

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

## TRATTA A.V./A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI

### PROGETTO DEFINITIVO

### Intersezione SP35ter per accesso COP7/CBP5 – Novi Ligure

## Relazione geologica-geotecnica

|  |                 |
|--|-----------------|
| GENERAL CONTRACTOR                             | ITALFERR S.p.A. |
| Consorzio<br><b>Cociv</b><br>Ing. A. Pelliccia |                 |

|          |       |      |      |           |                  |        |      |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| I G 5 1  | 0 0   | X    | C V  | R O       | C A 0 0 0 0      | 0 1 5  | A    |

| Progettazione : |                 |         |            |            |            |                         |            |  |
|-----------------|-----------------|---------|------------|------------|------------|-------------------------|------------|--|
| Rev             | Descrizione     | Redatto | Data       | Verificato | Data       | Progettista Integratore | Data       | IL PROGETTISTA   |
| A00             | Prima Emissione | A&T     | 24/09/2014 | COCIV      | 24/09/2014 | A.Palomba               | 24/09/2014 | <br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci<br>Dott. Ing. Aldo Mancarella<br>Ordine Ingegneri Prov. TO<br>n. 6271 R |
|                 |                 |         |            |            |            |                         |            |  |
|                 |                 |         |            |            |            |                         |            |  |

|           |   |
|-----------|---|
| n. Elab.: | File: IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC |
|-----------|---|

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>                       |
|  | <p>IG51-00-X-CV-ROCA00-00-015-A00<br/>Relazione geologica e geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>2 di 41</p> |

## INDICE

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | PREMESSA .....                            | 3  |
| 2 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....            | 5  |
| 3 | SISMICITA' .....                          | 7  |
| 4 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....             | 10 |
| 5 | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....        | 13 |
| 6 | INDAGINI SVOLTE .....                     | 16 |
| 7 | STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI ..... | 18 |
| 8 | ANALISI DI STABILITA' .....               | 20 |
| 9 | VALUTAZIONE CEDIMENTI .....               | 31 |

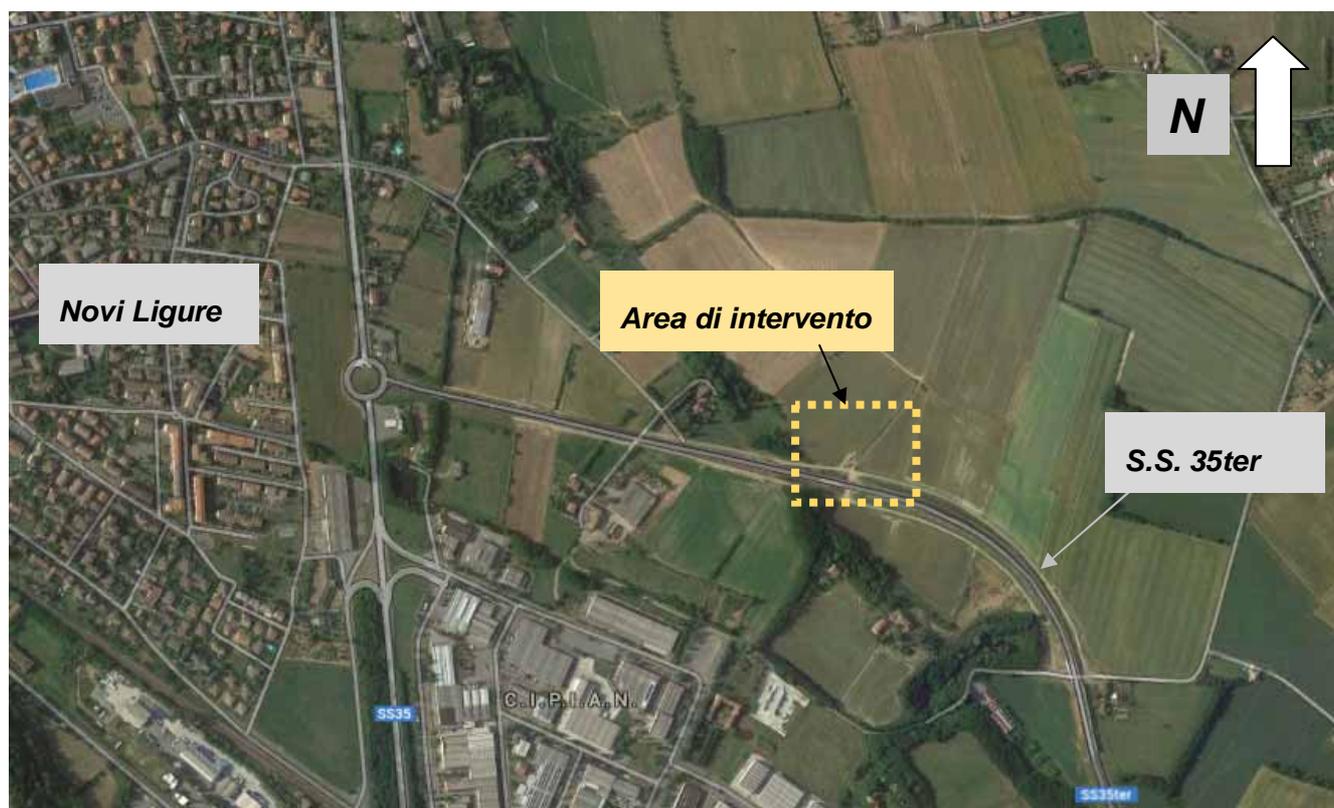
|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruzioni Intermodali Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                   |
| IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   |  | Foglio<br>3 di 41 |

## 1 PREMESSA

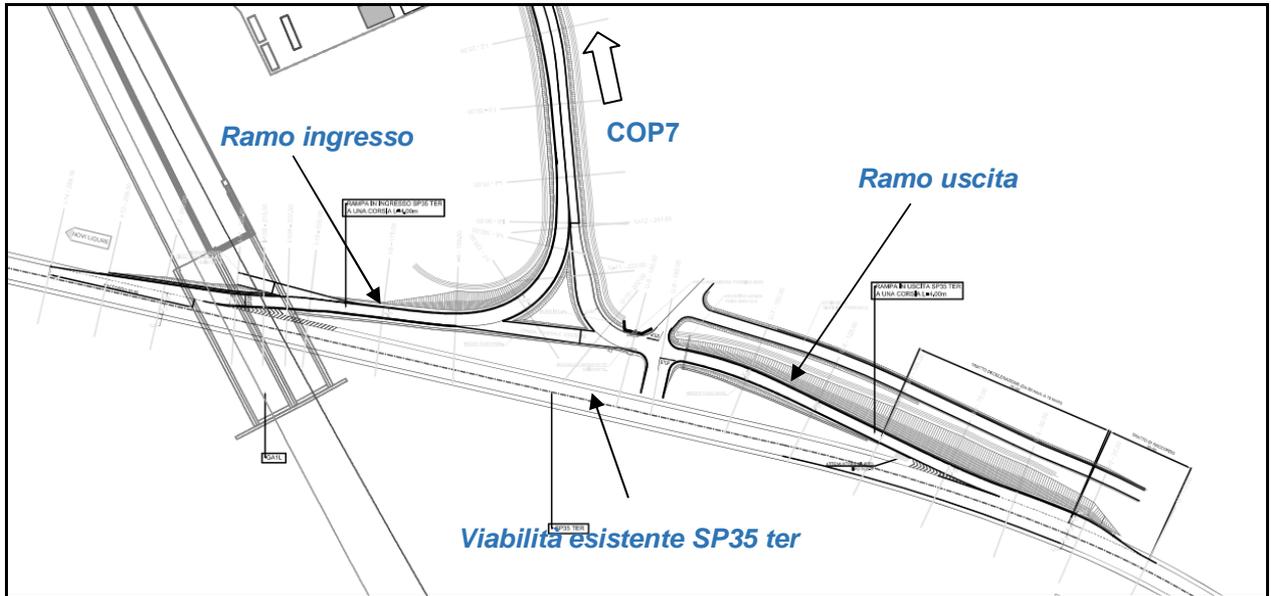
La presente relazione geologica-geotecnica è stata redatta per la progettazione dell' intersezione stradale sulla viabilità SP35ter, necessaria a garantire l'accesso al Campo Operativo COP7 ed al Campo Base CBP5, nel comune di Novi Ligure (AL).

