

**S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LORETO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)**

**S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO - TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA) E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

 <b>STUDIO CORONA</b>  Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)	 Ingegneria del Territorio s.r.l.  Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-28211	<b>ING. RENATO DEL PRETE</b>  Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 ECOPLAN <small>Studio di Progettazione e Realizzazione Lavori</small>  Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 E&G Engineering & Graphics S.r.l.  Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	 CONSORZIO UNING <small>Soc. Cons. s.r.l.</small> Società designata: <b>GA&amp;M</b>  Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	<b>SETAC</b> Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni  Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	<b>ARKE'</b> INGEGNERIA S.r.l. <small>via Incevalore, Tirano (TN) 75105 Italy</small>  Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	<b>DOTT. GEOL. DANILO GALLO</b>  Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

GEOLOGO

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Giancarlo LUONGO

Ing. Valerio BAJETTI

Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERI

Ing. Gaetano RANIERI

**H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI**

**HD04**

**HD – GN02 GALLERIA IL DOSSO: IMBOCCO LATO SONDRIO**  
**CANALE DERIVATORE SOTTERRANEO SERINO STAZZONA**  
**ESISTENTE OPERE DI PROTEZIONE - RELAZIONE DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	HD04_P01GN02STRRE04_A.dwg			
M I 3 2 4	E	1 8 0 1	CODICE ELAB. P 0 1 G N 0 2 S T R R E 0 4		A	

C					
B					
A	EMISSIONE	FEBBRAIO 2019	ING. GIANFRANCO SODERO	ING. FABRIZIO BAJETTI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
3.1	Caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità .....	5
3.2	Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure .....	5
3.3	Copriferro.....	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	7
5	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....	9
5.1	Vita nominale .....	9
5.2	Classe d'uso .....	9
5.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	9
5.4	Valutazione dell'accelerazione attesa massima al suolo .....	9
6	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	12
6.1	Schematizzazione del solaio.....	12
7	ANALISI DEI CARICHI.....	12
7.1	Peso proprio .....	12
7.2	Ricoprimento .....	12
7.3	Reazioni vincolari dalla galleria sovrastante.....	12
8	VERIFICHE STRUTTURALI SOLAIO DI PROTEZIONE .....	13
9	VERIFICHE GEOTECNICHE MICROPALI.....	14

