

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC VERONA - PADOVA**

**SUB TRATTA VERONA – VICENZA**

**1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**

**RELAZIONE**

FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60

RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
<b>ATI bonifica</b> Progettista integratore	Conorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N O D	0 0	D	I 2	C L	F V 0 1 0 2	0 0 2	A

<b>ATI bonifica</b>	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F. P. Bocchetto	

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	S.Grimaldi	Maggio 2015	S.Grimaldi	Maggio 2015	P.Polidori	Maggio 2015	Ing Alberto Checchi Maggio 2015

File: IN0D00DI2CLFV0100002A	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>1 di 51</b>

## Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	8
4.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA.....	8
4.2	BULLONI .....	8
4.3	CALCESTRUZZO.....	8
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE .....	9
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO .....	10
6.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI $G_1$ .....	10
6.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI $G_2$ .....	10
6.3	SOVRACCARICHI VARIABILI $Q$ .....	11
6.4	AZIONI ECCEZIONALI .....	17
6.5	AZIONI SISMICHE $Q_2$ .....	18
6.1	STATO LIMITE DI OPERATIVITA'.....	27
6.2	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	29
6.1	STATO LIMITE DI DANNO .....	31
7	COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE.....	33
8	CRITERI DI MODELLAZIONE .....	37
8.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	37
8.2	CONDIZIONI DI VINCOLO .....	37
9	ANALISI DEI RISULTATI E SOLLECITAZIONI .....	38
9.1	DEFORMAZIONI STATICHE .....	38
9.2	SOLLECITAZIONI .....	39
10	VERIFICHE .....	41
10.1	ELEMENTI IN ACCIAIO .....	42
	Trave IPE400.....	42
	Trave principale trasversale IPE400-240 .....	43
	Trave principale trasversale IPE240-160 .....	45

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>2 di 51</b>

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono i calcoli e le verifiche strutturali della pensilina metallica delle banchine della stazione di Lonigo (VI), nell'ambito della progettazione definitiva della linea ferroviaria AV/AC Verona-Padova (sub-tratta Verona-Vicenza).

Si riporta di seguito la planimetria generale dell'area interessata dall'intervento.

La caratterizzazione sismica ha fornito i seguenti valori di accelerazione al suolo di riferimento per i diversi stati limite:

SLV  $a_g = 0.206g$

SLD  $a_g = 0.083g$

Le strutture sono state progettate e verificate in campo elastico in favore di sicurezza; è stato considerato un fattore di struttura pari a  $q=1.00$ .

La modellazione dell'azione sismica e delle strutture è stata eseguita mediante il programma di calcolo strutturale agli elementi finiti Midas-Gen.

La struttura è progettata coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

