

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE**

**PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE  
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)**

**CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO**

**GENIE CIVIL – OPERE CIVILI**

**TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE**

**GALERIE DE LA MADDALENA – GALLERIA DELLA MADDALENA**

**PORTAIL ET PLATEFORME - GENERALITES – IMBOCCO E PIAZZALE – ELABORATI GENERALI**

**NOTE GEOTECHNIQUE ET SISMIQUE – RELAZIONE GEOTECNICA-SISMICA**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	C. SALOT (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	08/02/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	C. SALOT (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	07/11/2016	Première émission PRV – intégration de la galerie Maddalena 2 / Prima emissione PRV – integrazione della galleria Maddalena 2	C. SALOT (BG) M. JANUTOLO (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
C	15/02/2017	Révision suite aux commentaires TELT et passage au statut AP/ Revisione a seguito commenti TELT e passaggio allo stato AP	C. SALOT (BG) M. JANUTOLO (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI



CODE DOC	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>C</b>
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3A</b>	//	//	<b>26</b>	<b>48</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>02</b>
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<b>ECHELLE / SCALA</b>
-

## SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE .....	5
1.1 Generalità.....	5
1.2 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato.....	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1 Quadro normativo di riferimento.....	5
2.2 Documenti di progetto .....	6
3. INQUADRAMENTO DEL CONTESTO GEOTECNICO .....	6
3.1 Contesto geotecnico.....	6
3.2 Caratteristiche geotecniche nella zona interessata dalle opere definitive.....	8
4. LIVELLO DELLA FALDA.....	11
5. CONDIZIONI SISMICHE.....	11
5.1 Opere definitive .....	11
5.2 Opere provvisorie .....	14
6. CADUTA MASSI.....	17

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Stralcio di carta geologica dell'area di cantiere del cunicolo La Maddalena con ubicazione delle indagini integrative 2012 (estratto da MAD_EXE_VEN_0011).....	7
Figura 2: Moduli di deformazione stimati sulla base dei risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 e S2 per l'unità "GI" .....	9
Figura 3: Valori dei parametri $c'$ e $\phi'$ derivati dalle prove di taglio diretto CD eseguite su campioni prelevati dai sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5.....	10
Figura 4: Spettro di risposta elastico per opere definitive.....	13
Figura 5: Spettro di risposta elastico per opere provvisorie.....	16

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<b>Tabella 1: Risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 ed S2 per l'unità "GI" .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabella 2: Risultati delle prove di taglio diretto CD sui campioni prelevati dal sondaggio S3 per l'unità "AL" .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabella 3: Parametri geotecnici per l'unità "GI" .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabella 4: Parametri geotecnici per l'unità "AL" .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabella 5: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabella 6: Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere definitive.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabella 7: Espressioni di <math>S_s</math> e <math>C_c</math>.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabella 8: Valori di progetto dei parametri <math>S_s</math>, <math>C_c</math> e <math>S_t</math>.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabella 9: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento.....</b>	<b>15</b>

<b>Tabella 10: Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere provvisorie.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabella 11: Espressioni di Ss e Cc.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabella 12: Valori di progetto dei parametri Ss, Cc e St.....</b>	<b>17</b>

## RESUME / RIASSUNTO

Le présent rapport décrit les éléments géotechniques et sismiques de la zone concernée par le portail des galeries Maddalena 1 et 2 et les ouvrages associés. Ils sont situés sous le viaduc autoroutier Clarea de l'A32 "Turin-Bardonecchia".

Les ouvrages se situent principalement au droit de dépôts glaciaires non différenciés de composition sablo-limoneuse et limono-sableuse avec graviers. Localement, ces ouvrages concernent également les dépôts de cônes alluvionnaires et mixtes essentiellement constitués de sable graveleux et de gravier sableux avec limon.

Les paramètres sismiques du site ont été déterminés en accord avec les NTC 2008 dont le DM 14.1.2008.

La presente relazione descrive gli aspetti geotecnici e sismici delle aree interessate dall'imbocco delle gallerie Maddalena 1 e 2 e dalle opere associate. Sono ubicati al di sotto del viadotto Clarea dell'Autostrada A32 "Torino-Bardonecchia".

Le opere interesseranno principalmente i depositi glaciali indifferenziati a composizione sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa con ghiaia. Interessano localmente i depositi di conoide alluvionale/misto essenzialmente costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con limo.

I parametri sismici dell'area sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008.

## 1. Introduzione

### 1.1 Generalità

L'imbocco delle gallerie Maddalena 1 e 2 si situa in prossimità ed al di sotto del viadotto Clarea dell'Autostrada A32 "Torino-Bardonecchia", ai piedi del versante orografico destro del Torrente Clarea, poco a monte della sua confluenza nella Dora Riparia.

