

# 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)

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <p><b>IL PROGETTISTA</b></p> <p>Studio FC&amp;RR Associati s.r.l.<br/>                 Dott. Ing. F. Cavallaro<br/>                 Ordine Ingegneri Messina n° 1110<br/>                 Dott. Ing. E. Pagani<br/>                 Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>  | <p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager<br/>                 (Ing. P.P. Marcheselli)</p> | <p><b>STRETTO DI MESSINA</b><br/>                 Direttore Generale e RUP Validazione<br/>                 (Ing. G. Fiammenghi)</p> | <p><b>STRETTO DI MESSINA</b><br/>                 Amministratore Delegato<br/>                 (Dott. P. Ciucci)</p> |
|--|--|--|--|

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> VIABILITA' SECONDARIA</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE - P-SN5 COLLEGAMENTO STRADA MILITARE CAMPO ITALIA</p> <p><i>Titolo del documento</i> P-SN5 – RELAZIONE GEOTECNICA</p> |  | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">SS0890_F0</div> |
|---|--|--|

|        |             |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|--------|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| CODICE | C G 2 8 0 0 | P | R B | D S | S C | V 2 | G 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 2 | F0 |
|--------|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|

| 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 - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| Relazione Geotecnica .....                     | 5  |
| 1 Normativa di riferimento .....               | 5  |
| 2 Stato dei luoghi .....                       | 7  |
| 3 Inquadramento geologico e geotecnico.....    | 9  |
| 3.1 Caratteristiche geologiche .....           | 9  |
| 3.2 Litotipi e successione stratigrafica ..... | 9  |
| 3.2.1 Terreni in situ.....                     | 9  |
| 3.2.2 Terreni del deposito .....               | 9  |
| 4 Indagini geognostiche .....                  | 11 |
| 4.1 Parametri geomeccanici .....               | 11 |
| 5 Caratterizzazione sismica dell'area .....    | 13 |
| 6 Metodi di calcolo .....                      | 14 |
| 6.1 Stabilità d'insieme.....                   | 14 |
| 7 Verifiche geotecniche.....                   | 15 |
| 7.1 Stabilità d'insieme.....                   | 15 |



|   |   |   |                           |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |
| <b>P - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc  | <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 - SN5, necessaria per collegare il cantiere autostradale con il deposito "SRA3". La pista è un collegamento del solo cantiere e sarà dismessa alla fine dei lavori.

### 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 - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

## 2 Stato dei luoghi

La zona in questione è ubicata nel territorio comunale di Messina, a monte della strada provinciale “Panoramica dello Stretto”.

Il sito interessato dalla pista è l’area compresa fra la vallata in sinistra idraulica del torrente Pace e quella del torrente “Annunziata” delimitata dalla SP 44. Allo stato attuale il sito è formato da una scarpata incolta con essenze arbustive e cotiche erbose. Il tratto iniziale della strada è sito in alto alla via “Fiumara località Pace” (detta anche via Antonio Bertuccio) esattamente in prossimità del deposito SRAS. Durante la fase dei lavori è prevista la sola intersezione per l’accesso con la strada esistente e cioè la via “Fiumara Pace”.

Da una analisi morfologica a larga scala il tracciato stradale si sviluppa lungo un versante mediamente acclive. Per ottemperare a pendenze esagerate che impedirebbero il transito ai mezzi da cantiere la pista si sviluppa per quanto possibile parallelamente alle curve di livello superando cercando di salire di quota mantenendo la livelletta stradale entro il 16 % che risulta la quota massima necessaria per il transito dei mezzi da cantiere. Tale necessità porta in alcuni tratti alla realizzazione di opere di consolidamento dei fronti di scavo, e nel contempo alla realizzazione di tombini per lo smaltimento delle acque provenienti da monte. Nel complesso nell’area in cui si ricaverà detto tracciato si ha una condizione morfologica generale di stabilità.

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 dal punto di vista della “pericolosità che del rischio geomorfologico, che della pericolosità idraulica che per fenomeni di esondazione”.*



|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

### **3 Inquadramento geologico e geotecnico**

#### **3.1 Caratteristiche geologiche**

Nel sito in studio si hanno principalmente terreni di origine sedimentaria, attribuibili alle “sabbie e ghiaie della formazione di Messina”, ed interpretati come il prodotto di antichi apparati fluvio - deltizi alimentati dalla dorsale peloritana, generati dal sollevamento dell’entroterra cristallino.