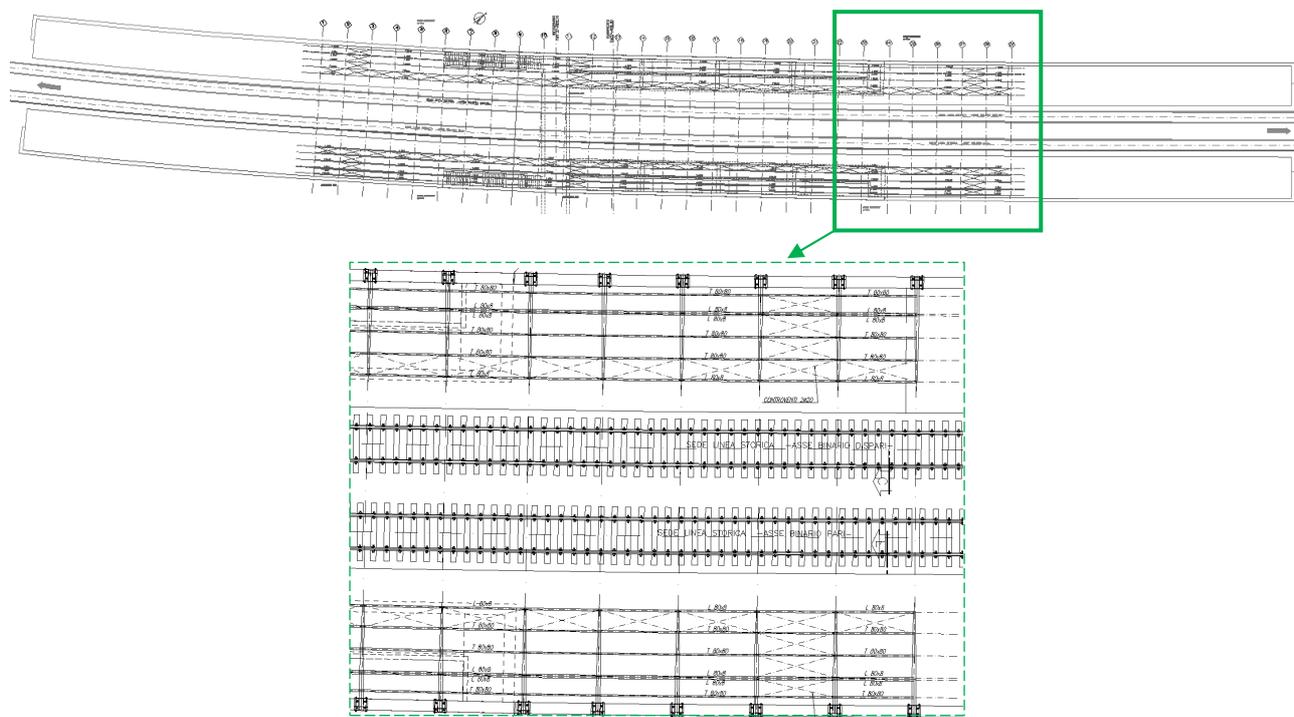


Figura 1: Planimetria generale dell'intervento e dettaglio pensilina

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere strutturali consistono nella realizzazione di una pensilina metallica impostata sui muri di sostegno in c.a. che si sviluppano lungo le banchine della stazione di Lonigo, in direzione parallela all'asse dei binari.

La pensilina ha una lunghezza di 98 m (26 campi da 3.50m ciascuno; 1 campo da 3.30m e 1 campo da 3.70m) per una larghezza di 4.74m ed un'altezza di 4.15m.

La struttura portante è costituita da sostegni verticali eseguiti con IPE400, disposti secondo un interasse di 3.50m, sui quali si imposta la copertura; quest'ultima prevede travi IPE400 principali trasversali a sezione ad altezza variabile (H=400-160mm: l'altezza massima è prevista in corrispondenza del sostegno verticale, quella minima in corrispondenza dell'estremità libera), saldate ai sostegni verticali, sulle quali si impostano travi longitudinali tipo L80x8 e T80x80, che si sviluppano, parallelamente all'asse dei binari, per una lunghezza di 34.90m.