Le opere realizzate all'imbocco delle gallerie nel presente progetto sono:

- Centrali di ventilazione (definitive);
- Rilevato paramassi (definitivo);
- Berlinesi (provvisorie);
- Parete chiodata in cls proiettato (provvisoria);
- Rinforzo della berlinese esistente (provvisorio);
- Cumuli di stoccaggio (provvisori).

Le opere previste da SITAF si trovano nella stessa area in oggetto ma non sono dimensionate dal raggruppamento TSE3.

Per maggiori dettagli, si vedano gli elaborati specifici dei capitoli 26-48-30, 26-48-35, 26-48-50 e 26-48-51.

L'obiettivo di questa nota è di presentare il contesto geotecnico generale preso in considerazione nel progetto.

### 1.2 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato

L'inserimento della galleria Maddalena 2 nell'area di imbocco porta ad avere, ai fini della realizzazione della centrale di ventilazione specifica a questa galleria, un piazzale di cantiere su due livelli. Tra il livello superiore (per Maddalena 1) ed il livello inferiore (per Maddalena 2) si realizza una berlinese. Sul lato della berlinese esistente verso Nord, si realizzerà una parete chiodata in cls proiettato di consolidamento. Inoltre la berlinese esistente sarà prolungata nella sua estremità Nord verso il Torrente Clarea. Per maggiori dettagli si veda la relazione illustrativa sulle opere di sostegno PRV\_C3A\_7580\_26-48-35.

Per quanto riguarda la centrale di ventilazione, si veda la relazione PRV\_C3A\_7640\_26-40-50.

Dal punto di vista geotecnico-sismico, non vi sono particolari evoluzioni rispetto al Progetto Definitivo Approvato con delibera CIPE 19/2015 (nel seguito PD2) in quanto la campagna di indagini integrativa condotta nell'ambito del Progetto Esecutivo era già stata realizzata e considerata nei documenti di PD2 e non vi sono evoluzioni significative nel quadro normativo vigente. I contenuti sono dunque rimasti invariati.

## 2. Documenti di riferimento

### 2.1 Quadro normativo di riferimento

Il quadro normativo di riferimento è trattato nell'allegato 4.1 del Dossier Preliminare della Sicurezza (documento PRF\_C1\_0003\_00-00-00\_10-03).

## 2.2 Documenti di progetto

Il documento di riferimento risulta della campagna geotecnica integrativa condotta nell'ambito del progetto esecutivo del cunicolo esplorativo di La Maddalena (MAD\_EXE\_VEN\_0011 Relazione illustrativa di interpretazione delle indagini\_A).

## 3. Inquadramento del contesto geotecnico

### 3.1 Contesto geotecnico

Si sviluppa al centro di un'ampia depressione morfologica modellata a conca entro depositi quaternari prevalentemente di origine fluviale, glaciale e fluvioglaciale.

Il substrato roccioso metamorfico pre-quaternario non risulta praticamente affiorante in quest'area; affioramenti relativamente limitati sono, invero, individuabili lungo il margine orientale della conca, da dove si estendono, con relativa continuità, fino al fondo della Dora.

Il fondo del pianoro occupato dall'area di cantiere e della centrale di ventilazione in fase definitiva risulta mantellato, nella parte più prossima al viadotto autostradale, da una coltre di depositi misti detritico-colluviali, in parte comprendenti anche materiali di origine antropica verosimilmente messi a dimora durante la costruzione delle vicine opere autostradali.

Si fa specifico riferimento al complesso delle conoscenze geologiche e geotecniche derivanti dal progetto definitivo del cunicolo esplorativo condotto da Italferr (approvato con delibera CIPE 86/2010), nonché ai risultati delle indagini geotecniche integrative eseguite nell'ambito del progetto esecutivo del cunicolo esplorativo de La Maddalena (MAD\_EXE\_VEN\_0011).

La carta geologica è riportata nella seguente figura.