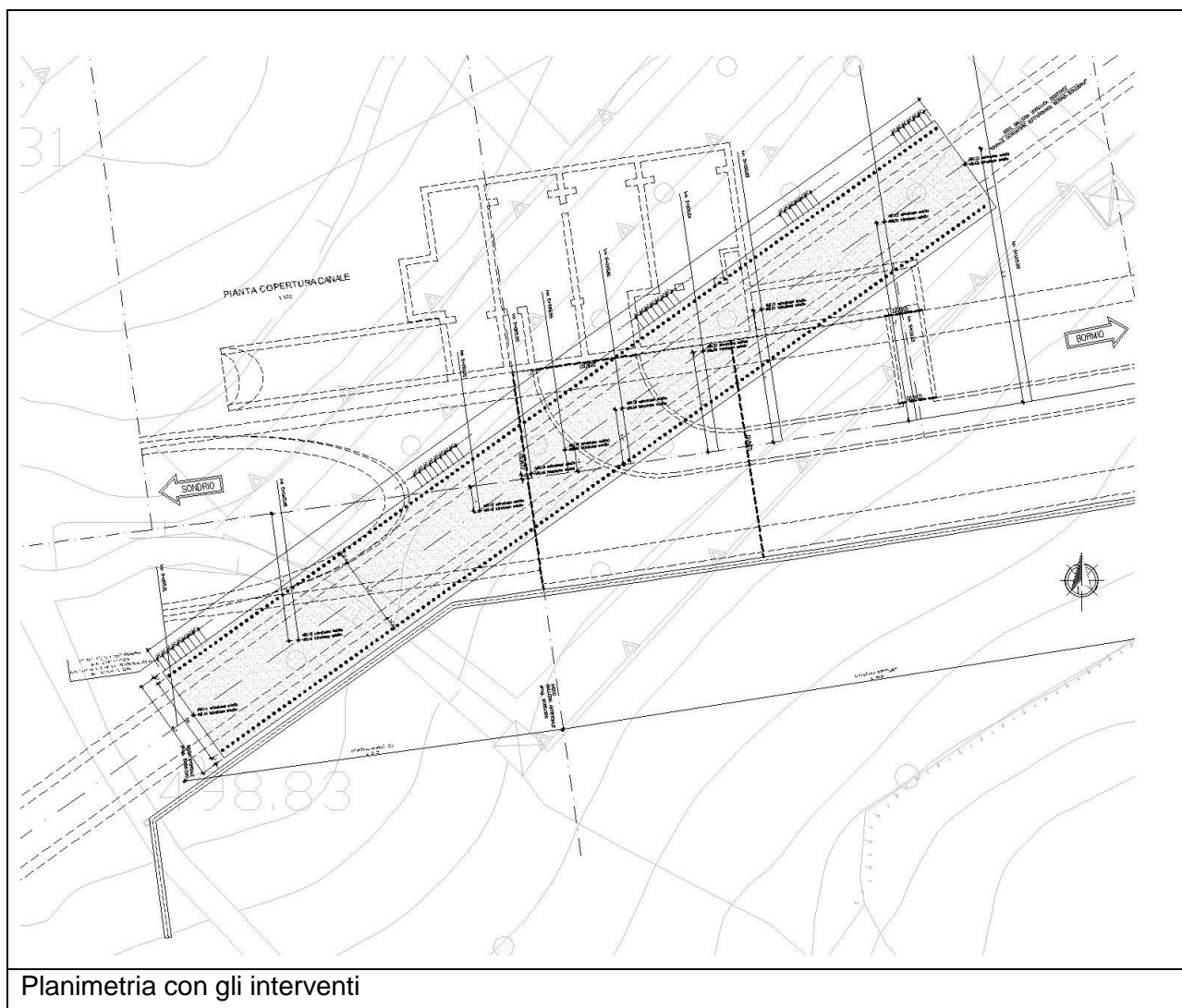
## 1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto esecutivo della S.S. 38 Lotto 4 Nodo di Tirano Tratta A (Svincolo di Bianzone-Svincolo La Ganda) e Tratta B (Svincolo La Ganda-Campone in Tirano).

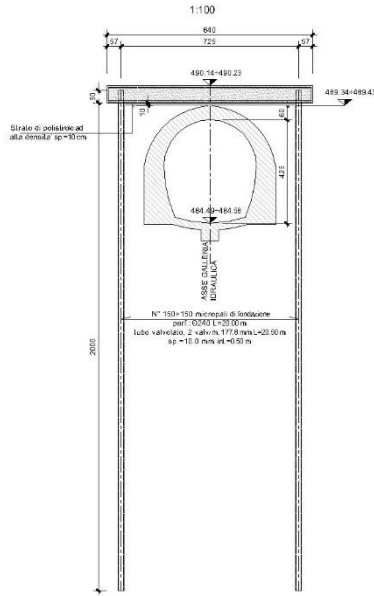
Nel presente documento si affrontano le problematiche progettuali connesse al dimensionamento e alla verifica della struttura di protezione dell'esistente canale derivatore sotterraneo Serino-Stazzona che sottopassa la galleria artificiale e le opere di imbocco della Galleria naturale "Il Dosso" sul lato Sondrio.

Il solaio di protezione ha una lunghezza totale di 75,00 m, una larghezza di 8,40 m e uno spessore costante di 70,0 m, con lo sviluppo indicato nella pianta riportata di seguito.

Tale solaio poggia su entrambe le estremità su dei micropali (perforazione 240 mm armati con tubo valvolato (2valv/m) 177.8 mm di diametro e 10 mm di spessore di 20.0 m di lunghezza) aventi un interasse di 0,50 m ed è composto da travi in acciaio strutturale (profili HEA 600), anche esse aventi un interasse di 0,50 m, inglobate nel getto di calcestruzzo di 70 cm di spessore.