#### **3.2 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 per informazioni di dettaglio.

##### **3.2.1 Terreni in situ**

I terreni affioranti sono caratterizzati da sabbie e ghiaie medio grossolane con presenza di matrice sabbiosa nascoste da una copertura di circa 0,50 mt. di suolo agrario.

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 un’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. I sondaggi eseguiti in zona limitrofa hanno evidenziato uno spessore di oltre 30 mt. (vedi colonne stratigrafiche dei sondaggi S426 – S427). Da informazioni locali e dalle osservazioni in cave presenti in zona limitrofa lo spessore complessivo della formazione è di oltre 100,00 mt..

##### **3.2.2 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 - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i>  | <i>Data</i>   |   |  |            |             |    |            |
| F0  | 20/06/2011  |   |  |            |             |    |            |

## 4 Indagini geognostiche

Riguardo l'opera in oggetto si fa principalmente riferimento ai dati forniti e relativi ai sondaggi:

- Sondaggio n° S426 (perforazione a carotaggio continuo ml. 30,00);
- Sondaggio n° S427 (perforazione a carotaggio continuo ml. 45,00);

Durante la fase di perforazione sono state eseguite delle prove SPT, per una caratterizzazione fisico-meccanica in situ delle alluvioni. Queste sono indicate nelle colonne stratigrafiche, e qui vengono riassunte le prove fino a 9,00 ml. di profondità:

|                 |                                |                      |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|
| Sondaggio S426: | profondità dal p.c. - 1,50 mt. | 5 – 06 – 06          |
|                 | profondità dal p.c. - 3,00 mt. | 5 – 08 – 08          |
|                 | profondità dal p.c. - 4,50 mt. | 04 – 05 – 06         |
|                 | profondità dal p.c. - 6,00 mt. | 06 – 09 – 11         |
|                 | profondità dal p.c. - 7,50 mt. | 16 – 35 – 47         |
|                 | profondità dal p.c. - 9,00 mt. | 42 – (rif. ln 11 cm) |

Tabella 4.1: Sondaggio S426

|                 |                                |              |
|-----------------|--------------------------------|--------------|
| Sondaggio S427: | profondità dal p.c. - 1,50 mt. | 07 – 10 – 15 |
|                 | profondità dal p.c. - 3,00 mt. | 07 – 10 – 12 |
|                 | profondità dal p.c. - 4,50 mt. | 08 – 10 – 10 |
|                 | profondità dal p.c. - 6,00 mt. | 12 – 16 – 20 |
|                 | profondità dal p.c. - 7,50 mt. | 10 – 15 – 18 |
|                 | profondità dal p.c. - 9,00 mt. | 12 – 14 – 18 |

Tabella 4.2: Sondaggio S427

### 4.1 Parametri geomeccanici

Ancora con riferimento a quanto riportato nella relazione geologica si adotta.

Terreno in situ:

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

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

$\varphi' = 38^\circ$

Terreno del deposito (costipato):

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P – SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ;  
 $c' = 0,0 \text{ MPa}$ ;  
 $\varphi' = 31$

|   |   |   |   |            |             |    |            |
|---|---|---|---|------------|-------------|----|------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |   |            |             |    |            |
| <b>P - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i>  | <i>Data</i>   |   |   |            |             |    |            |
| F0  | 20/06/2011  |   |   |            |             |    |            |

## 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, viene posto pari a 50 anni.

Il terreno di riferimento per la caratterizzazione sismica viene valutato in base alla tipologia di terreno naturale alla base del terrapieno. Nel caso specifico si fa riferimento a terreno di tipo C. Il coefficiente di topografia è da considerarsi pari a T2.