Note géotechnique et sismique Maddalena / Relazione geotecnica-sismica Maddalena

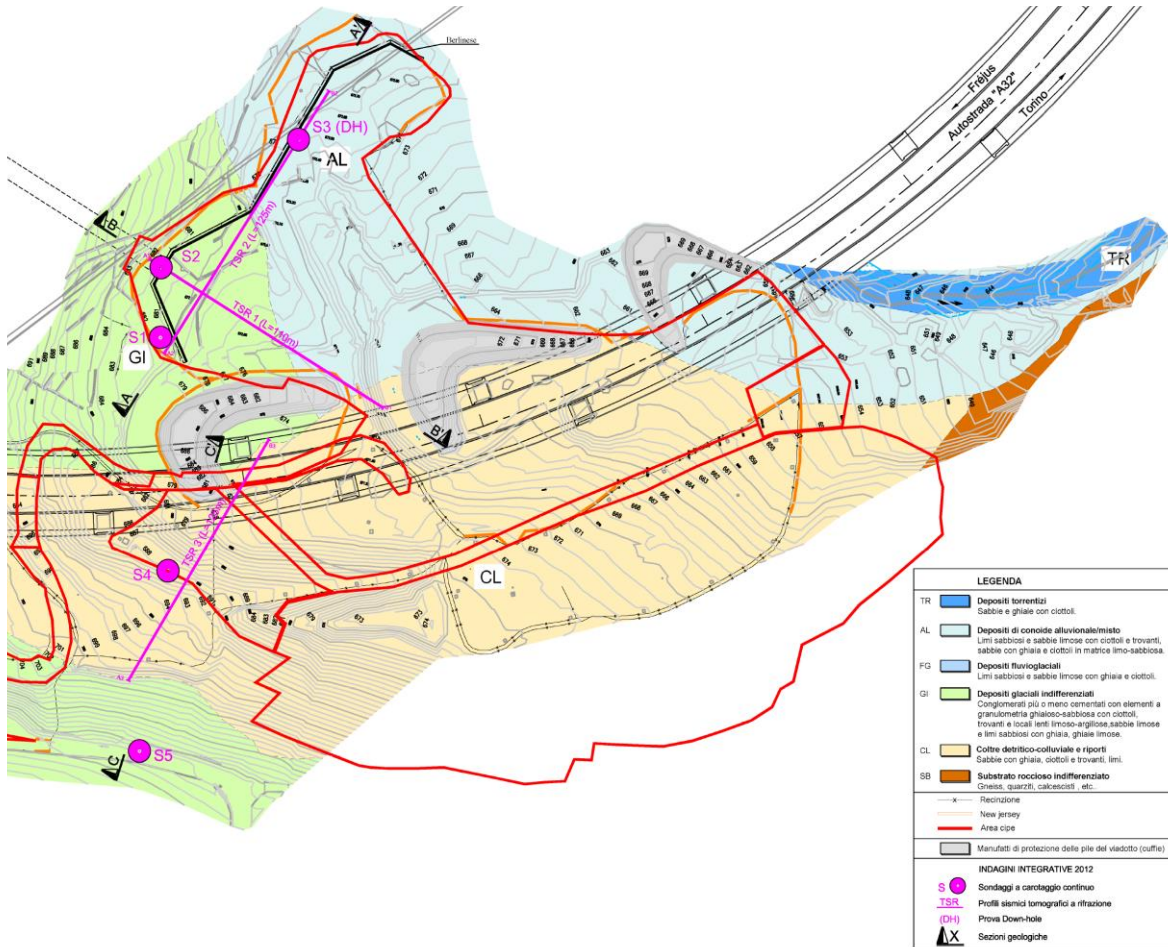


Figura 1: Stralcio di carta geologica dell'area di cantiere del cunicolo La Maddalena con ubicazione delle indagini integrative 2012 (estratto da MAD\_EXE\_VEN\_0011)

Risultano individuate le seguenti unità principali:

- **DEPOSITI ALLUVIONALI DI CONOIDE ALLUVIONALE/MISTO ("AL"):** Sono costituiti da depositi misti di limi sabbiosi e sabbie limose con ghiaia, ghiaie con ciottoli, sabbie ghiaiose e livelli di ciottoli in matrice limoso-sabbiosa. All'interno si rinvencono locali blocchi e trovanti lapidei derivanti dall'erosione del substrato roccioso. Tale unità occupa la porzione settentrionale della zona di progetto più prossima all'attuale corso del T. Clarea;
- **COLTRI DETRITICO-COLLUVIALI ("CL"):** Comprendono depositi detritici sciolti costituiti in prevalenza da sabbia medio fine limosa con ghiaia eterometrica da subarrotondata ad angolare e limi sabbiosi. Nell'ambito dell'area studiata includono, in parte, anche depositi rimaneggiati di probabile deposizione antropica;
- **DEPOSITI GLACIALI INDIFFERENZIATI ("GI"):** Comprendono un'ampia gamma di depositi, tra cui depositi con scarsi ciottoli e ghiaia in abbondante matrice limoso-sabbiosa fortemente addensata, sabbie limose con ghiaia, ghiaie limose e ghiaie argillose, oltre a conglomerati più o meno cementati a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa con ciottoli, blocchi e locali lenti limoso-argillose. Generalmente tale unità giace in appoggio diretto sul bed-rock ed occupa la zona occidentale dell'area della Maddalena. I depositi "glaciali indifferenziati" attraversati con i sondaggi hanno evidenziato, nel complesso,

caratteristiche di terreni prevalentemente incoerenti, comprendenti sabbie limose con ghiaia, limi ghiaiosi e ghiaie limose con ciottoli e trovanti sparsi.