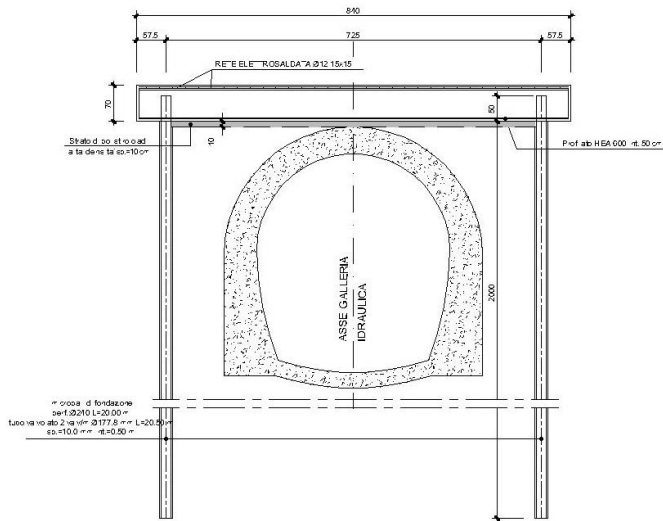


SEZIONE TRASVERSALE TIPO  
 "CANALE DERIVATORE SOTTERRANEO SERINO-STAZZONA"

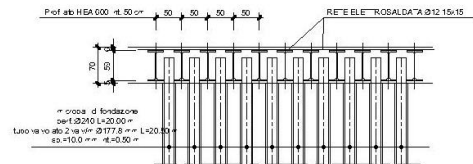


Sezione tipo di intervento

SEZIONE TRASVERSALE scopp. 1:20



SEZIONE LONGITUDINALE scopp. 1:20



Descrizione dell'intervento

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 17/01/2018** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Circolare 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP.** → Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17/01/2018
- **UNI EN 1992-1-1:2004 (Eurocodice 2 – Parte 1-1)** → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- **UNI EN 206-1:2006** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- **UNI 11104** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 2016-1

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### Calcestruzzo fondazioni e elevazioni C28/35

Fase finale	$R_{ck}$	=	35.00	MPa
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	= $0.83 \times R_{ck}$	= 29.05	MPa
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	= $f_{ck} + 8$	= 37.05	MPa
Modulo elastico	$E_c$	= $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 32588	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza calcestruzzo	$\gamma_c$	=	1.5	
Coefficiente per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	=	0.85	
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd}$	= $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	= 16.46	MPa
Resistenza a trazione media	$f_{ctm}$	= $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.83	MPa
Resistenza a trazione	$f_{ctk}$	= $0.7 \times f_{ctm}$	= 1.98	MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd}$	= $f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.32	MPa
S.L.E.				
Tensione limite di esercizio (comb. Rare)	$\sigma_{cR}$	= $f_{ck} \times 0.60$	= 17.43	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. Quasi)	$\sigma_{cP}$	= $f_{ck} \times 0.45$	= 13.07	MPa
Classe di esposizione	XC2			

### Acciaio carpenteria metallica S355

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	355	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yt}$	=	510	MPa
Modulo elastico	$E_s$	=	210	GPa
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio	$\gamma_s$	=	1.05	
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd}$	= $f_{yk} / \gamma_s$	= 338	MPa

### 3.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO AI FINI DELLA DURABILITÀ

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alla norma EN 206-1 ed alla norma UNI 11104.

Di seguito viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro minimo delle armature, tenuto anche conto della Vita Nominale dell'opera  $V_N = 100$  anni:

Calcestruzzo fondazioni e elevazioni:

Classe di esposizione XC2 per le parti a contatto con il terreno

Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35

Dimensione max aggregati: 25 mm

Classe minima di consistenza: S4

Copriferro minimo: 50 mm

### 3.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Parti di elementi a contatto con il terreno CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2

Pertanto, nel caso in esame si ha:

Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali ordinarie – armatura poco sensibile:

Combinazione di azioni frequente:  $w_k \leq w_3 = 0.4$  mm

Combinazione di azioni quasi permanente:  $w_k \leq w_2 = 0.3$  mm

### 3.3 COPRIFERRO

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale è somma di due contributi, il copriferro minimo e la tolleranza di posizionamento.