Tale intervento rientra nell'ambito delle lavorazioni per la realizzazione della linea ferroviaria AV/AC Milano-Genova - Terzo Valico dei Giovi.

Il progetto prevede la realizzazione di un ramo in ingresso ed uno in uscita, da realizzarsi in adiacenza alla viabilità esistente, attraverso la costruzione di rilevati stradali dell'altezza massima di circa 5,50m.



Ubicazione area intervento



Vista area di intervento

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruttori Italiani Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|   | IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   |
|   | Foglio<br>5 di 41  |

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **D.G.R. 3 febbraio 2012, n. 7-3340:** Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011.
- **D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084:** D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.
- **D.G.R. 18 febbraio 2011, n. 8-1517:** Modifica del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese come approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- **D.G.R. 1 marzo 2010, n. 28-13422:** Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- **D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058:** Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale.
- **D.M. 14.01.2008:** Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Costruzioni Italiane Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|   | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p> <p>Foglio<br/>6 di 41</p>                                     |

- **O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006 (G.U. 11.5.2006 n.108):** Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
  
- **O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105):** Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruttori Italiani Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|   | IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   |
|   | Foglio<br>7 di 41  |

### 3 SISMICITA'

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da prendere in considerazione nella progettazione delle opere.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_S$  ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{SPT} > 50$  nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata media  $c_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine).
- C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_u < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

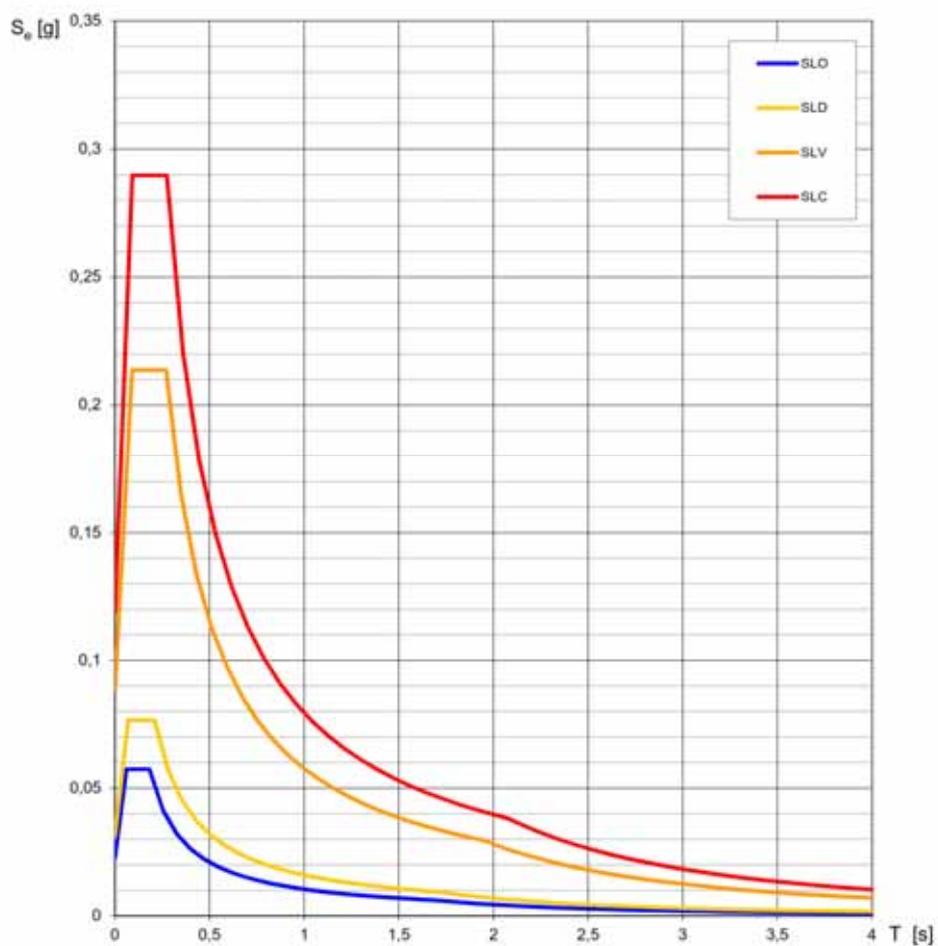
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/s).

Il suolo di fondazione appartiene alla categoria **C**.

La categoria topografica è la **T1**.

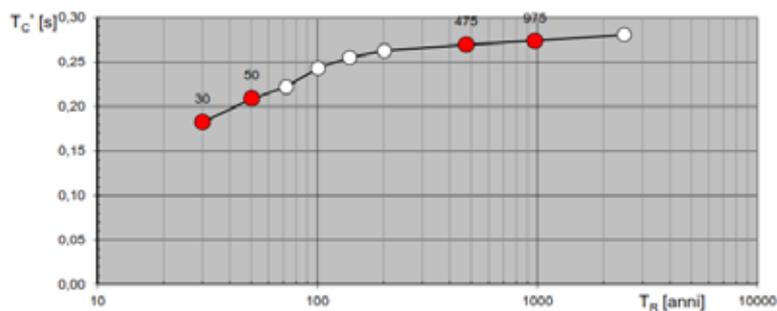
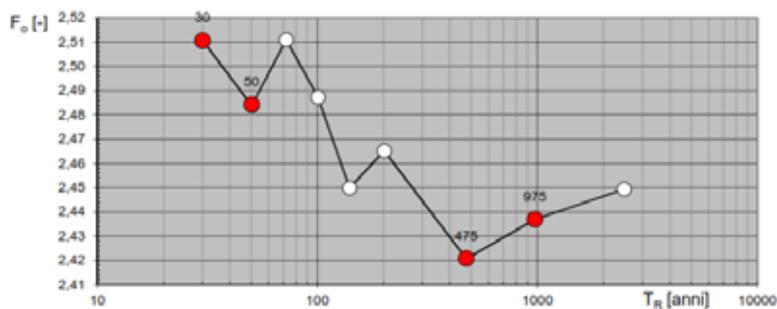
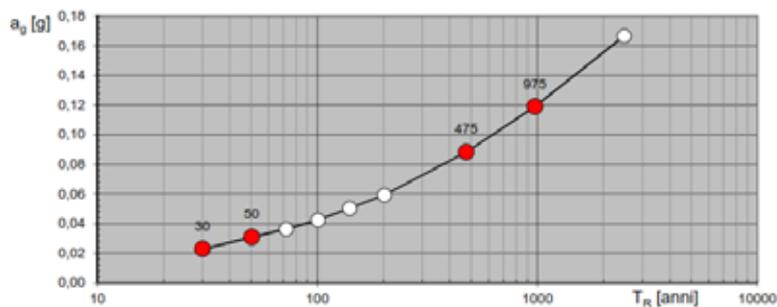
Nel seguente grafico sono riportati i spettri di progetto relativi ai differenti Stati Limite

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



I valori dei parametri di riferimento per i periodi di ritorno  $T_R$  sono riportati nella seguente tabella.

| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0,023        | 2,511        | 0,182          |
| 50              | 0,031        | 2,484        | 0,209          |
| 72              | 0,036        | 2,511        | 0,222          |
| 101             | 0,042        | 2,487        | 0,243          |
| 140             | 0,050        | 2,450        | 0,255          |
| 201             | 0,059        | 2,465        | 0,263          |
| 475             | 0,088        | 2,421        | 0,270          |
| 975             | 0,119        | 2,437        | 0,274          |
| 2475            | 0,167        | 2,449        | 0,281          |



|  |  |
|--|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>                                      |
|  | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>10 di 41</p> |

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto di intervento, è individuata e cartografata al Foglio n. 70 "Alessandria" I.G.M. in scala 1:100.000 della Carta Geologica Italiana al contatto tra i depositi di pianura e la successione del Bacino Terziario Ligure Piemontese.