### 3.2 Caratteristiche geotecniche nella zona interessata dalle opere definitive

Le opere previste interesseranno i depositi glaciali indifferenziati "GI" scarsamente addensati a prevalente composizione sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa con ghiaia ed i depositi di conoide alluvionale/misto (unità "AL"), essenzialmente costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con limo.

Per la caratterizzazione meccanica di detti terreni, in termini di resistenza al taglio e deformabilità, risultano disponibili, dalla campagna di indagini integrative, soprattutto i risultati di alcune prove pressiometriche in foro (tipo Menard) e di una serie di prove di taglio diretto eseguite su campioni di laboratorio prelevati dai sondaggi verticali S1, S2 ed S3.

I risultati di dette prove sono riepilogati nelle tabelle seguenti:

Sond.	Prof. prova (m)	Litologia alla profondità della prova	Unità GEO	Em (kPa)	Gm (kPa)	Plim (kPa)
S1	11,0	limo sabbioso debolmente ghiaioso	GI	34.745,4	13.062,2	3.426,6
S2	13,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	36.885,6	13.866,8	3.243,4
S2	21,0	limo sabbioso debolmente ghiaioso	GI	56.700,6	21.316,0	4.821,5
S2	30,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	58.977,3	22.171,9	4.761,5
S2	35,5	ghiaia sabbioso-limosa	GI	120.907,6	45.453,9	5.999,4

**Tabella 1: Risultati delle prove pressiometriche Menard eseguite nei fori S1 ed S2 per l'unità "GI"**

Sondaggio	Prof. campione (m)	Unità GEO	Class. USCS	c' (kPa)	$\phi'$ (°)
S3	7,3	AL	ML	15,0	31,0
S3	14,4	AL	SM	0,0	30,1
S3	19,0	AL	SW-SM	0,0	28,4
S3	28,1	AL	SM	0,0	28,8

**Tabella 2: Risultati delle prove di taglio diretto CD sui campioni prelevati dal sondaggio S3 per l'unità "AL"**

Nei grafici riportati nelle figure seguenti sono plottati, con riferimento ai medesimi sondaggi, i valori dei moduli di deformazione desunti dall'elaborazione delle prove pressiometriche Menard ed i parametri di resistenza  $c'$  e  $\phi'$  derivati dalle prove di taglio diretto su campioni. Per i parametri  $c'$  e  $\phi'$  sono disponibili nella relazione MAD\_EXE\_VEN\_0011 i grafici per le unità "GI", "AL" e "CL", mentre le prove pressiometriche che permettono di stimare i moduli di deformabilità sono state eseguite solo per l'unità "GI".

A partire da tali grafici si è elaborata una curva di tendenza che permette di definire i parametri da utilizzare per il calcolo. Per l'unità "GI", la curva di tendenza ed i parametri di



calcolo sono quelli definiti nel Progetto Esecutivo della Maddalena per il dimensionamento della berlinese e della sezione tipo T5 in prossimità dell'imbocco della galleria geognostica (si vedano le relazioni MAD\_EXE\_VEN\_0269 e MAD\_EXE\_VEN\_0110), che hanno permesso, secondo le conoscenze a noi disponibili, un buon dimensionamento delle opere.

A partire dal modulo pressiométrico  $E_m$  è possibile stimare il modulo edometrico del terreno  $E_{ed}$  attraverso l'applicazione di un coefficiente di correlazione empirico "  $\alpha$  ", definito "coefficiente reologico", dipendente principalmente dalla natura del terreno e dal suo grado di sovraconsolidazione:

$$E_{ed} = \frac{E_m}{\alpha}$$

con  $0,25 < \alpha < 1$ .

Per terreni prevalentemente sabbioso-limosi e sabbioso-ghiaiosi, quali quelli in esame, Menard suggerisce di adottare, in funzione del rapporto  $E_m/P_1$ , valori di  $\alpha$  indicativamente nel campo  $0,25 \div 0,33$ .

Conoscendo il valore del modulo edometrico ( $E_{ed}$ ) e del rapporto di Poisson ( $\nu$ ) risulta stimabile anche il corrispondente modulo elastico di Young ( $E'$ ), mediante la nota relazione:

$$E' = E_{ed} \left( \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \right)$$