Nel caso in oggetto le strutture si trovano tutte in condizioni ordinarie e si hanno i seguenti parametri:

- Classe di esposizione XC2
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35
- Dimensione max aggregati: 25 mm
- Classe minima di consistenza: S4

Il valore del copriferro minimo è valutato secondo quanto riportato al punto C4.1.6.1.3 della Circolare n.617. Nel caso in esame la classe di esposizione ambientale è ordinaria e si pone, come da tabella C4.1.IV un copriferro minimo pari a 20 mm. La tolleranza di posizionamento è pari a 10 mm. Inoltre, data la vita nominale della struttura pari a 100 anni, come da normativa, deve aggiungersi un copriferro aggiuntivo pari a 10 mm. Si ottiene pertanto un copriferro nominale minimo pari a 40 mm. A favore di sicurezza si assume un copriferro pari a 50 mm.

**Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm**

C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nella zona in oggetto si segnala la presenza di depositi morenici denominati nella carta geologica come Morene (UG2-2), affioranti prevalentemente sui due versanti della valle e costituiti da depositi caotici che costituiscono i resti di antichi ghiacciai non più attivi nell'area. Le morene sono formate da una mescolanza caotica di vari materiali solidi (massi, ciottoli, sabbie e limi) e sono generate dal trasporto del materiale solido ad opera dei ghiacciai nel loro movimento verso valle.

Da un punto di vista granulometrico sono caratterizzati da una forte eterogeneità granulometrica ed in prevalenza si rinvengono ghiaie sabbiose con ciottoli a spigoli vivi con livelli e lenti più limoso-sabbiosi e trovanti litici di dimensioni variabili fino a qualche metro.

Lo spessore di questi depositi è variabile ed in genere è compreso tra pochi metri fino ad alcune decine di metri. La falda non interessa l'opera in oggetto.

I valori dell'angolo di attrito  $\varphi'$  ricavati per tutte le prove SPT per zone rappresentate dai sondaggi con  $N_{spt}$  normalizzato, presentano i seguenti parametri caratteristici e di calcolo:

Anno	Sondaggio	Angolo di attrito	Valore caratteristico	Valore di calcolo
	N°	$\varphi'$ (°)	$\varphi'_c$ (°)	$\varphi'_{cal}$ (°)
2002	SP.12	32,77	32,77	28,21
	SP.12			
	SP.12			
	SP.12			
	SP.12			
	SP.12			
	SP.12			
	SP.12			
2009	S.4	32,10	32,10	27,55
	S.4	34,08	34,08	29,53
	S.5			
	S.5	33,98	33,98	29,43
	S.6			
	S.6			
<b>Valori medi</b>		<b>33,23</b>	<b>33,23</b>	<b>28,68</b>

Per il peso di volume si possono assumere i seguenti:

- peso di volume saturo  $\gamma_s = 22 \text{ kN/m}^3$
- peso di volume in assenza di falda  $\gamma = 20-21 \text{ kN/m}^3$

Il valore della coesione efficace  $C'$  risulta:

$$C' = 0 \text{ kPa}$$

I valori medi del Modulo di Elasticità (Modulo di Young)  $E$  ed Edometrico  $E_d$  ricavati per i singoli sondaggi risultano:

Sondaggio N°	Modulo Elastico $E$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edometrico $E_d$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Valore medio per sondaggio	Valore medio per sondaggio
	Jamiolkowski et Al. (1988)	Begemann (1974) (sabbie e ghiaie)
SP.12	297,58	121,34
S.4	146,33	119,08
S.5	205,74	125,71
S.6	207,94	125,37
<b>Valori medi</b>	<b>214,40</b>	<b>122,88</b>



I parametri geotecnici per i terreni morenici quindi risultano:

Peso di volume:	20 -21 kN/mc
Angolo di attrito caratteristico:	32° - 34°
Angolo di attrito di calcolo:	28° - 30°
Coesione efficace:	0 kPa
Modulo Elastico (Young):	14.63 - 29.75 MPa
Modulo Edometrico:	11.90 – 12.28 MPa.