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

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

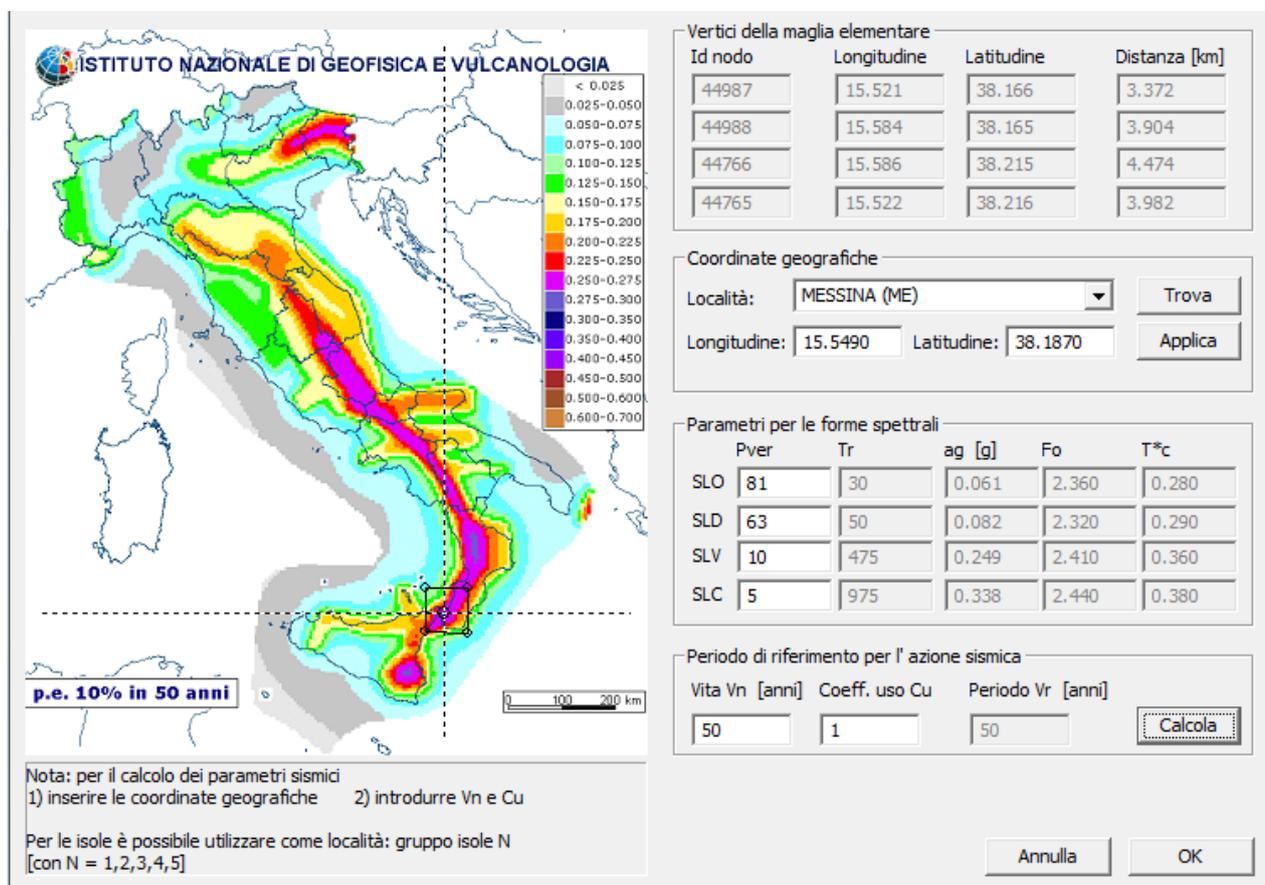


Figura 5.1: Valutazione della pericolosità sismica.

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P – SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <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 Stabilità d'insieme

Con riferimento alle indicazioni fornite nei paragrafi precedenti si effettua la verifica di stabilità globale del pendio procedendo in accordo con il metodo di Bishop.

La verifica alla stabilità globale del pendio, comprensivo della piattaforma stradale e delle connesse opere di sostegno, 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:

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

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 finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <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 maggiori dell'unità all'unità (rif 7.11.4 DM 14.01.08).

In particolare si fa riferimento a due sezioni significative, tratte rispettivamente dalla conformazione tipo della sez. 55 e sez. 60, caratterizzate da diversa estensione ed acclività del pendio.

