stato possibile accertare la effettiva presenza degli interventi con tiranti attivi sulle scarpate ed è comunque presumibile che i tiranti attivi con il tempo, non abbiano più la prestantza di progetto. Quindi considerando la particolarità geologico-geotecnica del sito, i carichi agenti e la vicinanza delle fondazioni alla scarpata, si prevede comunque un intervento di consolidamento sulla parete della scarpata interagente con la fondazione delle pile di scavalco. In particolare si prevede un intervento di consolidamento costituito da chiodature profonde e protezione corticale con reti e funi romboidali con le seguenti caratteristiche:

- Chiodature: barre metalliche tipo Gewi Plus  $\phi 30$  mm con limite di snervamento dell'acciaio  $> 670$  MPa, tensione di rottura  $> 800$  MPa, lunghezza barre  $L=12, 9$  e  $4$  m, maglia  $2$  m x  $2$  m, inclinate di  $50^\circ$  rispetto all'orizzontale. Diametro di perforazione  $D_p \geq 100$  mm.
- La rete metallica è a doppia torsione con maglia esagonale tipo  $8 \times 10$  cm. Le funi metalliche sono previste d'acciaio ad anima metallica con resistenza nominale dei fili elementari di acciaio non inferiore a  $1770$  N/mm<sup>2</sup>, carico di rottura minimo  $40.3$  kN (per diametro fune  $16$  mm). Geostuoia tridimensionale per facilitare il rinverdimento della parete.

Di seguito si riepilogano le caratteristiche dell'intervento. Per maggiori dettagli si rimanda alla Figura 2.

| Estensione trasversale intervento [m] | Maglia [m]      | $D_p$ [mm] | $\phi$ barre [mm] | Tensione snerv./rottura chiodatura [N/mm <sup>2</sup> ] | n°livelli chiodatura (su sezione) | Lunghezza barre [m]                                    | Inclinazione rispetto all'orizzontale [°] |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-------------------|---|-----------------------------------|--|---|
| 50                                    | 2x2 (quinconce) | $\geq 100$ | 30                | 670/800   | 6                                 | 1°-2°livello: 12<br>3°-4°livello: 9<br>5°-6°livello: 4 | 50  |

N.B: I livelli sono definiti dal basso verso l'alto

L'analisi è stata svolta per la situazione più critica (Pila P22) con le condizioni sismiche di progetto ed analizzando tutte le superfici di scorrimento sia quelle che interessano il blocco di fondazione sia quelle della sola scarpata lato fiume.

Nell'analisi è stata trascurata la presenza dell'intervento di consolidamento con tiranti attivi del Progetto Esecutivo del 1985, per i motivi precedentemente chiariti.

## 5.2 Metodologie di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il codice di calcolo denominato Slide 8.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente tralasciate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}}$$

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione  $Ed < Rd$  [6.2.1] delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.1$ .

I micropali della fondazione della pila sono stati modellati in SLIDE come elemento "support", con lunghezza  $L=28$  m, interasse longitudinale medio pari a 0.9 m e interasse trasversale medio pari a 0.975 m (per i dettagli vedasi [DC8]). La resistenza al taglio dei micropali è pari a 600 kN, valutata considerando la resistenza del solo acciaio del tubo del micropalo.

Le chiodature sono modellate come elementi "support" (tipologia "soil-nail"), a cui viene assegnata la forza limite dell'acciaio, la forza limite allo sfilamento, l'interasse chiodi e la lunghezza. Nel caso in esame sono state considerate chiodature costituite da barre  $\phi 30$  mm tipo "GEWI Plus" di lunghezza pari a 12, 9 e 4 m, inclinate di  $50^\circ$  rispetto all'orizzontale, disposte con maglia a quinquonce 2.0 m x 2.0 m ed un diametro di perforazione  $D_p \geq 100$  mm, che hanno le seguenti caratteristiche:

- limite di snervamento dell'acciaio non minore di 670 MPa;
- tensione di rottura 800 MPa.

In base alle caratteristiche delle chiodature i dati di input sono i seguenti (vedasi tabulati di calcolo in Appendice A):

$F_s = 412$  kN forza assiale limite acciaio

$B = 33$  kN/m forza assiale limite fondazione a metro della barra (Bond Strength), valutata come:

$B = (\pi \cdot D_p \cdot \alpha \tau) / FS =$  kN/m

dove

$D_p = 100$  mm diametro di perforazione

$\alpha \tau = 200$  kPa tensione di adesione fondazione-terreno, valutata in accordo alle indicazioni di Bustamante e Doix e sulla base delle esperienze maturate in condizioni simili su terreni simili.

$FS = \gamma_R \cdot \xi_3 = 1.2 \cdot 1.6 = 1.92$  fattori parziali da normativa per tiranti permanenti

Interasse = 2.0 m.

### 5.2.1 Carichi

Agente sulla fondazione, si considera il carico massimo a intradosso plinto derivante dalla sovrastruttura in condizioni sismiche (forza verticale pari a 2200 kN/m ed una forza orizzontale pari a 455 kN/m).

### 5.2.2 Azioni sismiche per analisi di stabilità scarpate

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali  $f_h$  e verticali  $f_v$  per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo  $\gamma$  sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$f_h = \gamma \cdot k_h$  forza orizzontale per unità di volume

$f_v = \gamma \cdot k_v$  forza verticale per unità di volume

dove:

$\gamma$  = peso specifico del volume considerato.

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale ( $a_h$ ) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

dove:

$k_h$  = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$k_v$  = coefficiente sismico in direzione verticale;

$a_{\max}$  = accelerazione massima attesa al sito;  $g$  = accelerazione di gravità;

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito.  $\beta_s = 0.24$ , coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo.

Nel caso in esame con riferimento a  $V_N = 50$  anni,  $C_U = 1$  e categoria di sottosuolo tipo E si ha:

$a_g = 0.159$  Accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido;

$S_s = 1.567$  Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

$S_T = 1.4$  (T4) Coefficiente di amplificazione topografica

Da cui si ricava un'accelerazione massima attesa al piano campagna pari a  $a_{\max}=0.349$  g; da cui:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g = 0.38 \cdot 0.285 = 0.084$$

$$k_v = \pm k_h/2 = \pm 0.042$$

### 5.3 Sezione di calcolo

L'analisi di stabilità è stata condotta per il pendio in corrispondenza della pila P22. La stratigrafia è costituita da uno strato superficiale di argille limose ASP (unità 2), seguito dalle calcareniti di Gravina (unità 3) ed infine dal calcare di Altamura (unità 4).

Il livello di falda è stato come da profilo geologico (vedasi paragrafo 4.4).

Sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

#### Unità 2 – Argille subappennine

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $c' = 28 \text{ kPa}$          | coesione drenata               |
| $\phi' = 22^\circ$             | angolo di resistenza al taglio |

#### Unità 3 – Calcareniti di Gravina

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $c' = 20 \text{ kPa}$          | coesione drenata               |
| $\phi' = 32^\circ$             | angolo di resistenza al taglio |

#### Unità 4 – Calcare di Altamura

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 25.5 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $c' = 130 \text{ kPa}$         | coesione drenata               |
| $\phi' = 40^\circ$             | angolo di resistenza al taglio |

Di seguito si riporta uno schema della sezione analizzata.