Tale bacino si sviluppa a cavallo del limite tra la catena alpina e quella appenninica e consiste di formazioni clastiche, risultato dello smantellamento parziale del rilievo, per effetto del suo sollevamento da tardo-a post-orogenico. Si tratta quindi di un bacino in cui la sedimentazione è fortemente influenzata dalla tettonica recente (terziaria) (Capponi et al., 2009). La successione del BTP, essenzialmente terrigena, si sviluppa dall'Eocene sup. al Miocene sup. (Messiniano), raggiungendo talora spessori di più di 4000 m, con variazioni stratigrafiche legate a variazioni del livello del mare e della posizione della linea di costa.

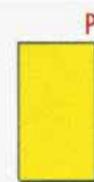
L'area di intervento ricade nelle formazioni appartenenti ai depositi fluviali del bacino alessandrino (Pleistocene medio – Attuale).



Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, con modesta alterazione superficiale. **FLUVIALE RECENTE.**



Alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, con prodotti di alterazione di colore giallastro. **FLUVIALE MEDIO.**



**ARGILLE DI LUGAGNANO.** - Marne sabbiose con microfauna a *Nonion boueanum* (D'ORB.), *Eponides frigidus granulatus* DI NAPOLI, *Ammonia beccarii* (LINNE'), *Elphidium crispum* (LINNE') (localmente). Argille marno-sabbiose grigio-azzurre con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbie analoghe alle "Sabbie di Asti"; macrofauna a gasteropodi prevalenti e microfauna ad *Anomalina helicina* (COSTA), *Bolivina punctata* D'ORB., *Orthomorphina proxima* (SILV.), *Dimorphina tuberosa* D'ORB., *Uvigerina rutila* CUSH. **PLIOCENE.**

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                            |
|  | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p>                   | <p>Foglio<br/>12 di 41</p> |

Si riporta la descrizione delle unità litologiche di interesse per l'area di intervento.

### **Depositi alluvionali quaternari della pianura**

Essi costituiscono l'area di pianura a nord della fascia collinare allungata tra Novi Ligure e Serravalle Scrivia e sono caratterizzati da potenti successioni a granulometria variabile sia in senso verticale che orizzontale.

Si tratta di depositi ghiaioso – sabbiosi modellati su diversi ordini di terrazzi a seguito dell'evoluzione morfodinamica del Torrente Scrivia e poggiano sulla parte più alta del BTLP e sulla successione pliocenica delle Argille di Lugagnano, talora affioranti, oltre che nella zona collinare, anche sulla scarpata e nelle incisioni dei terrazzi alluvionali più elevati.

La zona tra Pozzolo Formigaro e Novi Ligure è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali del fluviale medio (fl2) costituiti da ghiaie eterometriche sabbiose-limose, alternate a sottili livelli di limo sabbioso. La parte più superficiale è data da un orizzonte alterato potente fino a 4-5 metri costituito da limi sabbiosi frammisti a ghiaie alterate.

In prossimità dell'abitato di Novi Ligure, è presente un terrazzo morfologico alto oltre 10 metri sul quale sono impostati i depositi quaternari del fluviale antico (fl1), costituito da ghiaie e sabbie molto alterate poggianti sulle Argille di Lugagnano.

### **Argille di Lugagnano (Pliocene)**

Le Argilliti di Lugagnano sono costituite essenzialmente da marne e argille limose, molto consistenti, talora sabbiose, fossilifere, di colore grigio azzurro, con intercalazioni sabbiose.

Dai dati bibliografici, lo spessore della formazione oscilla fra i 150 metri (zona occidentale del foglio Asti) e i 250 metri circa (zona orientale del foglio Alessandria).

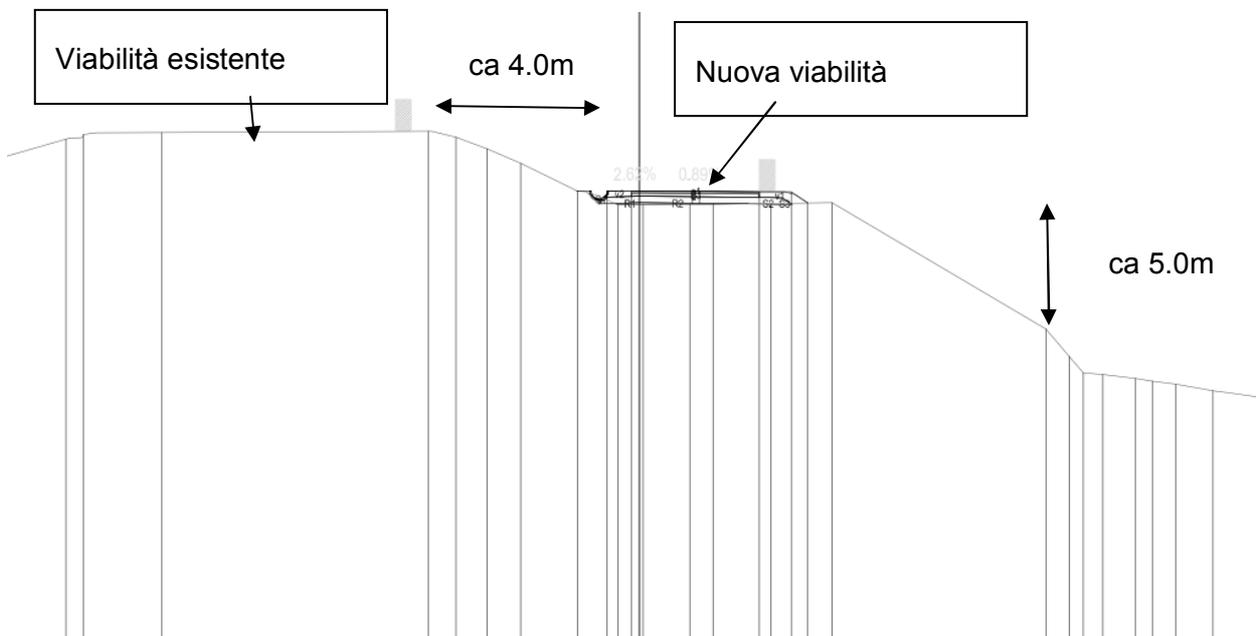
|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                            |
|  | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p>                   | <p>Foglio<br/>13 di 41</p> |

