

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

IL PROGETTISTA  
Studio FC&RR Associati s.r.l.  
Dott. Ing. F. Cavallaro  
Ordine Ingegneri Messina  
n° 1110  
Dott. Ing. E. Pagani  
Ordine Ingegneri Milano  
n° 15408



IL CONTRAENTE GENERALE  
Project Manager  
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA  
Direttore Generale e  
RUP Validazione  
(Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA  
Amministratore Delegato  
(Dott. P. Ciucci)

|   |                               |                  |
|---|-------------------------------|------------------|
| <i>Unità Funzionale</i>                       | COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA | <b>CZ0489_F0</b> |
| <i>Tipo di sistema</i>                        | CANTIERI                      |                  |
| <i>Raggruppamento di opere/attività</i>       | ITINERARI                     |                  |
| <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> | NUOVIITINERARI – NI.82        |                  |
| <i>Titolo del documento</i>                   | P - SN7 RELAZIONE GEOTECNICA  |                  |

CODICE

C G 2 8 0 0 P R B D S C Z C 2 N I 8 2 0 0 0 0 0 3 F 0



| REV | DATA       | DESCRIZIONE      | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|---------|------------|-----------|
| F0  | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | FERRO   | FLERES     | RUGOLO    |
|     |            |                  |         |            |           |
|     |            |                  |         |            |           |
|     |            |                  |         |            |           |



|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| Relazione Geotecnica.....                             | 5  |
| 1 Normativa di riferimento.....                       | 5  |
| 2 Caratteristiche dell'opera .....                    | 7  |
| 3 Stato dei luoghi .....                              | 9  |
| 4 Inquadramento geologico e geotecnico.....           | 11 |
| 4.1 Caratteristiche geologiche.....                   | 11 |
| 4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità ..... | 11 |
| 4.3 Indagini svolte .....                             | 11 |
| 4.4 Litotipi e successione stratigrafica.....         | 12 |
| 4.4.1 Terreni in situ.....                            | 12 |
| 4.4.2 Terreni del deposito.....                       | 13 |
| 5 Caratterizzazione sismica dell'area .....           | 15 |
| 6 Metodi di calcolo .....                             | 17 |
| 6.1 Parametri adottati .....                          | 17 |
| 6.2 Stabilità d'insieme .....                         | 17 |
| 7 Verifiche geotecniche .....                         | 19 |
| 7.1 Stabilità d'insieme .....                         | 19 |
| Figura 7.1: Modello superficie pendio.....            | 19 |

|   |   |   |                                   |  |
|---|---|---|-----------------------------------|--|
|  |  | <p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br/>PROGETTO DEFINITIVO</p> |                                   |  |
| <p align="center">P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</p>                              | <p><i>Codice documento</i><br/>CZ0489_F0</p>                                      | <p><i>Rev</i><br/>F0</p>  | <p><i>Data</i><br/>20/06/2011</p> |  |

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

## Relazione Geotecnica

La presente relazione geotecnica definitiva ha per oggetto la caratterizzazione meccanica dei terreni interessati dalla esecuzione dei lavori in oggetto e più specificamente alla pista di cantiere P - SN7, necessaria per collegare il cantiere autostradale con il deposito SRA2.

### 1 Normativa di riferimento

I calcoli e le verifiche sono state effettuate sulla base dei seguenti dispositivi di legge o regolamenti:

- Legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- Legge 02.02.74 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 14.01.08 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- Circ. 02.02.09 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni"



|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

## 2      **Caratteristiche dell'opera**

La pista è un collegamento del solo cantiere e sarà dismessa alla fine dei lavori. Allo stato attuale il sito è formato da una scarpata incolta con essenze arbustive e cotiche erbose.

La zona in questione è ubicata nel territorio comunale di Messina, e precisamente in località Bianchi, poco a monte della strada provinciale "Panoramica dello Stretto".





|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

### 3 Stato dei luoghi

La zona interessata dal presente studio è posta nella parte nord-orientale della Sicilia, in prossimità dello stretto di Messina, in località Bianchi a valle del centro abitato di Curcuraci, nel territorio comunale di Messina.. L'area in questione è riscontrabile nella tavoletta in scala 1:25.000 denominata "GANZIRRI" corrispondente al Foglio 254 IV N.E. della carta d'Italia edita dall'I.G.M. In particolare il tracciato della pista raggiunge la sua quota massima in corrispondenza dello scatolare del torrente Guardiella, che corrisponde a 155,00 mt. s.l.m.