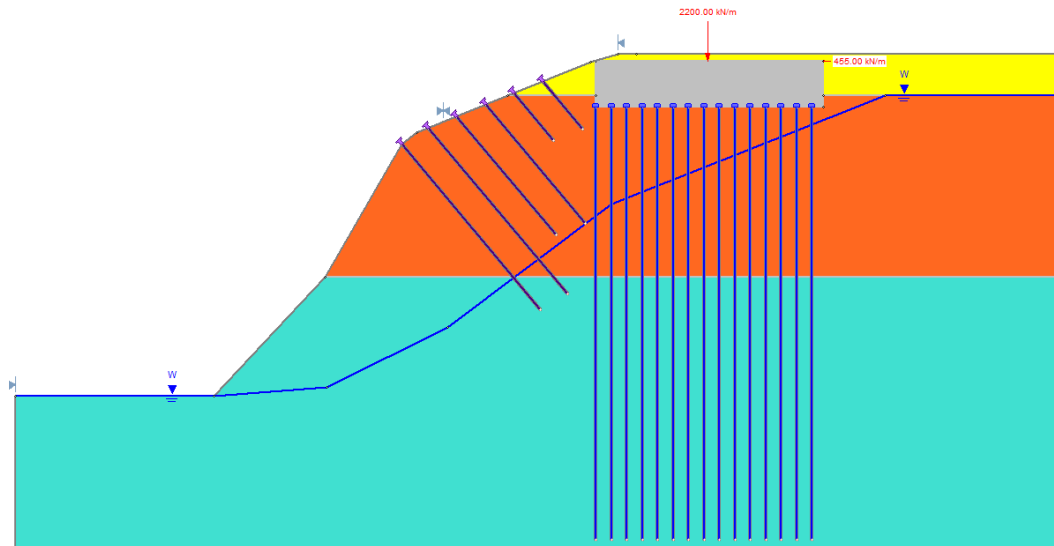


Figura 2 – Sezione in corrispondenza della pila P22

## 5.4 Risultati

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni sismiche.

In Figura 3 si riportano i risultati di stabilità per le superfici di scorrimento globali che interessano la scarpata e la fondazione, da cui si evince che il fattore di sicurezza minimo è  $FS=3.87$ , quindi la verifica è soddisfatta.

Anche osservando le superfici di scorrimento più corticali della scarpata a valle fondazione lato fiume, il fattore di sicurezza minimo è  $FS=1.23$ , quindi la verifica di stabilità è soddisfatta (vedasi Figura 4). In Figura 5 è mostrata l'azione massima sui chiodi per la superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minimo (con cui verranno eseguite le verifiche del consolidamento, nel successivo paragrafo).

I tabulati di calcolo completi sono riportati in **Appendice A**.