## 5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

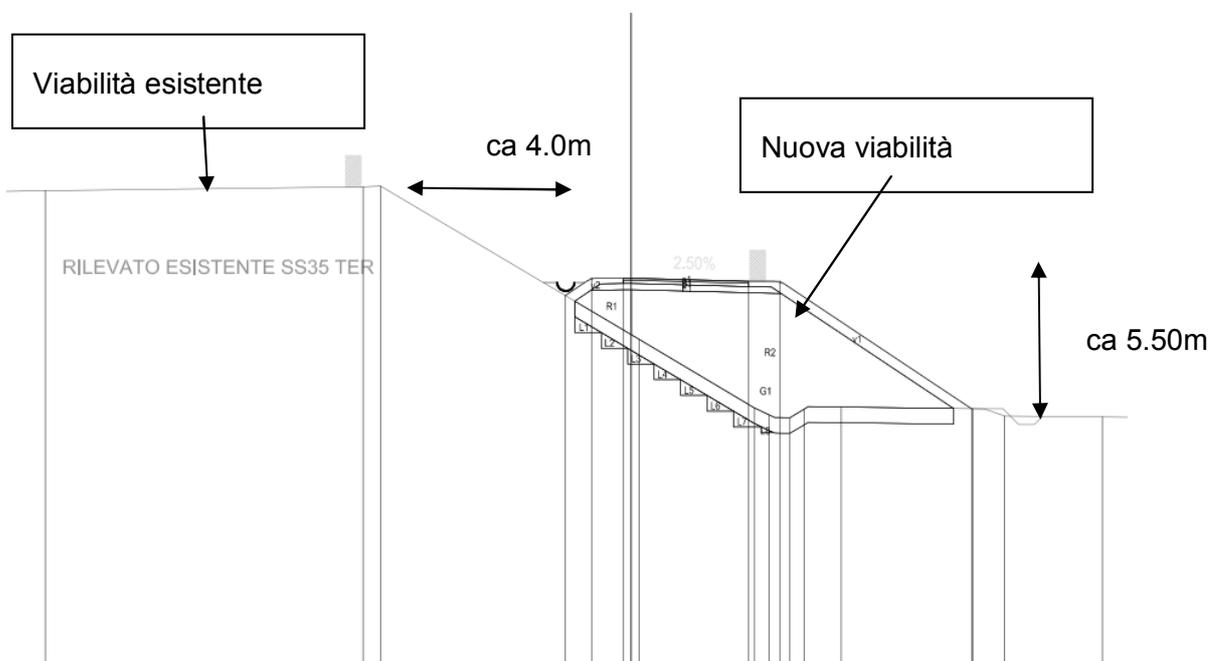
L'intersezione stradale è prevista in corrispondenza della esistente viabilità SS35ter, in un'area compresa tra le quote 195.00 e 207.00 m slm.

La realizzazione dei nuovi rilevati stradali sarà condotta mediante posa e stesa di opportuno materiale da rilevato.

La realizzazione della nuova viabilità prevede la costruzione di un ramo di ingresso ed un ramo di uscita, in adiacenza alla viabilità esistente S.S.35; i nuovi rilevati stradali sono caratterizzati da un'altezza massima di 5.50m.



Sezione tipologica – Ramo di Ingresso



Sezione tipologica – Ramo di Uscita

|   |   |
|---|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Costruzioni Italiane Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|   | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p> <p>Foglio<br/>15 di 41</p>   |

Vista la conformazione morfologica dell'area è necessaria la messa in opera di canalette di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche per evitare ruscellamenti lungo le scarpate con conseguenti fenomeni di erosione che possono inficiare la stabilità dei rilevati stradali

Le sponde dovranno essere protette attraverso un geotessile preseminato, si dovrà provvedere al suo ancoraggio sul versante per evitare la sua eventuale rimozione a causa degli agenti atmosferici.

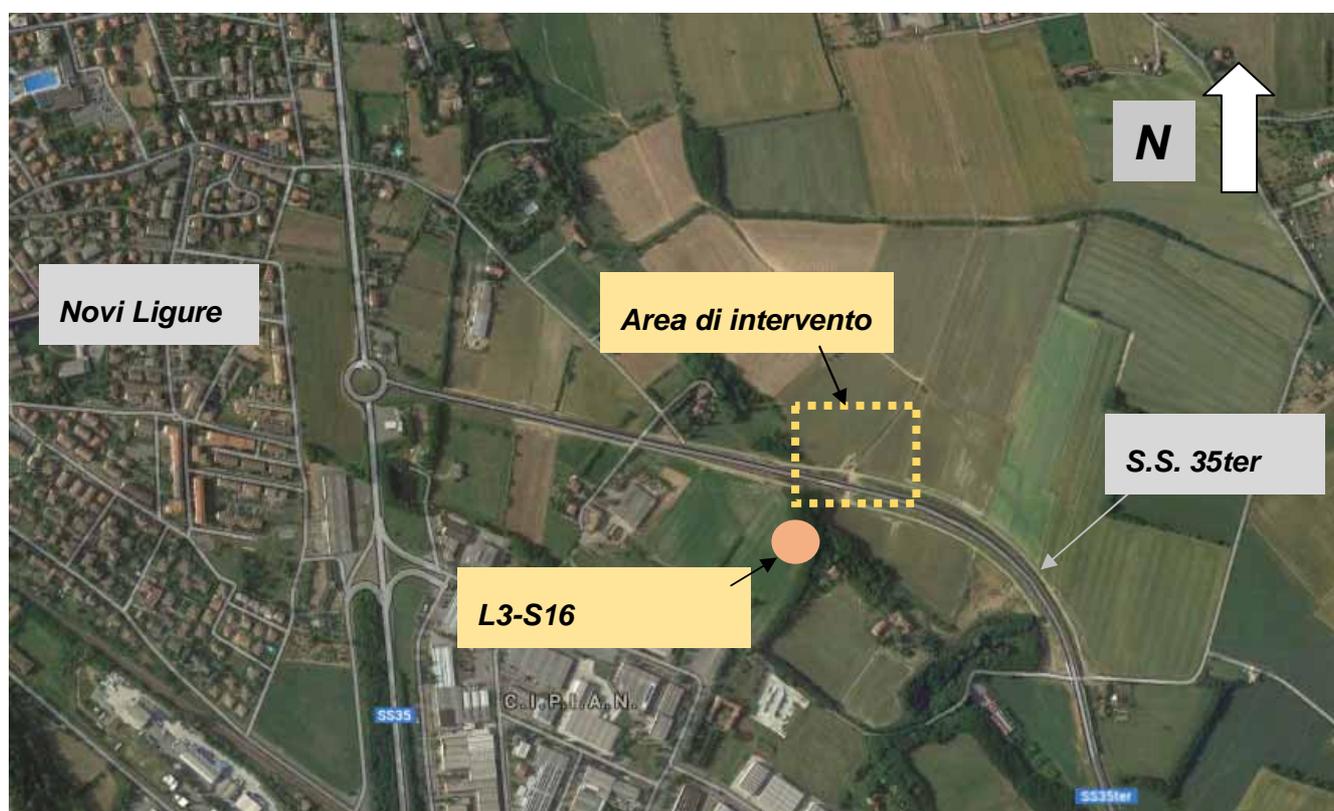
|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruzioni Intermodali Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   | Foglio<br>16 di 41   |

## 6 INDAGINI SVOLTE

Per la definizione delle litologie presenti nell'area oggetto di intervento, si è fatto riferimento al sondaggio L3-S16, facente parte della campagna di investigazioni 2013-2014.

L'ubicazione del sondaggio è adiacente all'area di intervento; in Allegato 1 sono riportate la stratigrafia e le foto del sondaggio.

Il sondaggio L3-S16, di cui si riporta l'inquadramento planimetrico, è stato spinto alla profondità di 40 m dal p.c .