Da una analisi morfologica a larga scala il sito in studio presenta pendenze medie che oscillano tra il 9 % ed il 16 %. In particolare il tracciato si presenta poco pendente nella parte iniziale, per poi aumentare nella parte centrale con pendenza massima del 16 %, per poi diminuire intorno al 10 % nella parte finale del tracciato. Nel complesso nell'area in cui si ricaverà detto tracciato si ha una condizione morfologica generale di stabilità.

E' importante evidenziare la necessità di eseguire interventi utili per garantire la stabilità della pista, in quanto per la sua realizzazione sono previsti lavori di movimentazione terra con esecuzione di scavi a mezza costa in prossimità della sez. stradale 21 – 22 e delle sez. 7 - 8, con interventi di paratie di pali a monte, mentre nel tratto (sez. 21 – 22) il posizionamento di gabbioni a valle in modo da evitare che le acque di scorrimento del torrente Guardiella possano creare erosione al piede con scalzamento della pista.



|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

## **4 Inquadramento geologico e geotecnico**

### **4.1 Caratteristiche geologiche**

Dalla relazione geologica e idrologica, alla quale si rimanda per maggiori dettagli, si evince come l'area in esame ricada interamente all'interno della formazione denominata Sabbie e Ghiaie di Messina. Affiorano nel sito in studio e sono caratterizzate da una copertura di circa 0,70 mt. – 1,00 mt. di suolo agrario, successivamente si passa a sabbie e ghiaie medio grossolane con presenza di matrice sabbiosa. A nord della città caratterizzano con continuità tutto il settore ad est della faglia orientata N10E passante per Portella Arena. In generale questa formazione presenta una immersione verso E. SE con valori di inclinazione di 20-25°. Gli elementi principali hanno una granulometria dell'ordine di 4 – 5 cm, ed all'interno di questa formazione si riscontrano anche elementi di dimensioni decimetrici. La natura di questi elementi è quasi sempre metamorfica e di forma ben arrotondata.

Sotto il profilo morfo-strutturale, nell'area rilevata non si riscontrano fratture, faglie e cavità che possano pregiudicare la stabilità dell'area, non si evidenziano dissesti in atto o potenziali, e la consultazione della carta del "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)" - non indica nessun vincolo in quest'area, sia di dal punto di vista della "pericolosità che del rischio geomorfologico, che della pericolosità idraulica che per fenomeni di esondazione".

### **4.2 Caratteristiche di acclività e permeabilità**

Ancora con riferimento alla relazione citata al precedente punto, si rileva come nel caso in esame ci si trovi di fronte ad un'area caratterizzata da acclività medio bassa (per lo più inferiore al 10% ed in ridotte zone compresa fra il 10% e il 25%) mentre i terreni interessati hanno caratteristiche di permeabilità medio-alta, stimabile in  $K > 10^{-2}$  m/s.

### **4.3 Indagini svolte**

I sondaggi sono stati eseguiti in prossimità dell'inizio della pista lato valle. E' stata utilizzata una sonda oleodinamica cingolata, le carote estratte, catalogate in apposite cassette sono state documentate fotograficamente e di esse si è fatta ricostruzione litostratigrafica, e rappresentate nel presente lavoro con colonne stratigrafiche dei sondaggi S415 – S416.

I litotipi intercettati sono di origine sedimentaria caratterizzati principalmente da sabbie e ghiaie

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

grossolane con presenza di debole fraz. limosa.