Per i terreni di origine glaciale allo studio, per i quali  $\nu$  può essere ragionevolmente compreso tra  $0,25 \div 0,30$ , il modulo elastico  $E'$  è quindi indicativamente valutabile assumendo, in media:

$$E' \approx 2,5E_m$$

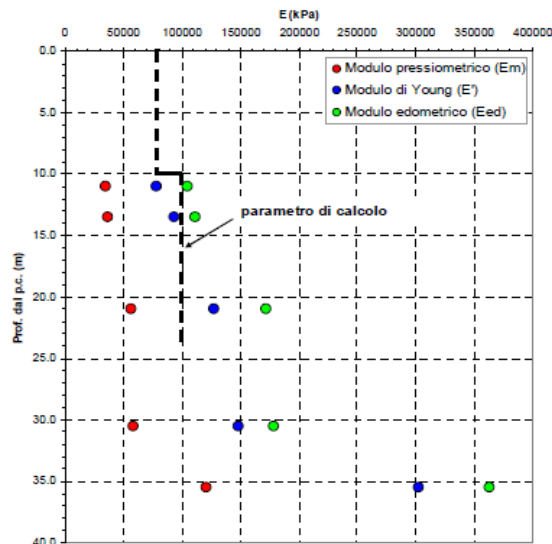


Figura 2: Moduli di deformazione stimati sulla base dei risultati delle prove pressiométriche Menard eseguite nei fori S1 e S2 per l'unità "GI"

Note géotechnique et sismique Maddalena / Relazione geotecnica-sismica Maddalena

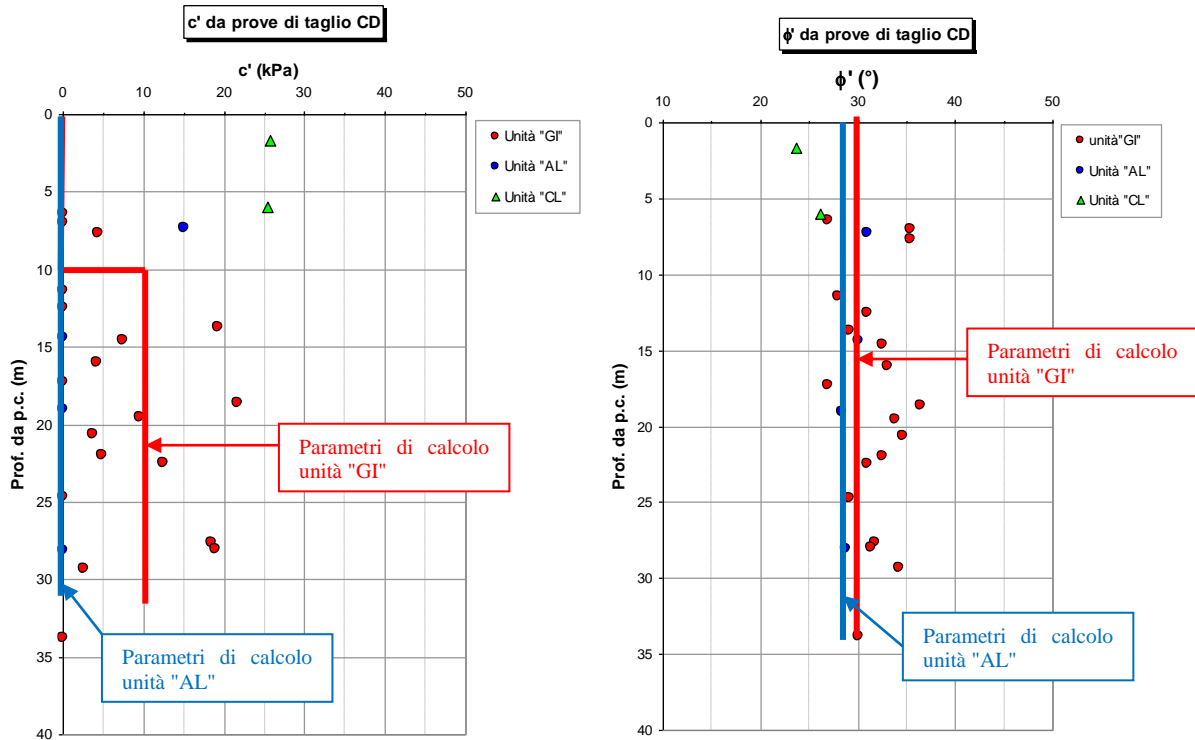


Figura 3: Valori dei parametri  $c'$  e  $\phi'$  derivati dalle prove di taglio diretto CD eseguite su campioni prelevati dai sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5

Nella seguente tabella sono riepilogati per i terreni presenti alle profondità direttamente interessate, i parametri geotecnici caratteristici adottati per l'unità "GI".

Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E'$ [kPa]
0-10	20	30	0	80.000
>10	20	30	10	100.000

Tabella 3: Parametri geotecnici per l'unità "GI"

Per l'unità "AL", si adottano i parametri geotecnici caratteristici seguenti:

Profondità (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)
0-10	20	29	0
>10	20	29	0

Tabella 4: Parametri geotecnici per l'unità "AL"

Si ricorda che il valore del modulo elastico non è disponibile sulla base delle prove disponibili.