Ubicazione sondaggio di riferimento

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Costruzioni Italiane Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                            |
|   | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p>  | <p>Foglio<br/>17 di 41</p> |

Nel corso delle perforazioni, oltre al recupero integrale del terreno attraversato, sono state eseguite in avanzamento prove penetrometriche dinamiche SPT.

In Allegato 1 sono riportate la stratigrafia e le foto del sondaggio.

## 7 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base delle indagini svolte l'assetto stratigrafico dell'area risulta:

- da p.c. fino a -5.0 m da p.c.: DEPOSITI ALLUVIONALI

depositi alluvionali costituito da ghiaia e sabbia in matrice limosa argillosa di colore nocciola

- da -5.0 m da p.c.: ARGILLE DI LUGAGNANO

argilla marnosa e marne argillose di colore grigio molto consistente.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri geotecnici caratteristici da utilizzarsi per i calcoli.

| Strato | Denominazione        | Parametri caratteristici         |            |                |            |
|--------|----------------------|----------------------------------|------------|----------------|------------|
|        |                      | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | c<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | E<br>(MPa) |
| 1      | Depositi Alluvionali | 19.0                             | 5          | 33             | 40         |
| 2      | Argille di Lugagnano | 21.0                             | 200        | 26             | 60         |

Parametri geotecnici caratteristici, terreni in sito

Il materiale da rilevato è stato caratterizzato nel seguente modo:

| Denominazione     | Parametri caratteristici         |            |                   |            |
|-------------------|----------------------------------|------------|-------------------|------------|
|                   | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | c<br>(MPa) | $\varphi'$<br>(°) | E<br>(MPa) |
| Rilevato stradale | 18.0                             | 0.0        | 38                | 50         |

Parametri geotecnici caratteristici, rilevato

Legenda:

$\gamma$  = peso di volume

c = coesione efficace

$\varphi'$  = angolo d'attrito

E = modulo di deformazione

La falda è stata misurata a circa 4.0m da p.c.

|  |  |
|--|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>                                      |
|  | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>20 di 41</p> |

## 8 ANALISI DI STABILITA'

Nel presente capitolo vengono riportate le verifiche di stabilità relative al versante su cui gravano le strutture del campo base.

Secondo quanto riportato dal D.M. 14 gennaio 2008 deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

- $E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
- $R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

Le verifiche sono state effettuate secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (**A2+M2+R2**),

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti.

| CARICHI                                   | EFFETTO     | Coefficiente parziale $\gamma_F$ o ( $\gamma_E$ ) | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|---|-------------|---|-----|----------|----------|
| Permanenti                                | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                     | 0,9 | 1,0      | 1,0      |
|   | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3      | 1,0      |
| Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                     | 0,0 | 0,0      | 0,0      |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5      | 1,3      |
| Variabili                                 | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                     | 0,0 | 0,0      | 0,0      |
|   | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5      | 1,3      |

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

dove

- $\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua
- $\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali
- $\gamma_{Qi}$  = coefficiente parziale delle azioni variabili

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruttori Italiani Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|   | IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   |
|   | Foglio<br>22 di 41   |

| Coefficiente | R2  |
|--------------|-----|
| $\gamma_R$   | 1,1 |

*Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.*

Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo RESSA.

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale ai problemi bidimensionali di stabilità dei pendii, analizzando superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

L'approccio utilizzato è del tipo all'equilibrio limite e rappresenta una variante del metodo Bishop. Il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla stabilità del versante viene condotto ripartendo in conci verticali il corpo di scorrimento potenziale ed assumendo orizzontali le forze di interfaccia tra i conci verticali.

RESSA è programmato per tener conto dei terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle idrostatiche e di sollecitazioni sismiche con il metodo pseudostatico.

Quest'ultimo rappresenta gli effetti del sisma con una forza di inerzia orizzontale pari al prodotto del peso del terreno individuato dalla superficie di scorrimento considerata per il coefficiente di intensità sismica.

Il programma esamina superfici di scorrimento di forma qualsiasi, con numerose opzioni per l'individuazione di quella critica.

Invero un algoritmo di generazione può ricercare in modo automatico un numero richiesto di superfici con caratteristiche predeterminate o, in alternativa, consente l'esame di una prefissata superficie singola.

Nel caso attuale lo studio è stato svolto utilizzando superfici circolari.

Il programma prevede che si assegnino gli intervalli di inizio e di termine dei cerchi ed esplora la fascia da essi individuata, generando un numero prefissato di superfici di tentativo.

### Parametri geotecnici di riferimento

Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici utilizzati per le verifiche.

| Denominazione         | Parametri geotecnici caratteristici |              |                   | Parametri geotecnici fattorizzati (M2) |              |                   |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------|--|--------------|-------------------|
|                       | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> )    | $c$<br>(kPa) | $\varphi'$<br>(°) | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> )       | $c$<br>(kPa) | $\varphi'$<br>(°) |
| Depositi Alluvionali  | 19                                  | 5            | 33                | 19                                     | 4            | 28                |
| Argille di Lugagnano  | 21                                  | 200          | 26                | 21                                     | 160          | 21                |
| Materiale da Rilevato | 19                                  | 0            | 40                | 19                                     | 0            | 34                |

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c$  = coesione

$\varphi'$  = angolo d'attrito

Le verifiche sono state effettuate in condizioni sismiche considerando un coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  pari a 0.01 ed un coefficiente sismico verticale  $k_v$  pari a 0.005 nel rispetto del D.M. 14 gennaio 2008 in condizioni di falda assente.

Tali coefficienti sono stati calcolati utilizzando le seguenti relazioni:

$$k_h = \beta_s \times \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5k_h$$

dove

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

dove

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.50

$S_t$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.00

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella tabella seguente:

|                          | Categoria di sottosuolo |           |
|--------------------------|-------------------------|-----------|
|                          | A                       | B,C,D,E   |
|                          | $\beta_s$               | $\beta_s$ |
| $0.2 < a_g (g) \leq 0.4$ | 0.30                    | 0.28      |
| $0.1 < a_g (g) \leq 0.2$ | 0.27                    | 0.24      |
| $a_g (g) \leq 0.1$       | 0.20                    | 0.20      |

Si considera come Stato Limite di riferimento lo SLD, corrispondente ad un periodo di ritorno di 35 anni.

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruttori Italiani Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|   | IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   |

In questo caso risulta:

$$a_g = 0.027g$$

L'accelerazione massima  $a_{max}$  risulta quindi uguale a:

$$a_{max} = 1.5 \times 1.0 \times 0.027g = 0.04g$$

da cui si può ricavare il coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$ :