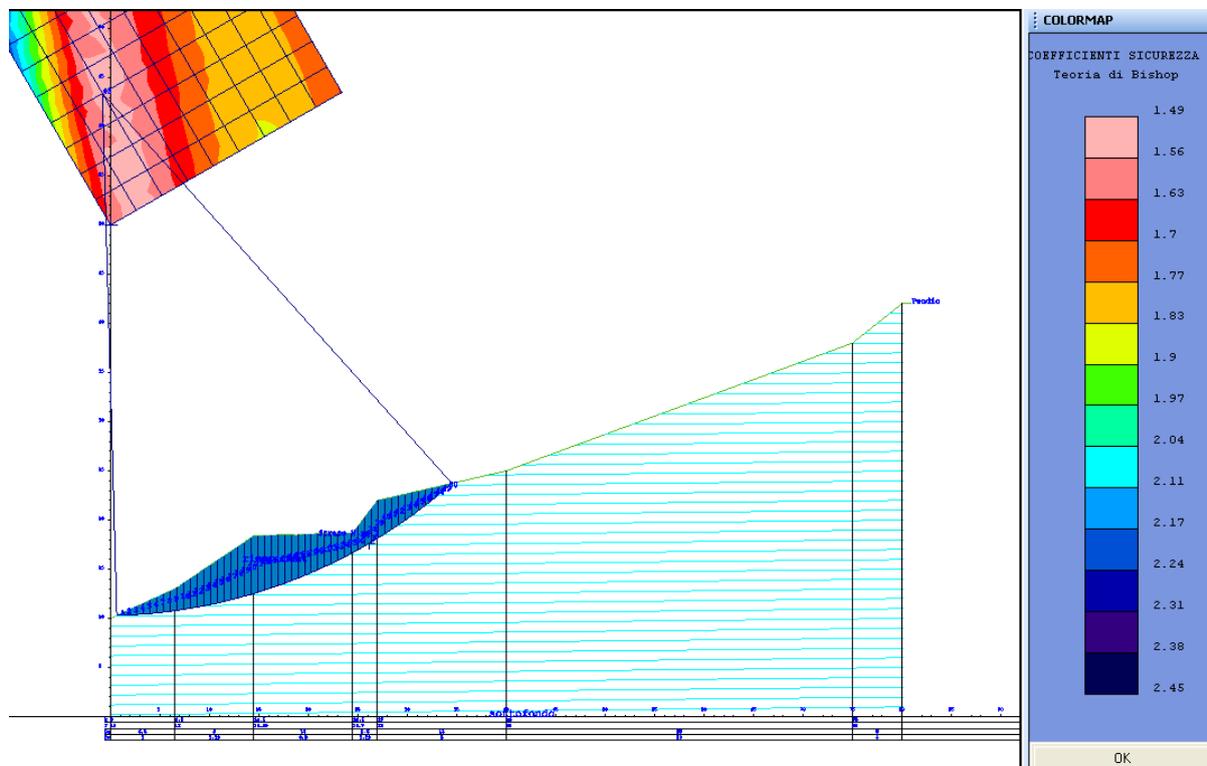


Figura 7.1: **Modello superficie pendio tipo a – sez. tipo 55.**

|   |   |   |                  |                           |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                  |                           |
| <b>P – SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   |   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc                            | <i>Rev</i><br>F0 | <i>Data</i><br>20/06/2011 |