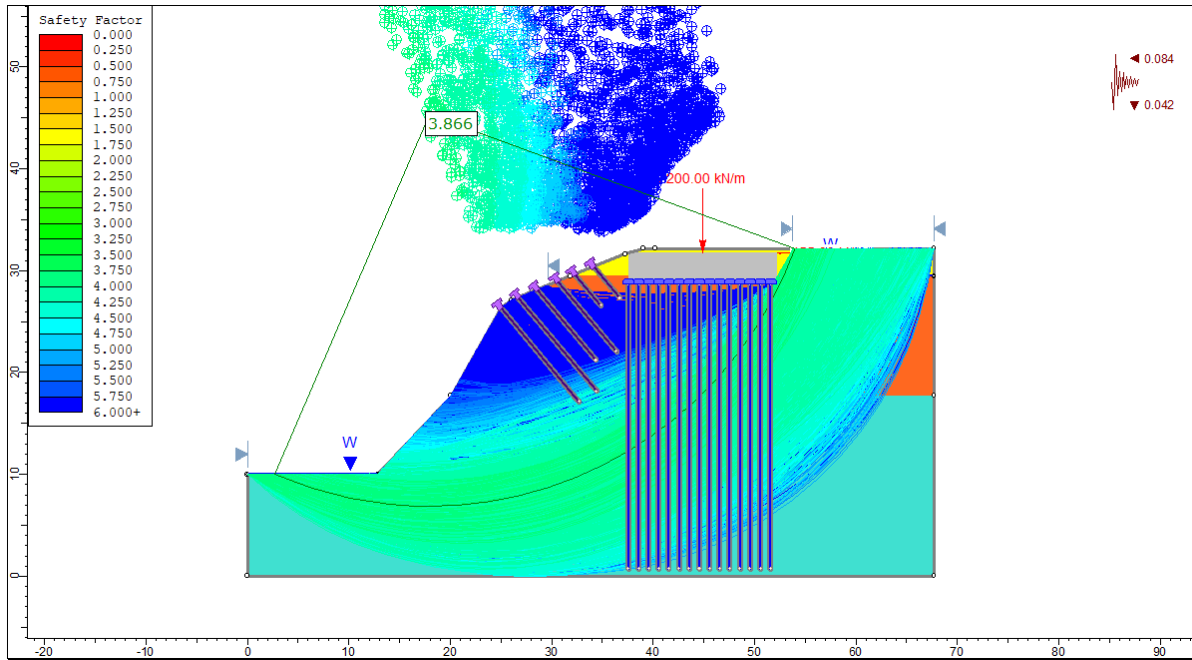


Figura 3 – Analisi sismica – Superfici di scorrimento globali

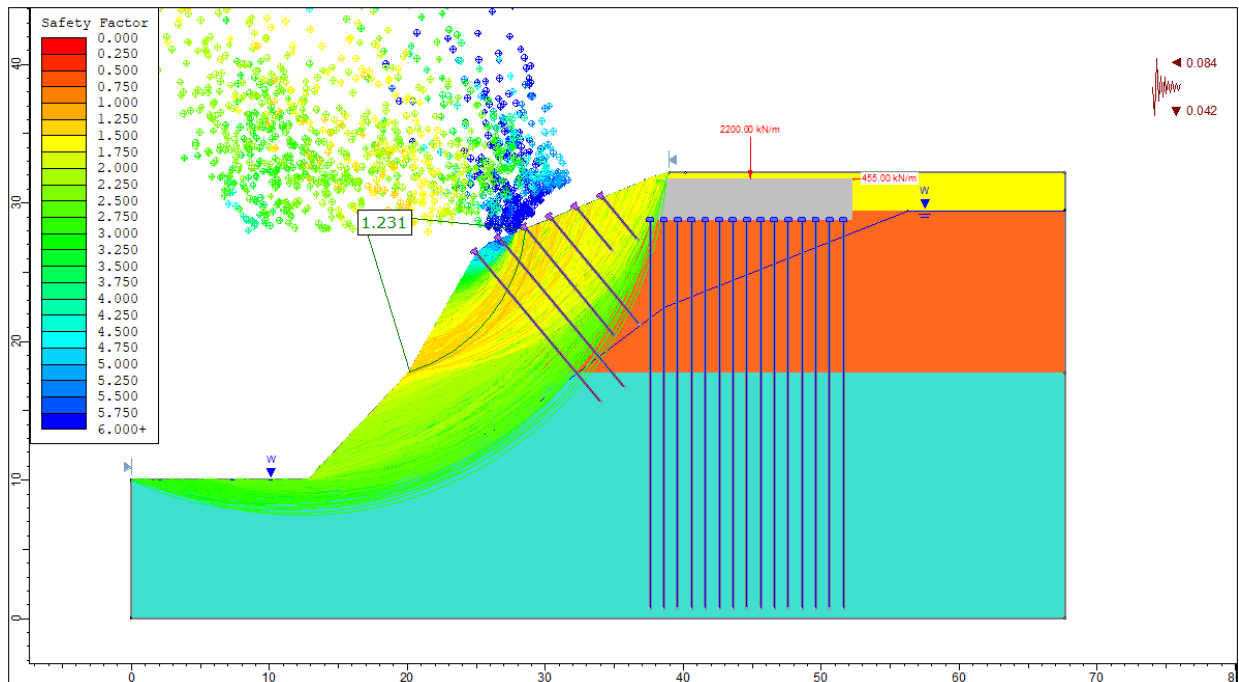


Figura 4 – Analisi sismica – Superfici di scorrimento scarpata davanti alla pila

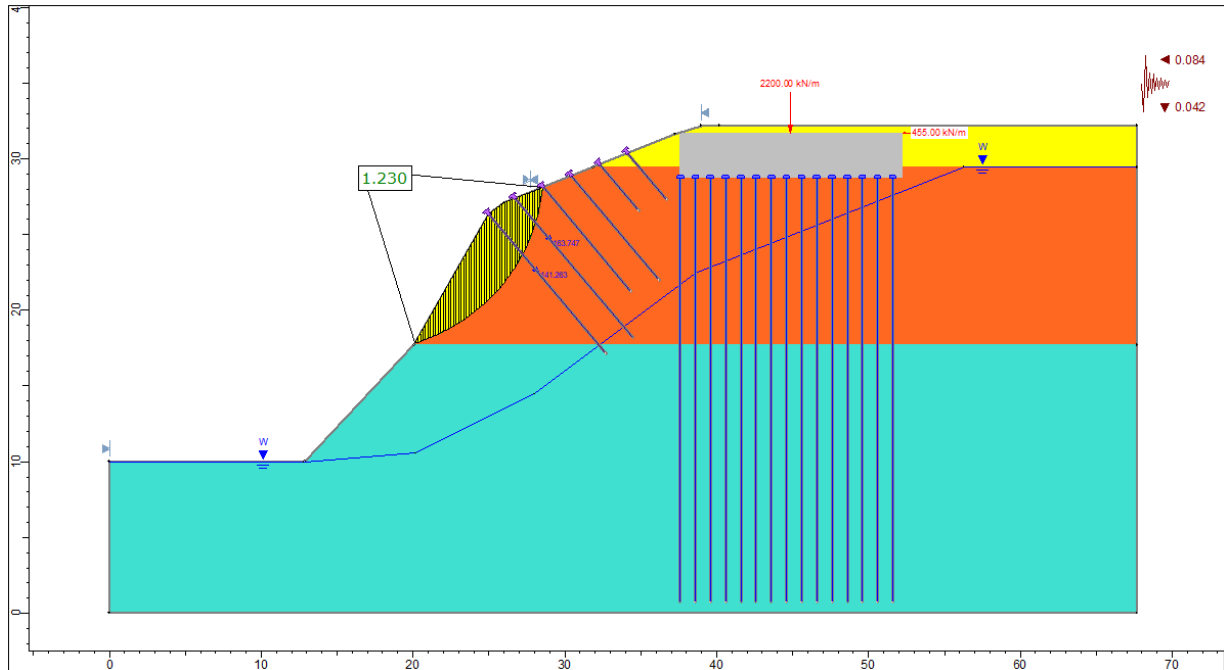


Figura 5 – Analisi sismica – Superfici di scorrimento scarpata davanti alla pila – Azioni sui chiodi

## 5.5 Verifica barre di chiodatura

Sulla base delle caratteristiche delle chiodature definite in input, il programma di calcolo SLIDE su ogni superficie di scorrimento per la lunghezza di barra intercettata, valuta la resistenza minima tra la resistenza dell'acciaio (F2) e quella di sfilamento della fondazione (F1):

$$F1 = B \cdot L_{\text{eff}} / i = 33 \cdot 10 / 2.0 = 165 \text{ kN / m}$$

$$F2 = F_s / i = 412 / 2.0 = 206 \text{ kN / m}$$

Dove  $L_{\text{eff}}$  è la lunghezza utile del chiodo, ovvero la porzione di barra al di fuori della superficie di rottura.

$$\text{Quindi } F_{\text{min}} = F2 = 165 \text{ kN/m}$$

Per la sezione analizzata la forza massima di utilizzo è  $F_{\text{max}} = 163.7 \text{ kN / m}$  (vedasi Figura 4), inferiore alla resistenza minima (F1). Quindi la verifica è soddisfatta.





Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella  
VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile di scavalco

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 17 di 27 |

## 6. APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE

### Slide Analysis Information

#### Gravina\_intervento

#### Project Summary

File Name: Gravina\_intervento.sldm  
Slide Modeler Version: 8.021  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

#### Currently Open Scenarios

| Group Name      | Scenario Name   | Global Minimum              | Compute Time    |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Analisi sismica | Master Scenario | Bishop Simplified: 3.866330 | 00h:00m:00.756s |
|                 | Master Scenario | Bishop Simplified: 1.229550 | 00h:00m:00.325s |
| Group 2         |                 |                             |                 |

#### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Data Output: Standard  
Failure Direction: Right to Left

#### Analysis Options

| All Open Scenarios    |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Slices Type:          | Vertical          |
| Analysis Methods Used |                   |
|                       | Bishop simplified |
| Number of slices:     | 50                |
| Tolerance:            | 0.005             |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile di scavalco

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 18 di 27 |

|   |     |
|---|-----|
| Maximum number of iterations:   | 75  |
| Check malpha < 0.2:   | Yes |
| Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: | Yes |
| Initial trial value of FS:  | 1   |
| Steffensen Iteration:   | Yes |

## Groundwater Analysis

| All Open Scenarios                    |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Groundwater Method:                   | Water Surfaces |
| Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:       | 9.81           |
| Use negative pore pressure cutoff:    | Yes            |
| Maximum negative pore pressure [kPa]: | 0              |
| Advanced Groundwater Method:          | None           |

## Random Numbers

| All Open Scenarios               |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Pseudo-random Seed:              | 10116               |
| Random Number Generation Method: | Park and Miller v.3 |

## Surface Options

| All Open Scenarios  |                  |
|---------------------|------------------|
| Surface Type:       | Circular         |
| Search Method:      | Slope Search     |
| Number of Surfaces: | 5000             |
| Upper Angle [°]:    | Not Defined      |
| Lower Angle [°]:    | Not Defined      |
| Composite Surfaces: | Disabled         |
| Reverse Curvature:  | Invalid Surfaces |
| Minimum Elevation:  | Not Defined      |
| Minimum Depth:      | Not Defined      |
| Minimum Area:       | Not Defined      |
| Minimum Weight:     | Not Defined      |

## Seismic Loading

| All Open Scenarios |
|--------------------|
|--------------------|

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.084  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.042