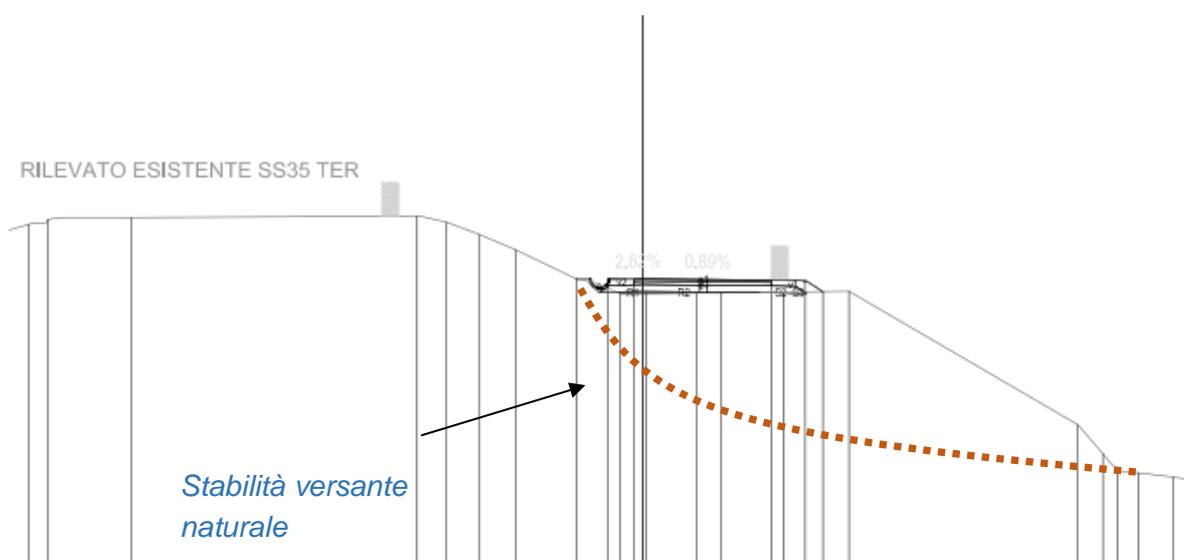
$$k_h = 0.01$$

$$k_v = 0.005$$

Sono state condotte le verifiche di stabilità considerando, per ciascuno dei due rami stradali (ingresso ed uscita), la sezione più rappresentativa dell'intervento.

### **Ramo di ingresso : Sezione I9**

Lo studio condotto in questa sezione ha permesso di accertare il livello di stabilità del versante naturale, in seguito all'interazione con il traffico veicolare derivante dalla nuova realizzazione.

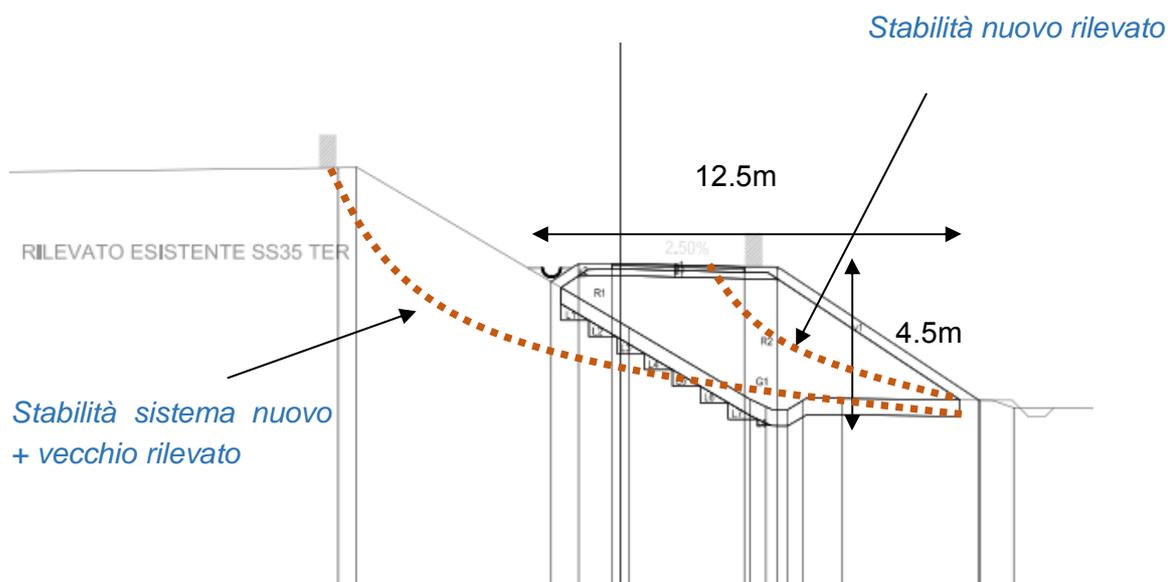


Sezione di calcolo I9

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruzioni Infrastrutture Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
| IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica  |  | Foglio<br>26 di 41 |

### Ramo di uscita : Sezione U6

Lo studio condotto su questa sezione ha permesso di accertare il livello di stabilità nei confronti del nuovo rilevato e di quello esistente.



Sezione di calcolo U6

Nel calcolo è stato considerato un sovraccarico stradale, avente valore caratteristico di 2 t/mq; in accordo con le NTC08 Approccio 1 Combinazione 2 (**A2+M2+R2**), il valore di progetto risulta pari a 2.6t/mq.

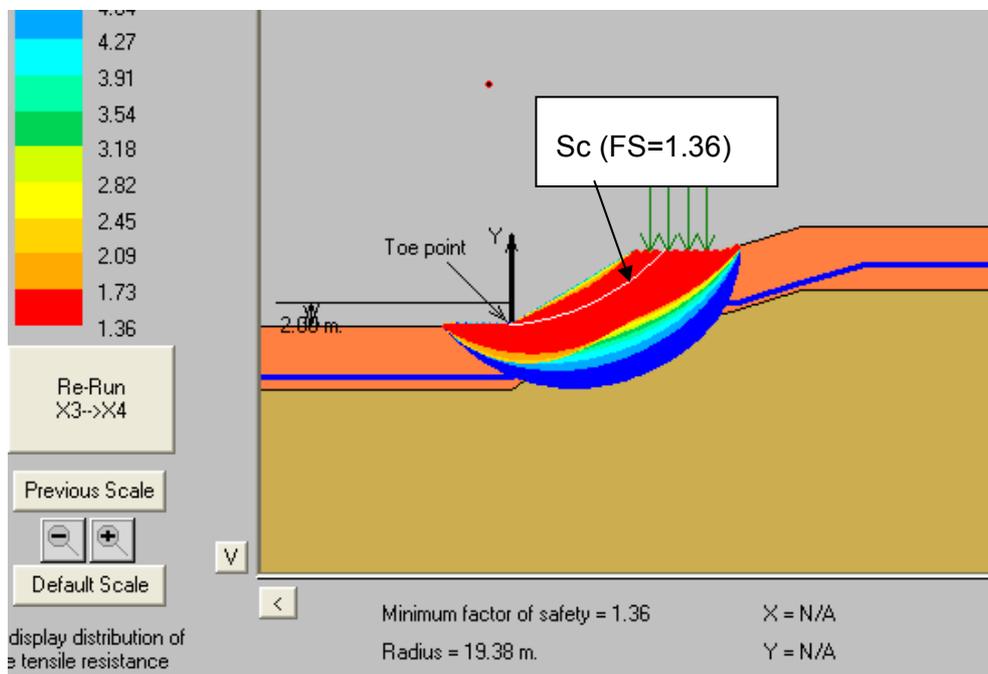
Le analisi sismiche sono state condotte considerando i parametri caratteristici dei terreni in sito.

Si riportano di seguito i risultati delle analisi condotte.

## Ramo di ingresso : Sezione I9

### Analisi Statica

Si riporta in forma grafica il risultato dell'analisi numerica, con evidenza dei cinematismi ai quali sono associati specifici valori dei coefficienti di sicurezza.