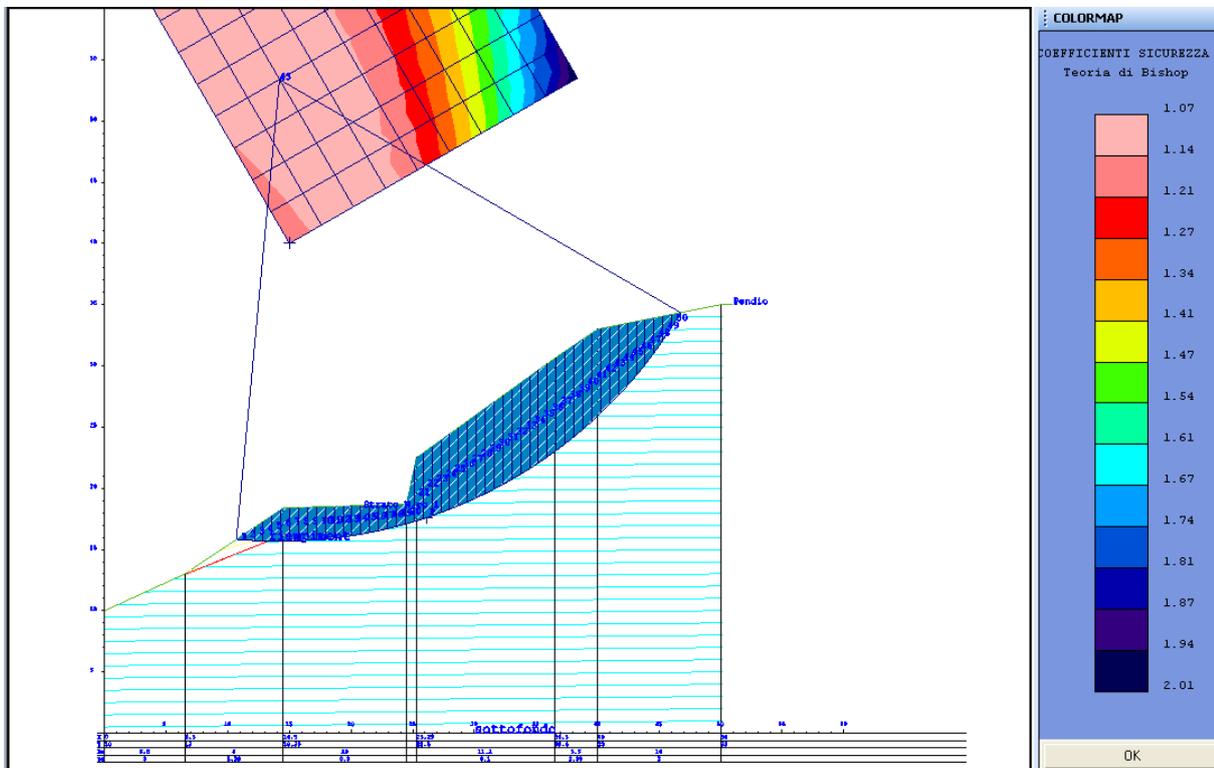


Figura 7.2: **Modello superficie pendio tipo b – sez. tipo 60.**

I coefficienti di sicurezza rilevati risultano rispettivamente compresi nell'intervallo (1.49-1.56) per il caso "a" e (1.07-1.14) per il caso "b". Si evidenzia che la verifica di stabilità si rivolge al pendio nella sua globalità e non esclusivamente all'opera di sostegno a servizio della piattaforma stradale; la valutazione rientra pertanto, ai sensi del pt. 7.11.3.5 del DM 14.01.08, nella necessità di verificare che "la realizzazione di strutture o infrastrutture su versanti di pendii naturali mantengano sufficiente resistenza a seguito di sollecitazioni sismiche". Si evidenzia inoltre che per quanto la verifica contempli la stabilità del pendio naturale, con conseguente possibilità di operare direttamente con parametri resistenti caratteristici, le calcolazioni sono eseguite, a favore di sicurezza, utilizzando i parametri riduttivi M2 dei coefficienti geotecnici (rif.6.2.3.1.2. DM 14.01.08).

Viene in ultimo inserita la verifica di stabilità condotta in corrispondenza del deposito Sra3, evidenziando la posizione del rilevato stradale della pista rispetto al deposito stesso; la presenza del rilevato stradale viene introdotta sul pianoro costituito da materiale di deposito come un puro carico, con intensità pari a 3t/mq.

La verifica di stabilità viene condotta vincolando la superficie di scorrimento a contenere la

|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P - SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

piattaforma stradale, evidenziando un coefficiente di sicurezza minimo, in condizioni sismiche, pari a 1.22.