## Loading

### All Open Scenarios

- 2 Line Loads present

#### Line Load #1

Angle from horizontal [°]: 270  
Magnitude: 2200

#### Line Load #2

Angle from horizontal [°]: 180  
Magnitude: 455

## Materials

| Property                     | ASP                   | GRA                   | Cc                    | fond                  |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Color                        |                       |                       |                       |                       |
| Strength Type                | Mohr-Coulomb          | Mohr-Coulomb          | Mohr-Coulomb          | Infinite strength     |
| Unit Weight [kN/m3]          | 19                    | 19                    | 25.5                  | 25                    |
| Allow Sliding Along Boundary |                       |                       |                       | Yes                   |
| Cohesion [kPa]               | 28                    | 20                    | 130                   |                       |
| Friction Angle [°]           | 22                    | 32                    | 40                    |                       |
| Water Surface                | Assigned per scenario | Assigned per scenario | Assigned per scenario | Assigned per scenario |
| Hu Value                     | 1                     | 1                     | 1                     | 0                     |

## Materials In Use

| Material | Master Scenario | Master Scenario |
|----------|-----------------|-----------------|
| ASP      |                 |                 |
| GRA      |                 |                 |
| Cc       |                 |                 |

fond

### Support

#### Support 1

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.65 m
  - Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 600 kN
- Force Direction: Parallel to surface

#### Support 2

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
  - Out-of-Plane Spacing: 2 m
  - Tensile Capacity: 412 kN
  - Plate Capacity: 412 kN
  - Bond Strength: 33 kN/m

### Global Minimums

| Analisi sismica               |                  | Group 2                       |                |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|
| Method: bishop simplified     |                  | Method: bishop simplified     |                |
| FS                            | 3.866330         | FS                            | 1.229550       |
| Center:                       | 17.910, 45.278   | Center:                       | 16.620, 29.277 |
| Radius:                       | 38.399           | Radius:                       | 11.965         |
| Left Slip Surface Endpoint:   | 2.747, 10.000    | Left Slip Surface Endpoint:   | 20.146, 17.842 |
| Right Slip Surface Endpoint:  | 54.004, 32.175   | Right Slip Surface Endpoint:  | 28.527, 28.099 |
| Resisting Moment:             | 1.10592e+06 kN-m | Resisting Moment:             | 6168.71 kN-m   |
| Driving Moment:               | 286038 kN-m      | Driving Moment:               | 5017.05 kN-m   |
| Passive Support Moment:       | 531564 kN-m      | Passive Support Moment:       | -1706.26 kN-m  |
| Maximum Single Support Force: | 923.077 kN       | Maximum Single Support Force: | 163.747 kN     |
| Total Support Force:          | 13846.2 kN       | Total Support Force:          | 305.01 kN      |
| Total Slice Area:             | 588.593 m2       | Total Slice Area:             | 29.1008 m2     |
| Surface Horizontal Width:     | 51.2567 m        | Surface Horizontal Width:     | 8.38156 m      |
| Surface Average Height:       | 11.4832 m        | Surface Average Height:       | 3.472 m        |

**Valid/Invalid Surfaces**

| Analisi sismica                  |      | Group 2                          |      |
|----------------------------------|------|----------------------------------|------|
| <b>Method: bishop simplified</b> |      | <b>Method: bishop simplified</b> |      |
| Number of Valid Surfaces:        | 3562 | Number of Valid Surfaces:        | 1512 |
| Number of Invalid Surfaces:      | 1438 | Number of Invalid Surfaces:      | 3488 |