Superficie di scivolamento più critica (Sc) e mappa FS

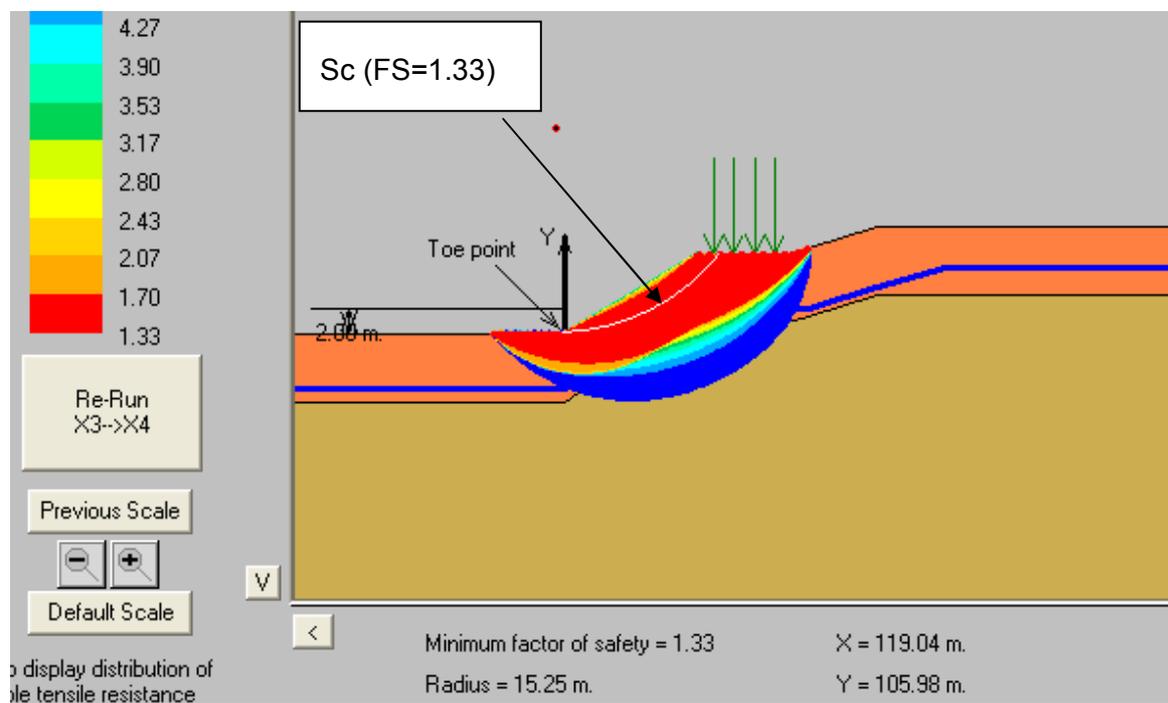
Risulta

$Rd = 1.36/1.1 = 1.23 \geq 1 \Rightarrow Ed \leq Rd$ , la condizione è verificata.

## Analisi Sismica

Si riporta in forma grafica il risultato dell'analisi numerica, con evidenza dei cinematismi ai quali sono associati specifici valori dei coefficienti di sicurezza.

Le analisi sismiche sono state condotte considerando i parametri caratteristici dei terreni in sito.



Superficie di scivolamento più critica (Sc) e mappa FS

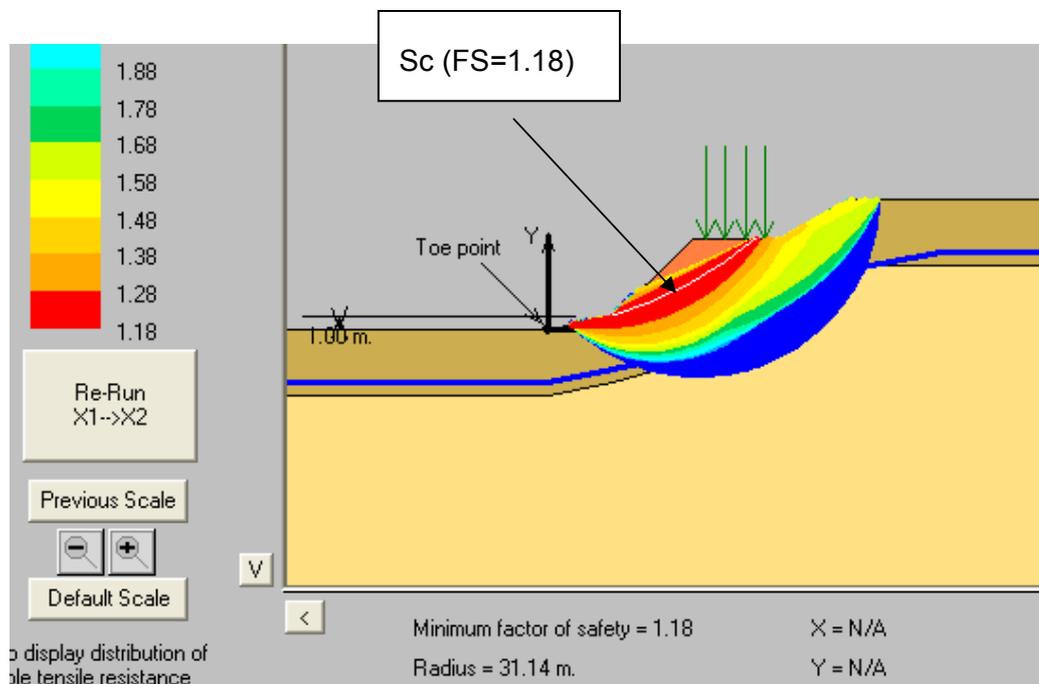
Risulta

$R_d = 1.33/1.1 = 1.21 \geq 1 \Rightarrow E_d \leq R_d$ , la condizione è verificata.

**Ramo di uscita : Sezione U6**

**Analisi Statica**

Si riporta in forma grafica il risultato dell'analisi numerica, con evidenza dei cinematismi ai quali sono associati specifici valori dei coefficienti di sicurezza.



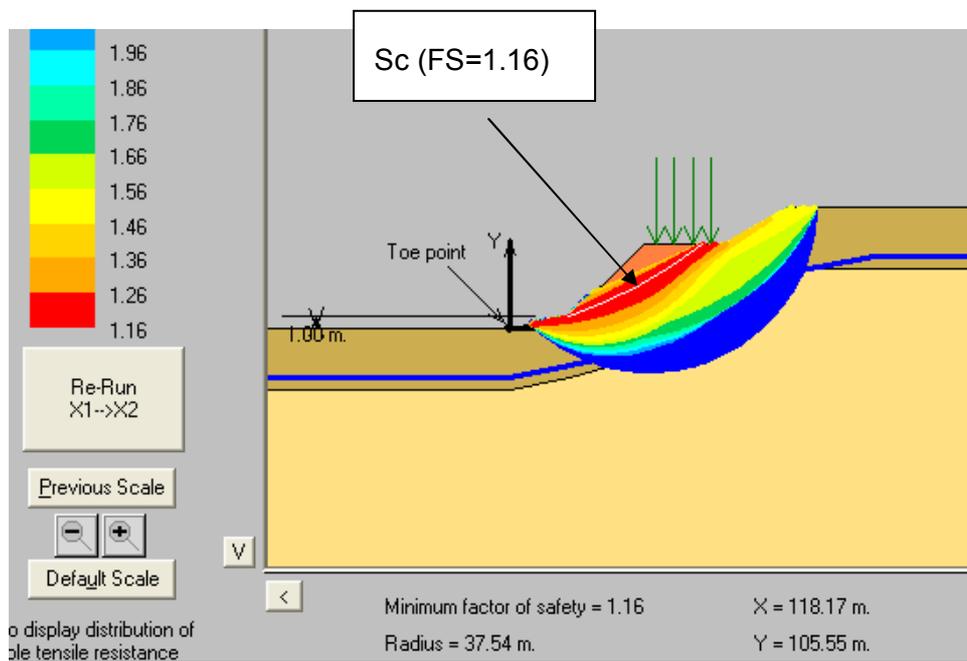
Superficie di scivolamento più critica (Sc) e mappa FS

Risulta:

$$R_d = 1.18/1.1 = 1.07 \geq 1 \Rightarrow E_d \leq R_d, \text{ la condizione è verificata.}$$

## Analisi Sismica

Si riporta in forma grafica il risultato dell'analisi numerica, con evidenza dei cinematismi ai quali sono associati specifici valori dei coefficienti di sicurezza.