#### 4. Livello della falda

Dalle informazioni disponibili nel progetto esecutivo del cunicolo, risulta la presenza della falda idrica a profondità di circa 25 m dal piano campagna nella zona del futuro deposito provvisorio dello smarino, mentre in corrispondenza della paratia di imbocco e della strada di accesso, i piezometri recentemente realizzati non segnalano la presenza di una falda permanente almeno entro i primi 30 m di profondità durante la stagione di usuale ricarica delle falde della zona.

#### 5. Condizioni sismiche

Il carico indotto dall'azione sismica è stato applicato secondo le indicazioni contenute nel DM2008. In particolare, la normativa consente di valutare l'azione sismica in funzione della posizione geografica dell'opera. Partendo dall'ubicazione dell'opera è possibile definire, per il sito di interesse, le accelerazioni orizzontali di progetto. Nota l'accelerazione sismica  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, bisogna fissare la vita nominale  $V_N$  dell'opera in esame.

##### 5.1 Opere definitive

I parametri sismici da utilizzare sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008.

- $V_n = 100$  anni                                      vita nominale della struttura (grandi opere)
- $C_u = 2.0$     classe d'uso della struttura IV
- $V_R = V_n * C_u = 200$  anni                      vita di riferimento dell'opera

I comuni di Chiomonte e Giaglione sono situati in zona sismica 3.

Nella tabella seguente è definita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  in ciascuno degli stati limite.

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 5: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento**

Le analisi sismiche condotte negli studi (si rimanda alle relazioni geotecniche-sismiche di dettaglio per ogni opera) fanno riferimento allo SLO (Stato Limite di Operatività), SLD (Stato Limite di Danno), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e allo SLC (Stato Limite di

Note géotechnique et sismique Maddalena / Relazione geotecnica-sismica Maddalena

prevenzione del Collasso) per i quali i periodi di ritorno  $T_R$  sono ottenuti con la relazione seguente:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Ne risultano i valori seguenti di  $T_R$ :

- Allo SLO  $T_R = 120$  anni
- Allo SLD  $T_R = 201$  anni
- Allo SLV  $T_R = 1898$  anni
- Allo SLC  $T_R = 3899$  anni

Mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici.

I valori dell'accelerazione massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido  $a_g$  e il valore massimo del fattore di amplificazione  $F_o$  ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante  $T_c^*$  dello spettro in accelerazione orizzontale sono determinati nella tabella seguente sulla base della localizzazione geografica delle opere per le opere definitive. Si fornisce inoltre lo spettro di risposta elastico per i diversi stati limite.

Coordinate LTF2004C: Nord 43975.405 ; Est 163566.563

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.078	2.432	0.246
SLD	201	0.097	2.440	0.254
SLV	1898	0.202	2.530	0.282
SLC	2475	0.218	2.545	0.285