**Slice Data**

| Analisi sismica   |           |             |                               |               |                     |                               |                    |                      |                          |                |                               |                            | Group 2   |              |           |             |                               |               |                     |                               |                    |                      |                          |                |                               |                            |                                 |
|---|-----------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------|---|--------------|-----------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.86633 |           |             |                               |               |                     |                               |                    |                      |                          |                |                               |                            | • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22955 |              |           |             |                               |               |                     |                               |                    |                      |                          |                |                               |                            |                                 |
| Slice Number  | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Porosity [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa]                                     | Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Angle of Slice Base [degrees] | Base Material | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Porosity [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] | Base Vertical Stress [kPa] | Effective Vertical Stress [kPa] |
| 1   | 1.02      | 5.4         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 37.772             | 146.04               | 21.184                   | 2.0690         | 19.115                        | 5.5895                     | 3.5204  | 1            | 0.16      | 0.38        | 17.5                          | GR            | 20                  | 32                            | 15.058             | 18.515               | -2.37                    | 0              | -2.37                         | 2.3894                     | 2.3894                          |
|   | 176       | 955         | 22.4                          |               |                     |                               | 1                  |                      | 3                        | 6              | 2                             | 1                          | 5   |              | 763       | 295         | 584                           | A             |                     |                               | 9                  | 6                    | 548                      |                | 548                           | 5                          | 5                               |
| 2   | 1.02      | 16.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 39.081             | 151.10               | 31.190                   | 6.0413         | 25.149                        | 16.349                     | 10.308  | 2            | 0.16      | 1.14        | 18.4                          | GR            | 20                  | 32                            | 17.010             | 20.915               | 1.46                     | 0              | 1.46                          | 7.1549                     | 7.1250                          |
|   | 176       | 045         | 20.7                          |               |                     |                               | 6                  | 2                    | 4                        | 7              | 5                             | 1                          | 1   |              | 763       | 452         | 024                           | A             |                     |                               | 9                  | 7                    | 549                      |                | 549                           | 3                          | 3                               |
| 3   | 1.02      | 25.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 40.249             | 155.61               | 40.218                   | 9.6869         | 30.531                        | 26.224                     | 16.537  | 3            | 0.16      | 1.89        | 19.2                          | GR            | 20                  | 32                            | 18.91              | 23.250               | 5.20                     | 0              | 5.20                          | 11.242                     | 11.806                          |
|   | 176       | 728         | 19.1                          |               |                     |                               | 8                  | 9                    | 5                        | 7              | 5                             | 6                          | 7   |              | 763       | 732         | 505                           | A             |                     |                               | 8                  | 8                    | 520                      |                | 520                           | 3                          | 3                               |
| 4   | 1.02      | 34.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 41.283             | 159.61               | 48.309                   | 13.015         | 35.293                        | 35.241                     | 22.226  | 4            | 0.16      | 2.64        | 20.1                          | GR            | 20                  | 32                            | 20.763             | 25.521               | 8.83                     | 0              | 8.83                          | 16.537                     | 16.432                          |
|   | 176       | 569         | 17.5                          |               |                     |                               | 4                  | 5                    | 7                        | 8              | 9                             | 9                          | 1   |              | 763       | 124         | 03                            | A             |                     |                               | 3                  | 3                    | 537                      |                | 537                           | 3                          | 3                               |
| 5   | 1.02      | 42.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 42.188             | 163.11               | 55.500                   | 16.036         | 39.463                        | 43.425                     | 27.388  | 5            | 0.16      | 3.37        | 20.9                          | GR            | 20                  | 32                            | 22.763             | 27.726               | 12.3                     | 0              | 12.3                          | 21.002                     | 21.002                          |
|   | 176       | 592         | 15.9                          |               |                     |                               | 3                  | 4                    | 1                        | 7              | 4                             | 3                          | 3   |              | 763       | 612         | 601                           | A             |                     |                               | 8                  | 1                    | 643                      |                | 643                           | 4                          | 4                               |
| 6   | 1.02      | 49.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 42.969             | 166.13               | 61.821                   | 18.757         | 43.063                        | 50.794                     | 32.037  | 6            | 0.16      | 4.10        | 21.8                          | GR            | 20                  | 32                            | 24.290             | 29.866               | 15.7                     | 0              | 15.7                          | 25.89                      | 25.515                          |
|   | 176       | 818         | 14.3                          |               |                     |                               | 7                  | 5                    | 1                        | 2              | 9                             | 6                          | 4   |              | 763       | 181         | 223                           | A             |                     |                               | 2                  | 1                    | 89                       |                | 89                            | 4                          | 4                               |
| 7   | 1.02      | 56.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 43.632             | 168.69               | 67.300                   | 21.184         | 46.116                        | 57.368                     | 36.184  | 7            | 0.16      | 4.81        | 22.6                          | GR            | 20                  | 32                            | 25.977             | 31.940               | 19.1                     | 0              | 19.1                          | 29.970                     | 29.970                          |
|   | 176       | 263         | 12.8                          |               |                     |                               | 2                  | 6                    | 6                        |                | 6                             | 9                          | 9   |              | 763       | 815         | 896                           | A             |                     |                               | 6                  | 7                    | 091                      |                | 091                           | 2                          | 2                               |
| 8   | 1.02      | 61.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 44.179             | 170.81               | 71.962                   | 23.322         | 48.639                        | 63.163                     | 39.840  | 8            | 0.16      | 5.52        | 23.5                          | GR            | 20                  | 32                            | 27.611             | 33.949               | 22.3                     | 0              | 22.3                          | 34.244                     | 34.366                          |
|   | 176       | 944         | 11.2                          |               |                     |                               | 8                  | 4                    | 8                        | 9              | 9                             | 5                          | 6   |              | 763       | 497         | 625                           | A             |                     |                               | 6                  | 8                    | 244                      |                | 244                           | 1                          | 1                               |
| 9   | 1.02      | 66.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 44.616             | 172.5                | 75.829                   | 25.179         | 50.65                         | 68.191                     | 43.012  | 9            | 0.16      | 6.22        | 24.4                          | GR            | 20                  | 32                            | 29.192             | 35.893               | 25.4                     | 0              | 25.4                          | 38.701                     | 38.701                          |
|   | 176       | 874         | 9.71                          |               |                     |                               | 1                  |                      |                          |                | 9                             | 9                          | 9   |              | 763       | 207         | 412                           | A             |                     |                               | 192                | 893                  | 342                      |                | 342                           | 6                          | 6                               |
| 10  | 1.02      | 71.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 44.992             | 173.95               | 79.142                   | 26.756         | 52.386                        | 72.683                     | 45.927  | 10           | 0.16      | 6.90        | 25.3                          | GR            | 20                  | 32                            | 30.718             | 37.769               | 28.4                     | 0              | 28.4                          | 42.975                     | 42.975                          |
|   | 176       | 277         | 8.16                          |               |                     |                               | 9                  | 7                    | 8                        | 4              | 4                             | 4                          | 4   |              | 763       | 925         | 261                           | A             |                     |                               | 5                  | 9                    | 378                      |                | 378                           | 5                          | 5                               |
| 11  | 1.02      | 92.         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 49.074             | 189.74               | 99.724                   | 28.195         | 71.195                        | 94.018                     | 65.489  | 11           | 0.16      | 7.58        | 26.2                          | GR            | 20                  | 32                            | 32.190             | 39.58                | 31.3                     | 0              | 31.3                          | 47.346                     | 47.186                          |
|   | 176       | 197         | 6.63                          |               |                     |                               | 9                  | 9                    | 3                        | 6              | 6                             | 3                          | 3   |              | 763       | 631         | 175                           | A             |                     |                               | 6                  | 58                   | 346                      |                | 346                           | 6                          | 6                               |
| 12  | 1.02      | 123         | -                             | Cc            | 130                 | 40                            | 55.409             | 214.23               | 130.70                   | 30.315         | 100.38                        | 125.75                     | 95.440  | 12           | 0.16      | 8.25        | 27.1                          | GR            | 20                  | 32                            | 33.608             | 41.322               | 34.1                     | 0              | 34.1                          | 51.236                     | 51.333                          |
|   | 176       | 31          | 5.09                          |               |                     |                               | 9                  | 3                    | 1                        | 2              | 6                             | 6                          | 8   |              | 763       | 3           | 158                           | A             |                     |                               | 1                  | 8                    | 236                      |                | 236                           | 4                          | 4                               |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile  
di scavalco

|          |       |          |            |      |          |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO   |
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 22 di 27 |