Nel caso in oggetto si utilizzano i seguenti parametri caratteristici:

Peso di volume:	21 kN/mc
Angolo di attrito caratteristico:	34°
Coesione efficace:	0 kPa
Modulo Elastico (Young):	21.0 MPa

Il valore della costante di sottofondo è stato ottenuto mediante una formulazione approssimata.

$$k_s = \frac{E_s}{B(1 - \mu^2)} = \frac{210}{100(1 - 0.3^2)} = 2.30 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3}$$

## 5 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

### 5.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale, così come definita al punto 2.4.1 del DM 17/01/2018, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade nella definizione di "Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica".

La vita nominale viene pertanto assunta:  $V_N = 100$  anni.

### 5.2 CLASSE D'USO

Il DM 17/01/2018 al punto 2.4.2. attribuisce alle costruzioni, in funzione della loro destinazione d'uso e quindi delle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico, diverse classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe III. Il coefficiente d'uso risulta pertanto:  $C_U = 1.5$ .

### 5.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

Si ottiene pertanto il periodo di riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1.5 = 150$  anni.

### 5.4 VALUTAZIONE DELL'ACCELERAZIONE ATTESA MASSIMA AL SUOLO

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV)=10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1423 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ ).

Le azioni sismiche sono calcolate nelle seguenti coordinate geografiche:

LAT 46.2155°

LON 10.1690°

La classe del sottosuolo è la B. Si assume un fattore di struttura  $q$  pari a 1.0 e quindi non sono necessarie verifiche di gerarchia delle resistenze. Si riportano le schermate dei dati di input del software con i dati inseriti.

**Dati generali per sismica (NTC 2008)**

Zona: Suolo | Topografia | Fattore struttura q | Dati progetto | Vulnerabilità

Località: TIRANO  
 Comune: Tirano ( Sondrio ) - Lombardia  
 Zona sism.: 3  
 Latitudine: 46.2155  
 Longitudine: 10.1690

Map showing location in Italy with coordinates (10.1690, 46.2155) and IDs: 8944, 8945, 9166, 9167.

**Dati generali per sismica (NTC 2008)**

Zona: Suolo | Topografia | Fattore struttura q | Dati progetto | Vulnerabilità

Soil type selection:

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa o terreni a grana fina molto consistenti
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fine mediamente consistenti
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti
- E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m

**Dati generali per sismica (NTC 2008)**

Zona | Suolo | Topografia | Fattore struttura q | Dati progetto | Vulnerabilità

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.00

*Tabella 2.2.VI - Valori massimi del coeff. di amplif. topografica*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

**Dati generali per sismica (NTC 2008)**

Zona | Suolo | Topografia | Fattore struttura q | Dati progetto | Vulnerabilità

Per azioni verticali :  
 $q$ : 1.50

Per azioni orizzontali :  
 $q$ : 1.00 | Assegnato

Classe di duttilità: [ ]

**Dati generali per sismica (NTC 2008)**

Zona | Suolo | Topografia | Fattore struttura q | Dati progetto | Vulnerabilità

Vita nominale dell'opera  $V_N$ : 100  
 Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.5 (Classe d'uso III)  
 Periodo di riferimento: 150  
 $P_{VR}$  di progetto (%): 10% (SLV)  
 $P_{VR}$  di esercizio (%): 63% (SLD)  
 Coeff. di smorzamento viscoso  $\xi$  (%): 5

Response Spectrum  $S_d(T)$  plot:

- Orizzontale (selected)
- Progetto (selected)
- Elastico
- Esercizio
- Es. appross.
- Eserc. appr. Progetto: 0.444

$e_g$	$F_o$	$T_C^*$	$T_B$	$T_C$	$T_D$	T [sec]
1.1960	2.589	0.286	0.135	0.404	2.078	(Progetto)
0.5413	2.539	0.242	0.118	0.354	1.817	(Esercizio)

Per i valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita, si ottengono i valori:

- $a_g=0.1196$  g;
- $F_0=2.589$ ;
- $T^*_c=0.286$  s.