**Tabella 6: Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere definitive**

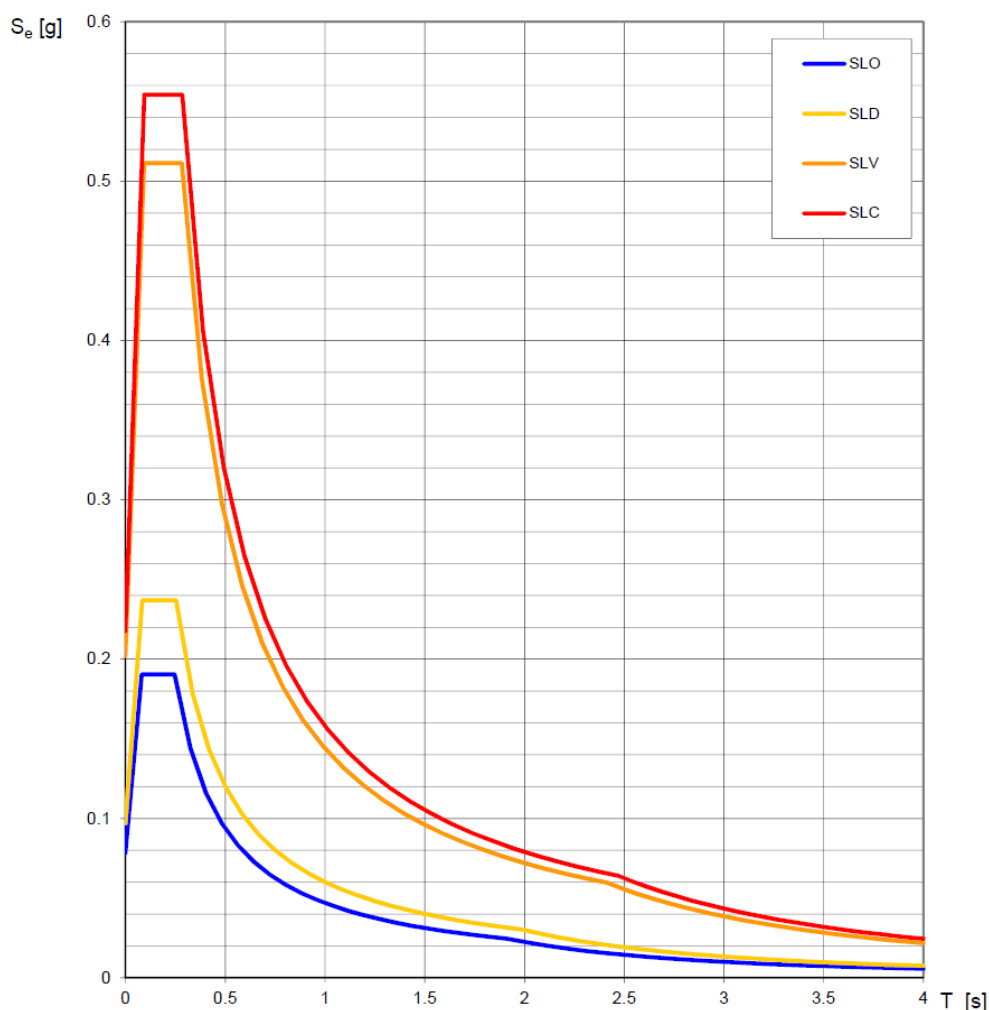


Figura 4: Spettro di risposta elastico per opere definitive

Il sottosuolo è di categoria C ai sensi delle NTC 2008. Infatti si hanno valori di  $N_{SPT,30}$  compresi in generale da 15 a 50 e valori di  $V_{s,30}$ , nelle zone più prossime alla superficie, compresi tra 200 e 600 m/s.

Ai sensi delle NTC, non occorre eseguire la verifica a liquefazione in quanto la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna (si fa notare che la profondità di infissione della berlinese è pari a 9.7 m, la centrale di ventilazione presenta fondazioni superficiali ed il piano campagna non è molto inclinato).

La tabella seguente permette la determinazione dei valori del coefficiente stratigrafico  $S_s$  e del coefficiente  $C_c$  per ogni classe di suolo.

Note géotechnique et sismique Maddalena / Relazione geotecnica-sismica Maddalena

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7: Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$

Le condizioni topografiche che permettono il calcolo del coefficiente topografico  $S_t$  sono di categoria T2 con inclinazione media superiore a  $15^\circ$ .

Stato limite	$S_s$	$C_c$	ST
SLO	1.50	1.67	1.2
SLD	1.50	1.65	1.2
SLV	1.39	1.59	1.2
SLC	1.37	1.59	1.2

Tabella 8: Valori di progetto dei parametri  $S_s$ ,  $C_c$  e  $S_t$

## 5.2 Opere provvisorie

Per le opere provvisorie, con durata superiore a 2 anni, la normativa prevede di considerare l'effetto del sisma. I parametri sismici da utilizzare sono stati definiti in accordo alle NTC 2008 di cui al DM 14.1.2008:

- $V_n = 10$  anni                      vita nominale della struttura (opere provvisorie)
- $C_u = 0.7$                               classe d'uso della struttura (I)
- $V_R = V_n \cdot C_u \geq 35$  anni              periodo di riferimento dell'opera

Nella tabella seguente è definita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  in ciascuno degli stati limite.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%



**Tabella 9: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento**

Le analisi sismiche condotte fanno riferimento allo SLO (Stato Limite di Operatività), SLD (Stato Limite di Danno), SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e allo SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso) per i quali i periodi di ritorno  $T_R$  sono ottenuti con la relazione seguente:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Ne risultano i valori seguenti di  $T_R$ :

- Allo SLO  $T_R = 30$  anni
- Allo SLD  $T_R = 35$  anni
- Allo SLV  $T_R = 332$  anni
- Allo SLC  $T_R = 682$  anni

Mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici.

I valori dell'accelerazione massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido  $a_g$ , il valore massimo del fattore di amplificazione  $F_o$  ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante  $T_c^*$  dello spettro in accelerazione orizzontale sono determinati nella tabella seguente sulla base della localizzazione geografica delle opere per le opere provvisionali. Si fornisce inoltre lo spettro di risposta elastico per i diversi stati limite.