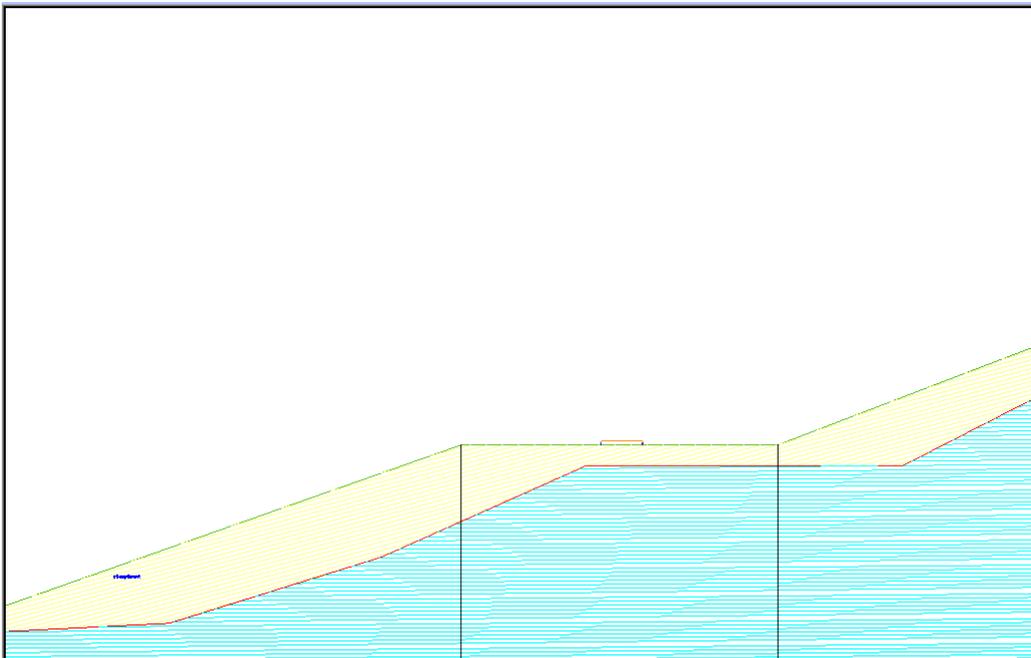


Figura 7.3: **Modello sezione PSN 5 in corrispondenza di deposito SRA 3**

|   |   |   |                           |  |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <b>Ponte sullo Stretto di Messina</b><br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> |                           |  |
| <b>P – SN5 - RELAZIONE GEOTECNICA</b>   | <i>Codice documento</i><br>SS0890_F0.doc  | <i>Rev</i><br>F0  | <i>Data</i><br>20/06/2011 |  |

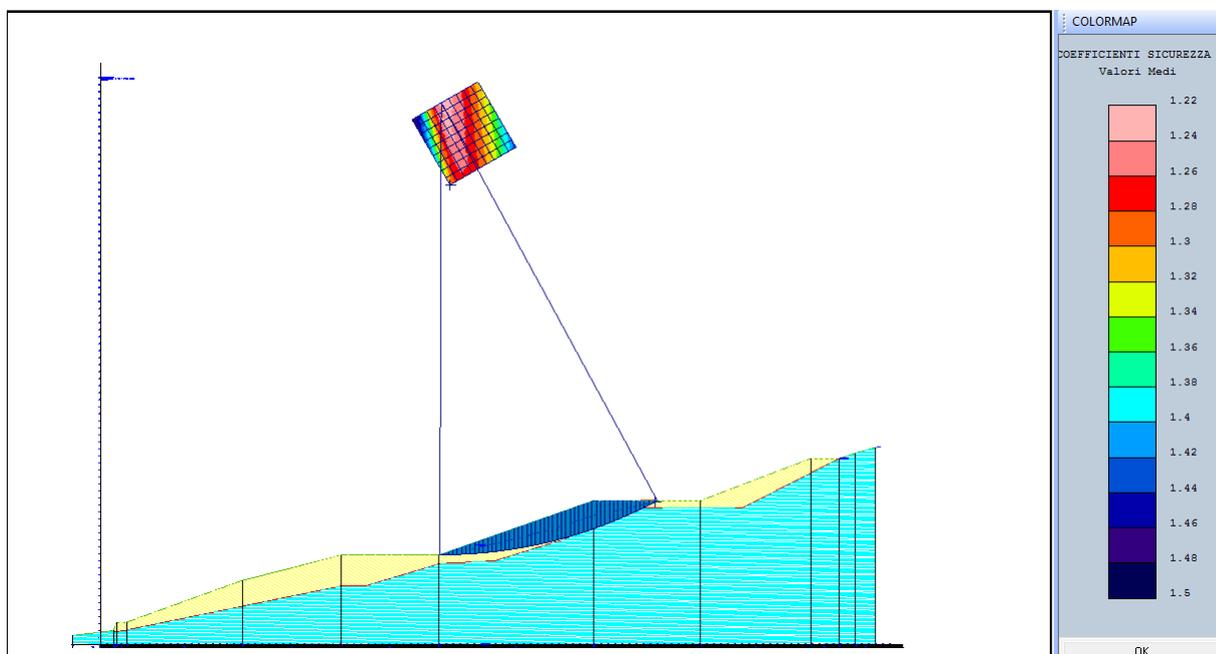


Figura 7.3: Verifica sezione PSN 5 in corrispondenza di deposito SRA 3