Allo SLD si ha:

- $a_g=0.054$  g;
- $F_0=2.539$ ;
- $T^*_c=0.242$  s.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (NTC § 7.11.6). Specificatamente si considerano i seguenti contributi:

- azioni inerziali dei pesi propri e dei carichi permanenti;
- spinta del terreno calcolata con il metodo di Monobe-Okabe.

## 6 MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 6.1 SCHEMATIZZAZIONE DEL SOLAIO

Le analisi delle sollecitazioni e le verifiche sono state condotte considerando una trave composta, semplicemente appoggiata con una sezione rettangolare alta 70 cm e larga 50 cm poiché l'interasse delle travi in acciaio è di 50 cm.

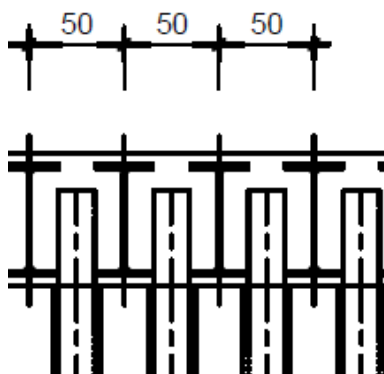


FIGURA 3: INTERASSE TRAVI IN ACCIAIO

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio è calcolato considerando l'area della sezione del profilo HEA 600 e l'area effettiva di calcestruzzo, come segue:

Peso proprio acciaio =  $22650 \text{ mm}^2 \times 78 \text{ kN/m}^3 = 1,77 \text{ kN/m}$

Peso proprio calcestruzzo =  $(500 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} - 22650 \text{ mm}^2) \times 25 \text{ kN/m}^3 = 8,18 \text{ kN/m}$

### 7.2 RICOPRIMENTO

Si considera un ricoprimento massimo di 1,27 m da cui si ottiene un carico distribuito pari a  $21 \times 1,27 \times 0,50 = 13,34 \text{ kN/m}$ .

### 7.3 REAZIONI VINCOLARI DALLA GALLERIA SOVRASTANTE

Dato che il solaio passa sotto due sezioni della galleria sovrastante, si tengono in conto le reazioni vincolari (delle molle) trasmesse da tali sezioni. Si considera la reazione massima tra le reazioni delle due sezioni ed è pari a 206 kN/m allo SLU.

## 8 VERIFICHE STRUTTURALI SOLAIO DI PROTEZIONE

Nelle verifiche strutturali della trave, si considera un'area di armatura – sia inferiore che superiore – pari all'area della flangia del profilo HEA 600, mentre la resistenza a taglio viene affidata all'anima del profilato.

Verifica Travi in Acciaio - Solaio di Protezione			
<b>Geometria della Sezione</b>			
Profilo	HEA600	$\gamma$ CLS [kN/m3]	25
A [mm <sup>2</sup> ]	22650	$\gamma$ acciaio [kN/m3]	78
CLS	C28/35	$\gamma$ terreno [kN/m3]	21
A sezione [mm <sup>2</sup> ]	350000	fck [MPa]	28
A cls [mm <sup>2</sup> ]	327350	fyk [MPa]	355
L [m]	7,25		