Coordinate LTF2004C: Nord 45903.052 ; Est 161004.467

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.039	2.436	0.206
SLD	35	0.043	2.428	0.213
SLV	332	0.117	2.452	0.260
SLC	682	0.150	2.476	0.269

**Tabella 10: Parametri di pericolosità sismica in funzione degli stati limite per opere provvisorie**

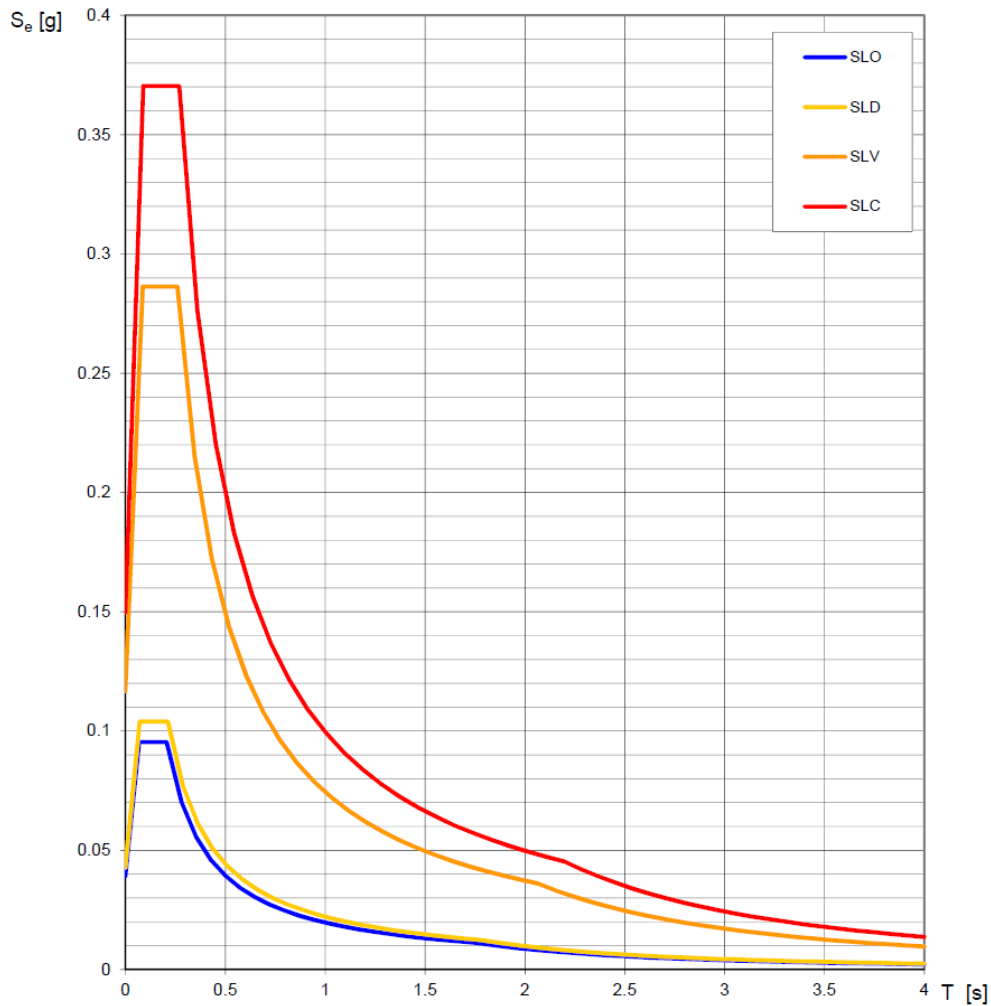


Figura 5: Spettro di risposta elastico per opere provvisorie

Il sottosuolo è di categoria C al senso delle NTC 2008. Infatti si hanno valori di  $N_{SPT,30}$  compresi in generale da 15 a 50 e valori di  $V_{s,30}$ , nelle zone più prossime alla superficie, compresi tra 200 e 600 m/s.

Ai sensi delle NTC, non occorre eseguire la verifica a liquefazione in quanto la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna (si fa notare che la profondità di infissione della berlinese è pari a 9.7 m, la centrale di ventilazione presenta fondazioni superficiali ed il piano campagna non è molto inclinato).

La tabella seguente permette la determinazione dei valori del coefficiente stratigrafico  $S_s$  e del coefficiente  $C_c$  per ogni classe di suolo.

Note géotechnique et sismique Maddalena / Relazione geotecnica-sismica Maddalena

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 11: Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$

Le condizioni topografiche che permettono il calcolo del coefficiente topografico  $St$  sono di categoria T2 con inclinazione media superiore a 15°.

Stato limite	$S_s$	$C_c$	ST
SLO	1.50	1.77	1.2
SLD	1.50	1.75	1.2
SLV	1.50	1.64	1.2
SLC	1.48	1.62	1.2

Tabella 12: Valori di progetto dei parametri  $S_s$ ,  $C_c$  e  $St$

## 6. Caduta massi

Per maggiori dettagli sui fenomeni legati ad attività di versante, si veda la relazione PRV\_C3A\_3850\_26-48-35\_10-01.