|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
|----|------|-----|------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|------|------|----|----|----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|
| 13 | 1.02 | 153 | -    | Cc | 130 | 40 | 61. | 238 | 160 | 31. | 128 | 156 | 124 | 13 | 0.16 | 8.90 | 28.0 | GR | 20 | 32 | 34. | 42. | 36.8 | 0   | 36.8 | 55. | 55. |     |
|    | 176  | .72 | 3.57 |    |     |    | 570 | .05 | .60 | 831 | .77 | .76 | .93 |    | 763  | 908  | 213  | A  |    |    | 97  | 997 | 036  | 0   | 036  | 414 | 414 |     |
|    |      |     | 038  |    |     |    | 8   | 3   | 4   | 1   | 3   | 2   | 1   |    | 1    |      |      |    |    |    | 4   | 4   | 036  | 0   | 036  | 414 | 414 |     |
| 14 | 1.02 | 183 | -    | Cc | 130 | 40 | 67. | 261 | 189 | 33. | 156 | 187 | 153 | 14 | 0.16 | 9.55 | 28.9 | GR | 20 | 32 | 36. | 44. | 39.3 | 0   | 39.3 | 59. | 59. |     |
|    | 176  | .41 | 2.04 |    |     |    | 561 | .21 | .45 | 078 | .37 | .04 | .96 |    | 763  | 428  | 346  | A  |    |    | 276 | 603 | 735  | 0   | 735  | 427 | 427 |     |
|    |      |     | 377  |    |     |    | 3   | 2   | 5   | 4   | 1   | 3   | 3   |    | 1    |      |      |    |    |    | 1   | 3   | 735  | 0   | 735  | 427 | 427 |     |
| 15 | 1.02 | 212 | -    | Cc | 130 | 40 | 73. | 283 | 217 | 34. | 183 | 216 | 182 | 15 | 0.16 | 10.1 | 29.8 | GR | 20 | 32 | 37. | 46. | 41.8 | 0   | 41.8 | 63. | 63. |     |
|    | 176  | .39 | 0.51 |    |     |    | 383 | .72 | .26 | 058 | .20 | .59 | .53 |    | 763  | 883  | 56   | A  |    |    | 525 | 139 | 318  | 0   | 318  | 371 | 371 |     |
|    |      |     | 861  |    |     |    | 5   | 5   | 1   | 6   | 2   | 7   | 8   |    | 1    |      |      |    |    |    | 4   | 4   | 318  | 0   | 318  | 371 | 371 |     |
|    |      |     | 9    |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 16 | 1.02 | 240 | 1.00 | Cc | 130 | 40 | 79. | 305 | 244 | 34. | 209 | 245 | 210 | 16 | 0.16 | 10.8 | 30.7 | GR | 20 | 32 | 38. | 47. | 44.1 | 0   | 44.1 | 67. | 67. |     |
|    | 176  | .66 | 6.17 |    |     |    | 041 | .59 | .04 | 771 | .27 | .43 | .65 |    | 763  | 109  | 859  | A  |    |    | 717 | 604 | 77   | 0   | 77   | 244 | 244 |     |
|    |      |     | 1    |    |     |    | 1   | 9   | 2   | 8   |     |     | 8   |    | 1    |      |      |    |    |    | 3   | 9   | 77   | 0   | 77   | 244 | 244 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 17 | 1.02 | 268 | 2.53 | Cc | 130 | 40 | 84. | 326 | 269 | 35. | 234 | 273 | 238 | 17 | 0.16 | 11.4 | 31.7 | GR | 20 | 32 | 39. | 48. | 46.4 | 0   | 46.4 | 71. | 71. |     |
|    | 176  | .23 | 167  |    |     |    | 536 | .84 | .81 | 218 | .59 | .54 | .32 |    | 763  | 217  | 25   | A  |    |    | 80  | 998 | 075  | 0   | 075  | 043 | 043 |     |
|    |      |     |      |    |     |    | 5   | 6   |     | 1   | 7   | 9   |     |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 6   | 6    | 075 | 0    | 075 | 043 | 043 |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 18 | 1.02 | 298 | 4.05 | Cc | 130 | 40 | 90. | 348 | 298 | 37. | 260 | 304 | 267 | 18 | 0.16 | 12.0 | 32.6 | GR | 20 | 32 | 40. | 50. | 48.5 | 0   | 48.5 | 74. | 74. |     |
|    | 176  | .53 | 897  |    |     |    | 204 | .76 | .05 | 349 | .70 | .46 | .11 |    | 763  | 203  | 736  | A  |    |    | 925 | 319 | 21   | 0   | 21   | 767 | 767 |     |
|    |      |     | 9    |    |     |    | 7   | 1   | 9   | 5   | 9   |     |     |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 3   | 3    | 0   | 21   | 767 | 767 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 19 | 1.02 | 331 | 5.58 | Cc | 130 | 40 | 95. | 370 | 328 | 41. | 286 | 337 | 296 | 19 | 0.16 | 12.6 | 33.6 | GR | 20 | 32 | 41. | 51. | 50.5 | 0   | 50.5 | 78. | 78. |     |
|    | 176  | .02 | 9.17 |    |     |    | 844 | .56 | .21 | 515 | .69 | .59 | .07 |    | 763  | 063  | 325  | A  |    |    | 938 | 565 | 159  | 0   | 159  | 414 | 414 |     |
|    |      |     | 3    |    |     |    | 4   | 6   | 1   | 8   | 6   | 1   | 5   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 7   | 7    | 0   | 159  | 414 | 414 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 20 | 1.02 | 362 | 7.12 | Cc | 130 | 40 | 101 | 391 | 357 | 45. | 311 | 369 | 324 | 20 | 0.16 | 13.1 | 34.6 | GR | 20 | 32 | 42. | 52. | 52.3 | 0   | 52.3 | 81. | 81. |     |
|    | 176  | .78 | 338  |    |     |    | .31 | .72 | .32 | 411 | .91 | .98 | .57 |    | 763  | 794  | 021  | A  |    |    | 890 | 736 | 887  | 0   | 887  | 979 | 979 |     |
|    |      |     | 9    |    |     |    | 8   | 8   | 7   | 3   | 6   | 9   | 7   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 7   | 2    | 0   | 887  | 979 | 979 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 21 | 1.02 | 393 | 8.66 | Cc | 130 | 40 | 106 | 412 | 385 | 49. | 336 | 401 | 352 | 21 | 0.16 | 13.7 | 35.5 | GR | 20 | 32 | 43. | 53. | 54.1 | 0   | 54.1 | 85. | 85. |     |
|    | 176  | .82 | 274  |    |     |    | .62 | .24 | .40 | 033 | .36 | .64 | .61 |    | 763  | 391  | 832  | A  |    |    | 779 | 829 | 38   | 0   | 38   | 461 | 461 |     |
|    |      |     | 9    |    |     |    | 5   | 7   | 3   | 8   | 9   | 8   | 4   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 6   | 2    | 0   | 38   | 461 | 461 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 22 | 1.02 | 423 | 10.2 | Cc | 130 | 40 | 111 | 431 | 411 | 52. | 359 | 432 | 379 | 22 | 0.16 | 14.2 | 36.5 | GR | 20 | 32 | 44. | 54. | 55.7 | 0   | 55.7 | 88. | 88. |     |
|    | 176  | .62 | 084  |    |     |    | .65 | .70 | .93 | 380 | .55 | .04 | .66 |    | 763  | 849  | 765  | A  |    |    | 604 | 842 | 603  | 0   | 603  | 857 | 857 |     |
|    |      |     | 8    |    |     |    | 7   | 1   | 3   | 1   | 3   |     |     |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 8   | 8    | 0   | 603  | 857 | 857 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 23 | 1.02 | 438 | 11.7 | Cc | 130 | 40 | 113 | 439 | 424 | 55. | 368 | 447 | 392 | 23 | 0.16 | 14.8 | 37.5 | GR | 20 | 32 | 45. | 55. | 57.2 | 0   | 57.2 | 92. | 92. |     |
|    | 176  | .97 | 617  |    |     |    | .61 | .28 | .04 | 446 | .59 | .69 | .25 |    | 763  | 162  | 827  | A  |    |    | 362 | 774 | 517  | 0   | 517  | 163 | 163 |     |
|    |      |     | 7    |    |     |    | 9   | 7   |     | 4   | 4   | 7   | 1   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 9   | 9    | 0   | 517  | 163 | 163 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 24 | 1.02 | 442 | 13.3 | Cc | 130 | 40 | 113 | 437 | 424 | 58. | 366 | 451 | 393 | 24 | 0.16 | 15.3 | 38.6 | GR | 20 | 32 | 46. | 56. | 58.6 | 0   | 58.6 | 95. | 95. |     |
|    | 176  | .97 | 238  |    |     |    | .21 | .72 | .96 | 228 | .73 | .77 | .54 |    | 763  | 324  | 027  | A  |    |    | 052 | 623 | 098  | 0   | 098  | 376 | 376 |     |
|    |      |     | 4    |    |     |    | 5   | 7   | 4   | 4   | 5   | 6   | 8   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 1   | 4    | 0   | 098  | 376 | 376 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 25 | 1.02 | 444 | 14.8 | Cc | 130 | 40 | 112 | 434 | 423 | 60. | 362 | 453 | 392 | 25 | 0.16 | 15.8 | 39.6 | GR | 20 | 32 | 46. | 57. | 59.8 | 0   | 59.8 | 98. | 98. |     |
|    | 176  | .3  | 96   |    |     |    | .30 | .20 | .25 | 720 | .53 | .13 | .41 |    | 763  | 33   | 375  | A  |    |    | 672 | 385 | 294  | 0   | 294  | 491 | 491 |     |
|    |      |     |      |    |     |    | 4   | 5   | 8   | 7   | 7   | 1   |     |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 6   | 6    | 0   | 294  | 491 | 491 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 26 | 1.02 | 444 | 16.4 | Cc | 130 | 40 | 110 | 428 | 420 | 64. | 355 | 453 | 388 | 26 | 0.16 | 16.3 | 40.6 | GR | 20 | 32 | 47. | 58. | 60.9 | 0   | 60.9 | 101 | 101 |     |
|    | 176  | .84 | 798  |    |     |    | .87 | .66 | .88 | 957 | .92 | .68 | .72 |    | 763  | 172  | 88   | A  |    |    | 219 | 058 | 069  | 0   | 069  | .50 | .50 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 6   | 8    | 0   | 069  | .50 | .50 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 27 | 1.02 | 444 | 18.0 | Cc | 130 | 40 | 109 | 422 | 417 | 69. | 348 | 453 | 384 | 27 | 0.16 | 16.7 | 41.7 | GR | 20 | 32 | 47. | 58. | 61.8 | 0   | 61.8 | 104 | 104 |     |
|    | 176  | .57 | 767  |    |     |    | .23 | .34 | .76 | 358 | .40 | .41 | .06 |    | 763  | 842  | 553  | A  |    |    | 692 | 639 | 367  | 0   | 367  | .41 | .41 |     |
|    |      |     | 7    |    |     |    | 7   | 7   | 4   | 4   | 6   | 9   | 1   |    | 1    |      |      |    |    |    |     | 2   | 9    | 0   | 367  | .41 | .41 |     |
|    |      |     |      |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |
| 28 | 1.02 | 443 | 19.6 | Cc | 130 | 40 | 107 | 415 | 413 | 73. | 340 | 452 | 378 | 28 | 0.16 | 17.2 | 42.8 | GR | 20 | 32 | 48. | 59. | 62.6 | 0   | 62.6 | 107 | 107 |     |
|    | 176  | .48 | 883  |    |     |    | .49 | .62 | .84 | 448 |     |     |     |    |      |      |      |    |    |    |     |     |      |     |      |     |     |     |



Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile di scavalco

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 24 di 27 |

|    |         |         |          |   |   |    |         |         |          |   |   |
|----|---------|---------|----------|---|---|----|---------|---------|----------|---|---|
| 5  | 6.83404 | 8.51149 | 205.753  | 0 | 0 | 5  | 20.8164 | 18.0712 | 10.6906  | 0 | 0 |
| 6  | 7.85579 | 8.21904 | 261.471  | 0 | 0 | 6  | 20.9841 | 18.1354 | 13.386   | 0 | 0 |
| 7  | 8.87755 | 7.95685 | 317.358  | 0 | 0 | 7  | 21.1517 | 18.2025 | 16.0457  | 0 | 0 |
| 8  | 9.8993  | 7.72427 | 372.823  | 0 | 0 | 8  | 21.3193 | 18.2726 | 18.6481  | 0 | 0 |
| 9  | 10.9211 | 7.52077 | 427.361  | 0 | 0 | 9  | 21.487  | 18.3457 | 21.1718  | 0 | 0 |
| 10 | 11.9428 | 7.34587 | 480.549  | 0 | 0 | 10 | 21.6546 | 18.4219 | 23.5957  | 0 | 0 |
| 11 | 12.9646 | 7.19918 | 532.099  | 0 | 0 | 11 | 21.8222 | 18.5012 | 25.8989  | 0 | 0 |
| 12 | 13.9863 | 7.08038 | 586.297  | 0 | 0 | 12 | 21.9898 | 18.5837 | 28.061   | 0 | 0 |
| 13 | 15.0081 | 6.9892  | 644.417  | 0 | 0 | 13 | 22.1575 | 18.6696 | 30.0618  | 0 | 0 |
| 14 | 16.0298 | 6.92544 | 704.593  | 0 | 0 | 14 | 22.3251 | 18.7588 | 31.8811  | 0 | 0 |
| 15 | 17.0516 | 6.88898 | 765.06   | 0 | 0 | 15 | 22.4927 | 18.8515 | 33.4994  | 0 | 0 |
| 16 | 18.0734 | 6.87973 | 824.136  | 0 | 0 | 16 | 22.6604 | 18.9477 | 34.897   | 0 | 0 |
| 17 | 19.0951 | 6.89768 | 880.225  | 0 | 0 | 17 | 22.828  | 19.0476 | 36.0548  | 0 | 0 |
| 18 | 20.1169 | 6.94285 | 931.797  | 0 | 0 | 18 | 22.9956 | 19.1512 | 36.9538  | 0 | 0 |
| 19 | 21.1386 | 7.01536 | 977.188  | 0 | 0 | 19 | 23.1633 | 19.2587 | 37.575   | 0 | 0 |
| 20 | 22.1604 | 7.11535 | 1014.4   | 0 | 0 | 20 | 23.3309 | 19.3702 | 37.9     | 0 | 0 |
| 21 | 23.1821 | 7.24304 | 1041.72  | 0 | 0 | 21 | 23.4985 | 19.4859 | 37.9104  | 0 | 0 |
| 22 | 24.2039 | 7.39871 | 1057.48  | 0 | 0 | 22 | 23.6662 | 19.6058 | 37.5881  | 0 | 0 |
| 23 | 25.2256 | 7.58271 | 1060.08  | 0 | 0 | 23 | 23.8338 | 19.7302 | 36.9152  | 0 | 0 |
| 24 | 26.2474 | 7.79545 | 1048.97  | 0 | 0 | 24 | 24.0014 | 19.8592 | 35.8742  | 0 | 0 |
| 25 | 27.2692 | 8.03743 | 1024.5   | 0 | 0 | 25 | 24.1691 | 19.993  | 34.4476  | 0 | 0 |
| 26 | 28.2909 | 8.30922 | 986.777  | 0 | 0 | 26 | 24.3367 | 20.1319 | 32.6186  | 0 | 0 |
| 27 | 29.3127 | 8.61149 | 935.364  | 0 | 0 | 27 | 24.5043 | 20.276  | 30.3703  | 0 | 0 |
| 28 | 30.3344 | 8.94499 | 870.201  | 0 | 0 | 28 | 24.6719 | 20.4257 | 27.6865  | 0 | 0 |
| 29 | 31.3562 | 9.3106  | 791.376  | 0 | 0 | 29 | 24.8396 | 20.5811 | 24.5513  | 0 | 0 |
| 30 | 32.3779 | 9.7093  | 699.022  | 0 | 0 | 30 | 25.0072 | 20.7427 | 20.95    | 0 | 0 |
| 31 | 33.3997 | 10.1422 | 593.321  | 0 | 0 | 31 | 25.1748 | 20.9107 | 16.9976  | 0 | 0 |
| 32 | 34.4215 | 10.6106 | 474.513  | 0 | 0 | 32 | 25.3425 | 21.0857 | 12.7989  | 0 | 0 |
| 33 | 35.4432 | 11.116  | 342.897  | 0 | 0 | 33 | 25.5101 | 21.2679 | 8.36716  | 0 | 0 |
| 34 | 36.465  | 11.66   | 198.848  | 0 | 0 | 34 | 25.6777 | 21.458  | 3.71814  | 0 | 0 |
| 35 | 37.4867 | 12.2446 | 42.8434  | 0 | 0 | 35 | 25.8454 | 21.6565 | -1.12918 | 0 | 0 |
| 36 | 38.5085 | 12.8719 | 115.725  | 0 | 0 | 36 | 26.013  | 21.8641 | -6.15144 | 0 | 0 |
| 37 | 39.5302 | 13.5444 | 180.971  | 0 | 0 | 37 | 26.1806 | 22.0816 | -11.259  | 0 | 0 |
| 38 | 40.552  | 14.2652 | 243.878  | 0 | 0 | 38 | 26.3483 | 22.3099 | -16.3677 | 0 | 0 |
| 39 | 41.5738 | 15.0376 | 306.904  | 0 | 0 | 39 | 26.5159 | 22.5502 | -21.4252 | 0 | 0 |
| 40 | 42.5955 | 15.8657 | 633.837  | 0 | 0 | 40 | 26.6835 | 22.8037 | -26.3685 | 0 | 0 |
| 41 | 43.6173 | 16.7545 | 704.952  | 0 | 0 | 41 | 26.8511 | 23.072  | -31.1209 | 0 | 0 |
| 42 | 44.639  | 17.7096 | 785.009  | 0 | 0 | 42 | 27.0188 | 23.3572 | -35.5876 | 0 | 0 |
| 43 | 45.7036 | 18.7833 | -790.014 | 0 | 0 | 43 | 27.1864 | 23.6619 | -39.649  | 0 | 0 |
| 44 | 46.7682 | 19.947  | -751.388 | 0 | 0 | 44 | 27.354  | 23.9895 | -33.1224 | 0 | 0 |
| 45 | 47.8328 | 21.2139 | -696.58  | 0 | 0 | 45 | 27.5217 | 24.3444 | -35.8582 | 0 | 0 |
| 46 | 48.8974 | 22.6012 | -619.01  | 0 | 0 | 46 | 27.6893 | 24.733  | -37.5435 | 0 | 0 |
| 47 | 49.962  | 24.1326 | -509.828 | 0 | 0 | 47 | 27.8569 | 25.1651 | -37.7623 | 0 | 0 |
| 48 | 51.0266 | 25.8422 | -347.631 | 0 | 0 | 48 | 28.0246 | 25.6559 | -35.8595 | 0 | 0 |
| 49 | 52.0911 | 27.7821 | -104.8   | 0 | 0 | 49 | 28.1922 | 26.2339 | -54.0055 | 0 | 0 |
| 50 | 52.893  | 29.4462 | -634.511 | 0 | 0 | 50 | 28.3598 | 26.9636 | -43.0228 | 0 | 0 |
| 51 | 54.0037 | 32.1746 | 0        | 0 | 0 | 51 | 28.5275 | 28.0993 | 0        | 0 | 0 |