I sondaggi a cui ci si riferisce sono i seguenti:

- Sondaggio n° S415 (perforazione a carotaggio continuo ml. 35,00);
- Sondaggio n° S416 (perforazione a carotaggio continuo ml. 40,00);

|                 |                                 |              |
|-----------------|---------------------------------|--------------|
| Sondaggio S415: | profondità dal p.c. - 1,50 mt.: | 4 – 6 – 7    |
|                 | profondità dal p.c. - 3,00 mt.: | 5 – 8 – 9    |
|                 | profondità dal p.c.- 4,50 mt.:  | 7 – 8 – 10   |
|                 | profondità dal p.c.- 6,00 mt.   | 10 – 11 – 15 |
|                 | profondità dal p.c.- 7,50 mt.   | 9 – 10 – 16  |
|                 | profondità dal p.c.- 9,00 mt.   | 10 – 15 – 16 |

Tabella 4.1: Sondaggi S415

|                 |                                 |              |
|-----------------|---------------------------------|--------------|
| Sondaggio S416: | profondità dal p.c. - 1,50 mt.: | 8 – 10 – 13  |
|                 | profondità dal p.c. - 3,00 mt.: | 5 – 9 – 13   |
|                 | profondità dal p.c.- 4,50 mt.:  | 4 – 10 – 12  |
|                 | profondità dal p.c.- 6,00 mt.   | 6 – 11 – 14  |
|                 | profondità dal p.c.- 7,50 mt.   | 10 - 18 – 20 |
|                 | profondità dal p.c.- 9,00 mt.   | 9 – 18 – 19  |

Tabella 4.2: Sondaggi S416

#### 4.4 Litotipi e successione stratigrafica

Si riporta di seguito una breve descrizione dei litotipi rinvenuti e una ricostruzione della successione stratigrafica; si rimanda alla citata relazione geologica a firma del dott. geologo P. Campanella per informazioni di dettaglio.

##### 4.4.1 Terreni in situ

Da quanto accertato dalla consultazione bibliografica dei sondaggi forniti dalla ditta Eurolink S.C.P.A., eseguiti in zona limitrofa, ed identificati con il n° S415 – S416 si è accertato che i terreni interessati dalle opere progettuali sono costituiti dai “Depositi di sabbie e ghiaie della formazione di Messina” (sabbie e ghiaie grossolane con presenza di sporadici ciottoli e presenza di fraz. limosa). Le prove SPT eseguite in questi sondaggi evidenziano come all’interno della stessa formazione

|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

possano manifestarsi zone con maggiore o minore consistenza, in particolare nei metri superficiali. Per cui, considerando l'ubicazione dei sondaggi a cui ci si riferisce, in questa fase progettuale vengono considerati dei parametri cautelativi, rimarcando la necessità di eseguire in fase esecutiva indagini geognostiche specifiche all'interno dei siti interessati dai depositi.

#### **4.4.2 Terreni del deposito**

Materiali provenienti da scavi all'aperto e in sotterraneo – Saranno costituiti da materiali appartenenti alle formazioni sopra descritte; quelli provenienti dallo scavo in sotterraneo potranno presentare al loro interno ridotte frazioni di cemento (inferiore al 5%) derivante dai preconsolidamenti eseguiti in avanzamento.



|   |   |   |                                      |                  |
|---|---|---|--------------------------------------|------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                                      |                  |
|   |   | <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>                               | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0 | <i>Rev</i><br>F0 |

## 5 Caratterizzazione sismica dell'area

Ai fini della caratterizzazione sismica l'azione viene valutata in riferimento ad una probabilità di superamento inferiore al 10%, corrispondente alla condizione di SLV.

La struttura in oggetto ricade in classe II, con coefficiente di uso ( $C_u$ ) pari a 1.0, e la vita utile associata, per opera non strategica, viene posta pari a 50 anni.

Il terreno di riferimento per la caratterizzazione sismica, nel caso di opera di sostegno di terrapieno, viene valutato in base alla tipologia di terreno naturale alla base del terrapieno. Nel caso specifico si fa riferimento a terreno di tipo C.