Superficie di scivolamento più critica (Sc) e mappa FS

Risultato:

$Rd = 1.16/1.1 = 1.06 \geq 1 \Rightarrow Ed \leq Rd$ , la condizione è verificata.

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>           |
|  | <p>IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br/>Relazione geologica-geotecnica</p> <p>Foglio<br/>31 di 41</p> |

## 9 VALUTAZIONE CEDIMENTI

E' stato condotto uno studio sulla valutazione del regime deformativo del versante indotto dalla realizzazione dei nuovi rilevati e dal traffico veicolare; in particolar modo sono stati accertati i valori dei cedimenti conseguenti all'interazione fra il rilevato esistente ed il nuovo rilevato.

La valutazione è stata condotta considerando la sezione piana più rappresentativa della problematica in esame, attraverso una modellazione numerica FEM.

Come sezione rappresentativa dell'intervento è stata considerata la sezione U6.

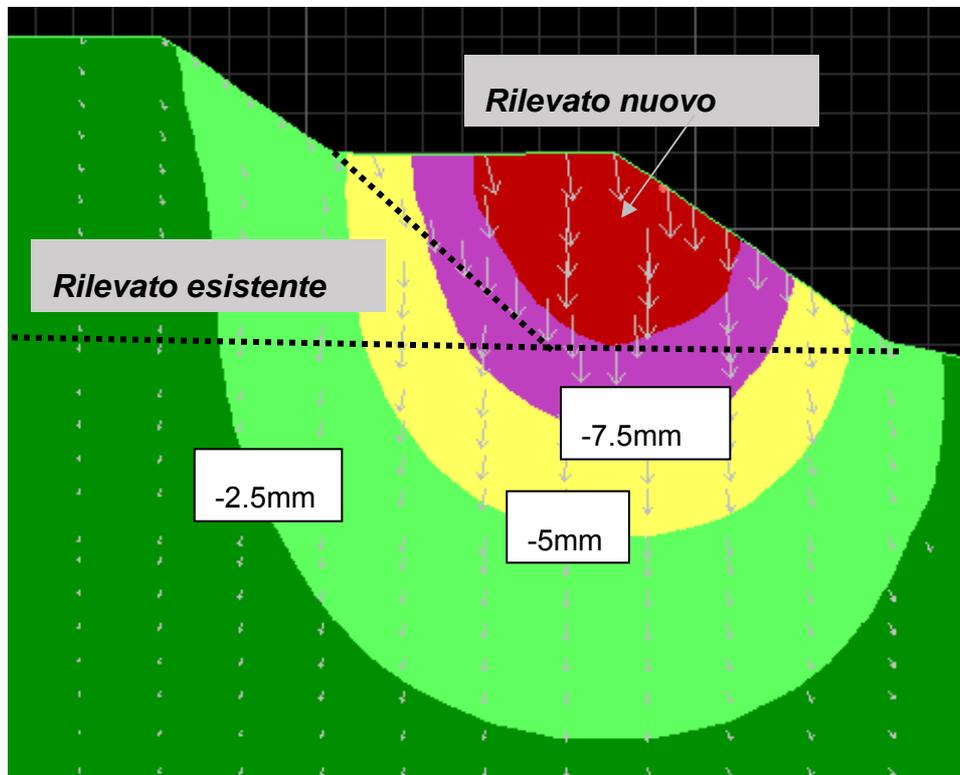
La valutazione numerica è stata condotta considerando i seguenti step di calcolo.

1. Costruzione del nuovo rilevato stradale
2. Traffico veicolare sul nuovo rilevato stradale.

In entrambe le fasi di calcolo è stato evidenziato un regime deformativo del rilevato esistente compatibile con la funzionalità dell'opera; i cedimenti massimi indotti dalla realizzazione del nuovo rilevato adiacente si attestano sui 3-5mm.

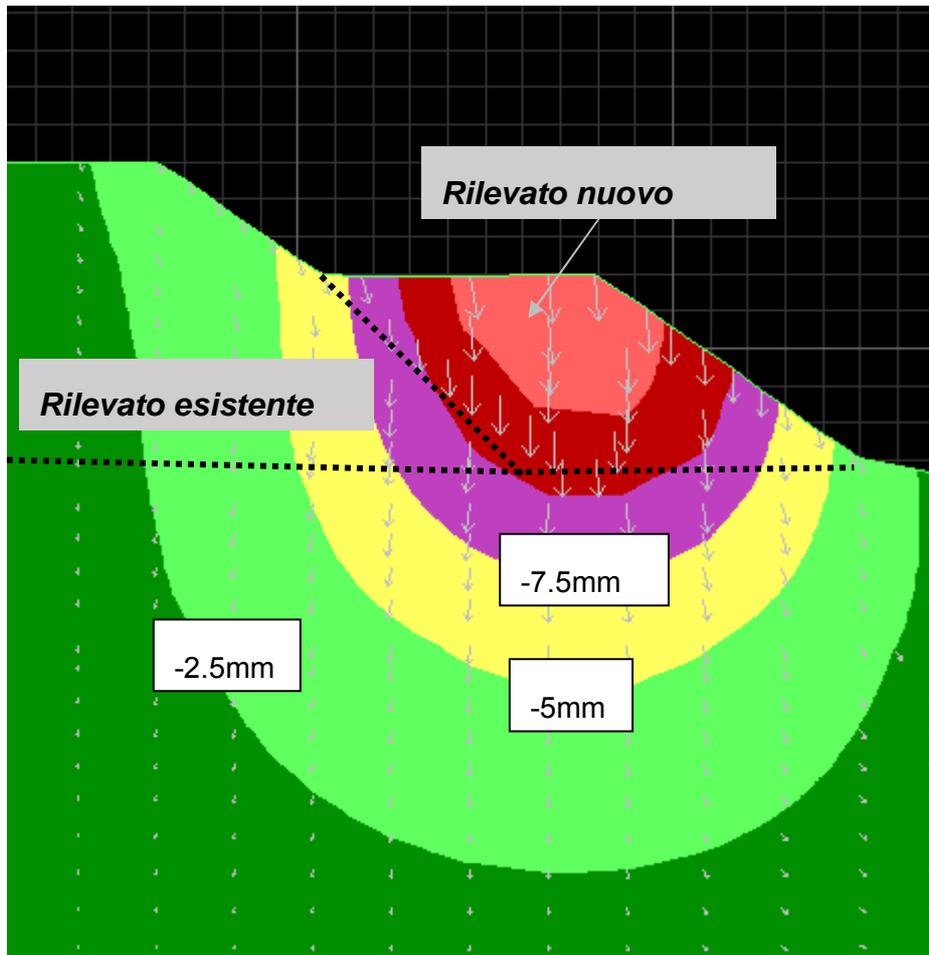
Nelle seguenti figure sono riportati gli spostamenti verticali dedotti per ogni fase di calcolo.

1. Costruzione del nuovo rilevato stradale



Cedimenti indotti dalla costruzione del nuovo rilevato

2. Traffico veicolare sul nuovo rilevato stradale.



Cedimenti indotti dalla costruzione del nuovo rilevato+traffico veicolare

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Costruzioni Impianti Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|   | IG51-00-X-CV-RO-CA00-00-015-A00.DOC-GEOTECNICA<br>Relazione geologica-geotecnica   | Foglio<br>34 di 41 |

## ALLEGATO 1

### Stratigrafia e foto sondaggio