Carichi Trave		Sollecitazioni Trave SLU		
Peso proprio CLS [kN/m]	8,18	M mezzeria [kNm]	1569,90	
Peso proprio acciaio [kN/m]	1,77	V mezzeria [kN]	866,15	
Ricompimento solaio [kN/m]	13,34			
Reazione sezione sovrastante SLU [kN/m]	206,00	<b>Valori di Resistenza</b>		
Reazione sezione sovrastante SLE FREQ [kN/m]	240,00	As' [mm <sup>2</sup> ]	7500	
Reazione sezione sovrastante SLE QP [kN/m]	179,00	As [mm <sup>2</sup> ]	7500	
Peso proprio SLU [kN/m]	12,94	fcd [MPa]	15,87	
Peso permanente non strutturale SLU [kN/m]	20,00	fyd [MPa]	338,10	
Ed SLU [kN/m]	238,94	x [mm]	399,53	
Ed SLE FREQ [kN/m]	263,29	d [mm]	627	
Ed SLE QP [kN/m]	202,29	MRd [kNm]	1661,00	<b>OK</b>
		Aw [mm <sup>2</sup> ]	7020	
		$\tau$ [MPa]	123,38	
		$3^{1/2} * \tau$	213,71	<b>OK</b>

Freccia SLE FREQ		Freccia SLE QP	
E cls [MPa]	32588	E cls [MPa]	32588
J acciaio [mm <sup>4</sup> ]	3520460	J acciaio [mm <sup>4</sup> ]	3520460
J cls [mm <sup>4</sup> ]	14288146207	J cls [mm <sup>4</sup> ]	14288146207
J sezione [mm <sup>4</sup> ]	14340953107	J sezione [mm <sup>4</sup> ]	14340953107
$\delta$ [m]	0,020	$\delta$ [m]	0,016

## 9 VERIFICHE GEOTECNICHE MICROPALI

Di seguito si riportano le verifiche geotecniche dei micropali perforazione 240 mm armati con tubo valvolato (2valv/m) 177.8 mm di diametro e 10 mm di spessore di 20.0m di lunghezza messi in opera ad un interasse di 50 cm.

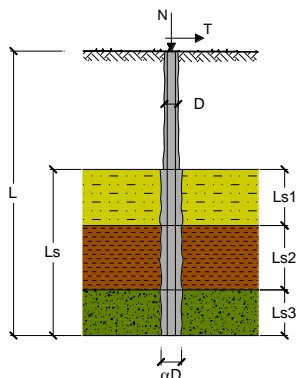
### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA:

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	879,00	0,00	879,00
M (kNm)	7,48	0,00	7,48
T (kN)	0,00	0,00	0,00



verifica soddisfatta  
1,67

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_s$ traz
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,00	
definiti dal progettista			1,00	1,00	1,00	1,00

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	DM88	prog.
$\xi_s$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_t$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,24 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 20,00 (m)

**Armatura:**

IPE   
  INP   
  HEA   
  HEB   
  HEM   
 Tubi   
 ALTRO

IPE 180   
 INP 160   
 HEA 300   
 HEB 160   
 HEM 200   
 ø177,8 x 10,0

**ø177,8 x 10,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 5272 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 1,862E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 209.447 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub>: 1,05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>lim</sub>): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 21,7 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * l_{s_i}$$

Tipo di Terreno	Spessore l <sub>s<sub>i</sub></sub> (m)	α (-)	Ds <sub>i</sub> = α * D (m)	S <sub>i</sub> media (MPa)	S <sub>i</sub> minima (MPa)	S <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Qs <sub>i</sub> (kN)
strato	20,00	1,10	0,26	0,150	0,150	0,088	1463,61
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00

L<sub>s</sub> = 20,00 (m)                      Ql = 1463,61 (kN)

**Capacità portante di punta**

**Qp = %Punta \* Ql** (consigliato 10-15%)

% Punta                      0%                      Qp = 0,00 (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

**Qlim = Qb + Ql**

**Fs = Qlim / N** (Fs > 1)

Qlim = 1463,61 (kN)

Fs = 1,67



**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): **3,86 (N/mm<sup>2</sup>)**

$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$   $\eta = Pk / N$  (consigliato  $\eta > 10$ )

$Pk = 7768,25$  (MN)  $\eta = 8,84$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = 4 \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$b = 0,760$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 0,00$  (kN m)

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

**Acciaio S 355 (Fe 510)**

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} +/- M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$\sigma_{max} = 202,46$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{min} = 166,74$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 0,00$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$\sigma_{id} = 202,46$  (N/mm<sup>2</sup>) **verifica soddisfatta**