In accordo con il DM 14.01.08 il coefficiente sismico  $k_h$  è definito dalla correlazione siffatte (pt. 7.11.3.5):

$$k_h = \beta_m a_{max}/g = \beta_m (S_s S_t a_g)/g; k_v = \pm 0.5 k_h$$

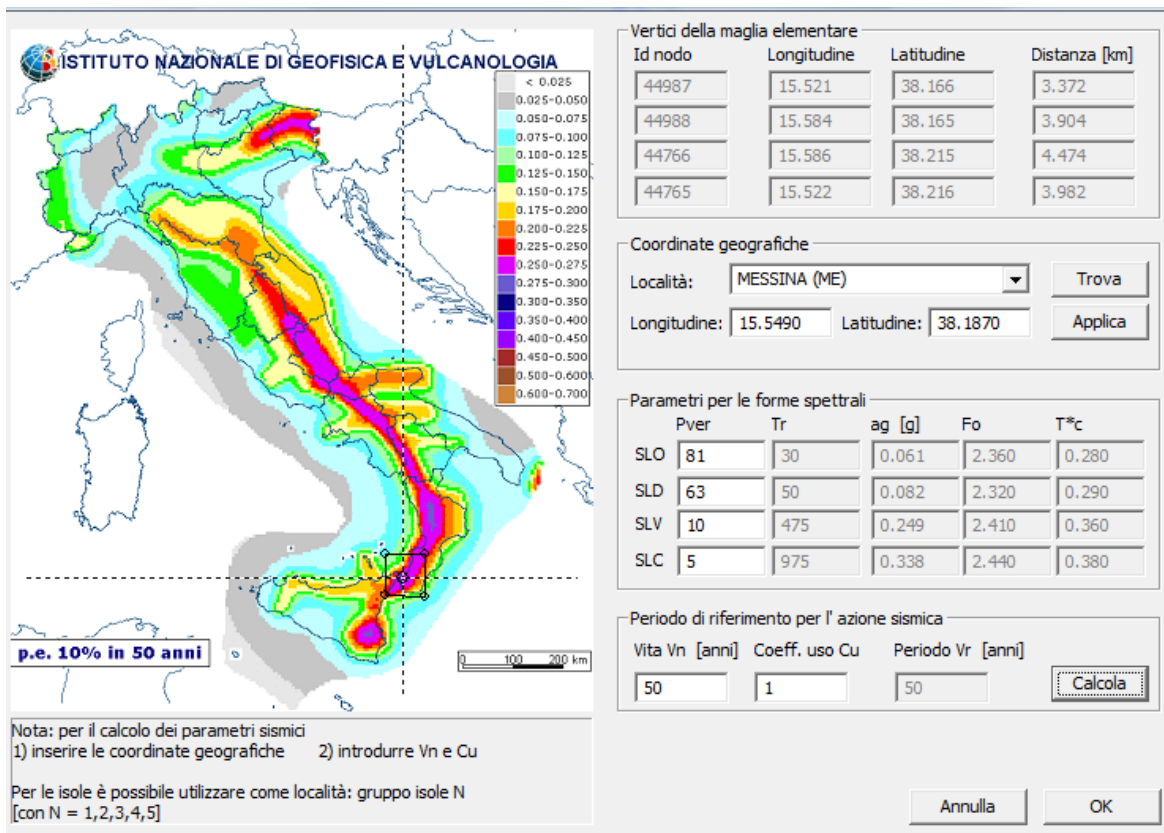


Figura 5.1: Valutazione della pericolosità sismica

|   |   |  |                           |  |
|---|---|--|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br>PROGETTO DEFINITIVO |                           |  |
| P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA  | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0  | <i>Rev</i><br>F0   | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

Inoltre indagini di “DOWN HOLE” eseguiti nella stessa formazione, ottenuti da documentazione bibliografica per la determinazione della classe del suolo, in riferimento a quanto disposto dal “D.M. 14-01-2008”, danno un valore di Vs30 che rientra nella **classe “C”**. Per quanto riguarda la cat. topografica è opportuno considerare la **categ. “T2”**.



|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

## 6 Metodi di calcolo

Di seguito vengono illustrati i metodi di calcolo utilizzati per le verifiche geotecniche riportate nei paragrafi seguenti; preliminarmente si riportano i valori dei principali parametri caratteristici adottati.

### 6.1 Parametri adottati

Per le successive calcolazioni geotecniche si assume:

Terreno in situ:

$$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3;$$

$$c' = 0,01 \text{ MPa};$$

$$\varphi' = 38^\circ$$

Terreno del deposito (costipato):

$$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3;$$

$$c' = 0,0 \text{ MPa};$$

$$\varphi' = 31^\circ.$$

### 6.2 Stabilità d'insieme

Con riferimento alle indicazioni fornite nei paragrafi precedenti si effettua la verifica di stabilità globale del pendio (comprensivo del fronte in terra rinforzata), procedendo in accordo con il metodo di Bishop.