Entity Information

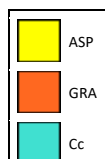


**Group: Analisi sismica**

**Shared Entities**

| Type              | Coordinates |         |
|-------------------|-------------|---------|
|                   | X           | Y       |
| External Boundary | 0           | 0       |
|                   | 67.6992     | 0       |
|                   | 67.6992     | 17.7096 |
|                   | 67.6992     | 29.4462 |
|                   | 67.6992     | 32.1746 |
|                   | 40.1951     | 32.1746 |
|                   | 38.9802     | 32.1746 |
|                   | 37.2432     | 31.6229 |
|                   | 31.8589     | 29.4462 |
|                   | 25.9956     | 27.0758 |
|                   | 24.9954     | 26.3337 |
|                   | 20.0701     | 17.7096 |
|                   | 12.8392     | 10      |
|                   | 0           | 10      |
| Material Boundary | 37.5884     | 31.7096 |
|                   | 52.2884     | 31.7096 |
|                   | 52.2884     | 29.4462 |
|                   | 52.2884     | 28.7096 |
|                   | 37.5884     | 28.7096 |
|                   | 37.5884     | 29.4462 |
|                   | 37.5884     | 31.7096 |
| Material Boundary | 31.8589     | 29.4462 |
|                   | 37.5884     | 29.4462 |
|                   | 52.2884     | 29.4462 |
|                   | 67.6992     | 29.4462 |
| Material Boundary | 20.0701     | 17.7096 |
|                   | 67.6992     | 17.7096 |

**Scenario-based Entities**

| Type        | Coordinates |         | Master Scenario   |
|-------------|-------------|---------|---|
|             | X           | Y       |   |
| Water Table | 0           | 10      | Assigned to materials:<br> |
|             | 12.8392     | 10      |   |
|             | 20.159      | 10.552  |   |
|             | 27.97       | 14.458  |   |
|             | 38.588      | 22.423  |   |
|             | 56.284      | 29.4462 |   |
|             | 67.6992     | 29.4462 |   |

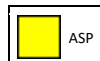


**Group: Group 2**

**Shared Entities**

| Type              | Coordinates |         |
|-------------------|-------------|---------|
|                   | X           | Y       |
| External Boundary | 0           | 0       |
|                   | 67.6992     | 0       |
|                   | 67.6992     | 17.7096 |
|                   | 67.6992     | 29.4462 |
|                   | 67.6992     | 32.1746 |
|                   | 40.1951     | 32.1746 |
|                   | 38.9802     | 32.1746 |
|                   | 37.2432     | 31.6229 |
|                   | 31.8589     | 29.4462 |
|                   | 25.9956     | 27.0758 |
|                   | 24.9954     | 26.3337 |
|                   | 20.0701     | 17.7096 |
|                   | 12.8392     | 10      |
|                   | 0           | 10      |
| Material Boundary | 37.5884     | 31.7096 |
|                   | 52.2884     | 31.7096 |
|                   | 52.2884     | 29.4462 |
|                   | 52.2884     | 28.7096 |
|                   | 37.5884     | 28.7096 |
|                   | 37.5884     | 29.4462 |
| Material Boundary | 37.5884     | 31.7096 |
|                   | 31.8589     | 29.4462 |
|                   | 37.5884     | 29.4462 |
|                   | 52.2884     | 29.4462 |
| Material Boundary | 67.6992     | 29.4462 |
|                   | 20.0701     | 17.7096 |
|                   | 67.6992     | 17.7096 |

**Scenario-based Entities**

| Type        | Coordinates |         | Master Scenario   |
|-------------|-------------|---------|---|
|             | X           | Y       |   |
| Water Table | 0           | 10      | Assigned to materials:<br> |
|             | 12.8392     | 10      |   |
|             | 20.159      | 10.552  |   |
|             | 27.97       | 14.458  |   |
|             | 38.5884     | 22.4227 |   |



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di consolidamento delle scarpate delle pile  
di scavalco

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENT   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IA5F     | 01    | D09 RH   | VI 0800003 | A    | 27 di 27 |

|         |         |
|---------|---------|
| 56.284  | 29.4462 |
| 67.6992 | 29.4462 |