La verifica alla stabilità globale del complesso muro + terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

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.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Data la presenza di un elemento di sostegno posto al piede del pendio, identificato con l'opera in terra rinforzata, il cerchio di scorrimento globale verrà condizionato a passare lungo lo spigolo posteriore (a contatto con il terrapieno) della fondazione del muro in terra rinforzata.

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN7 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>CZ0489_F0                                | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

## 7 Verifiche geotecniche

### 7.1 Stabilità d'insieme

Si riportano i diagrammi di verifica della stabilità globale del sistema modellato come in figura, evidenziando il cerchio critico caratterizzato dal minor coefficiente di sicurezza.

In accordo con le indicazioni del DM.14.01.08 la verifica di sicurezza in condizioni sismiche viene effettuata riducendo i parametri geomeccanici con i coefficienti M2 ed utilizzando valori unitari per la combinazione delle azioni sollecitanti (rif 7.11.1 DM 14.01.08); la verifica viene garantita dal mantenimento di valori sollecitanti puramente inferiori ai valori resistenti, e pertanto con coefficienti di sicurezza pari all'unità (rif 7.11.4 DM 14.01.08).

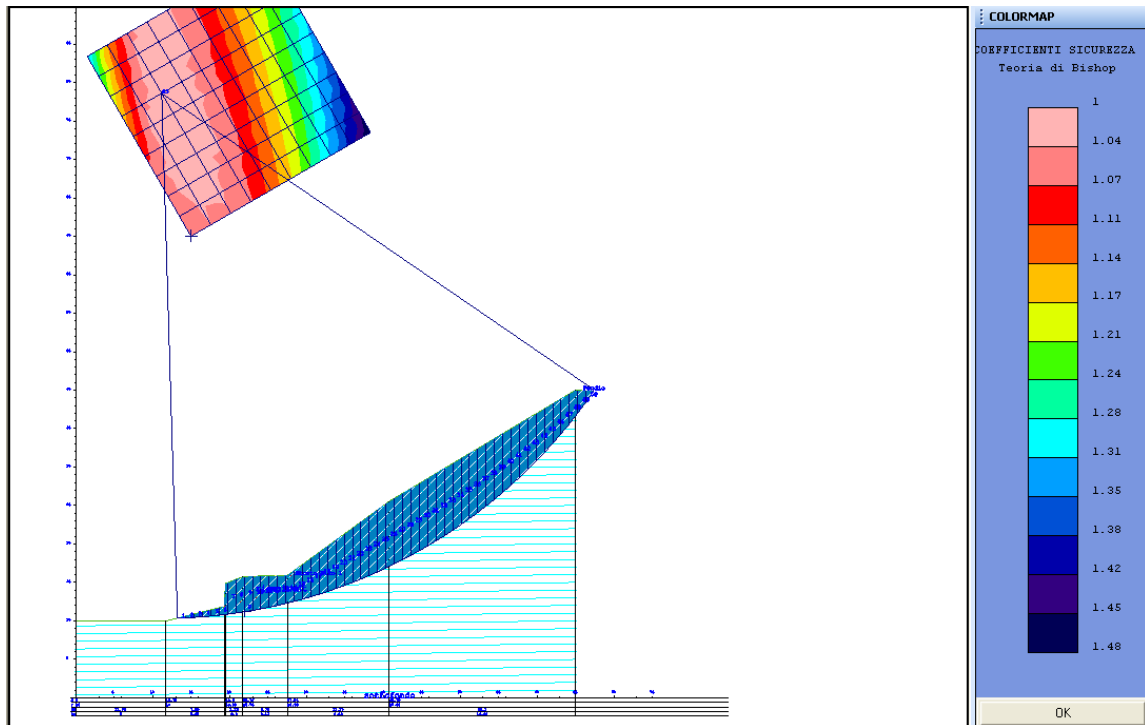


Figura 0.1: Modello superficie pendio.