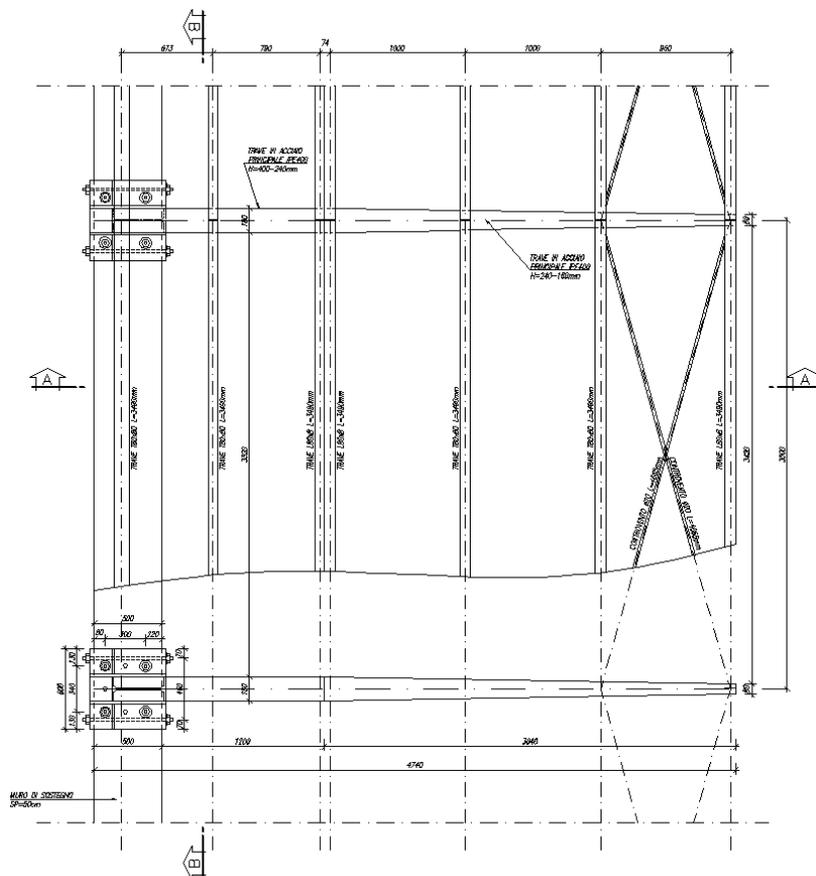


Figura 2: Dettaglio pianta metallica

SEZIONE A-A

SCALA 1:20

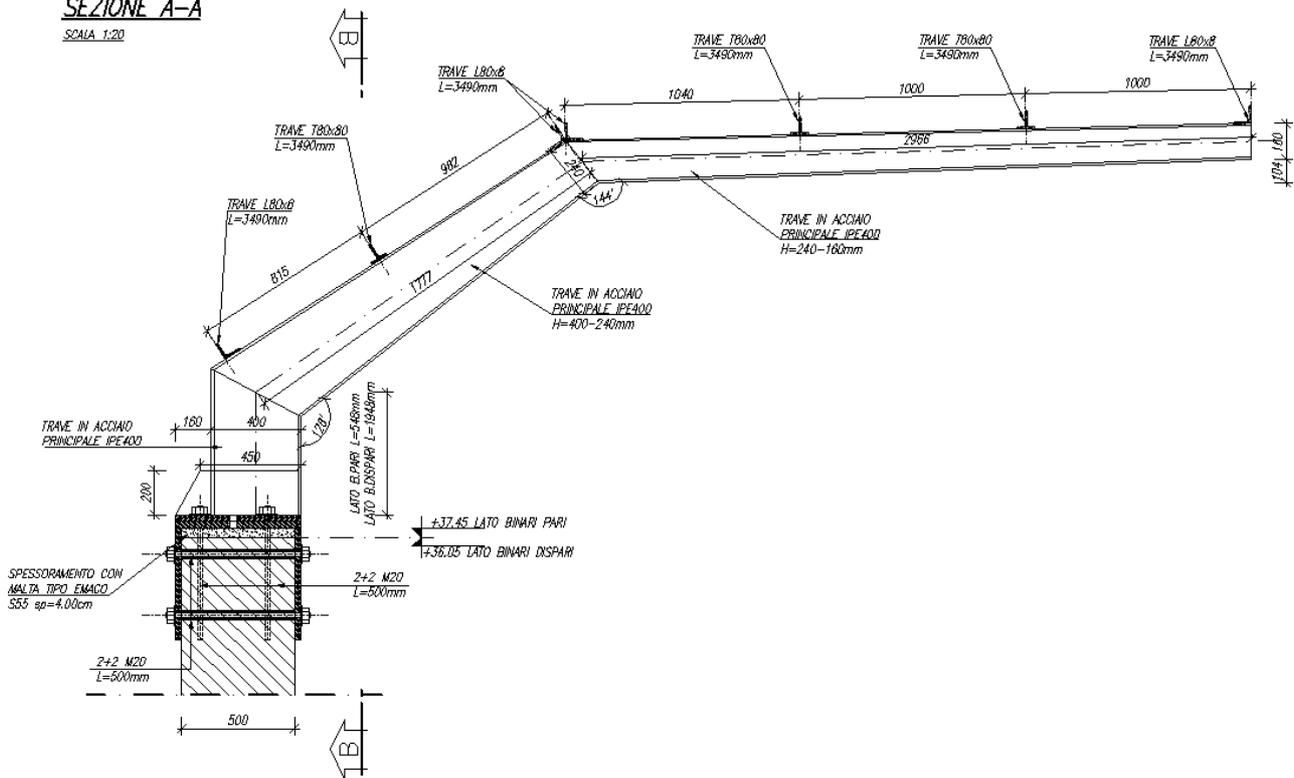


Figura 3: Sezione trasversale

SEZIONE B-B

SCALA 1:20

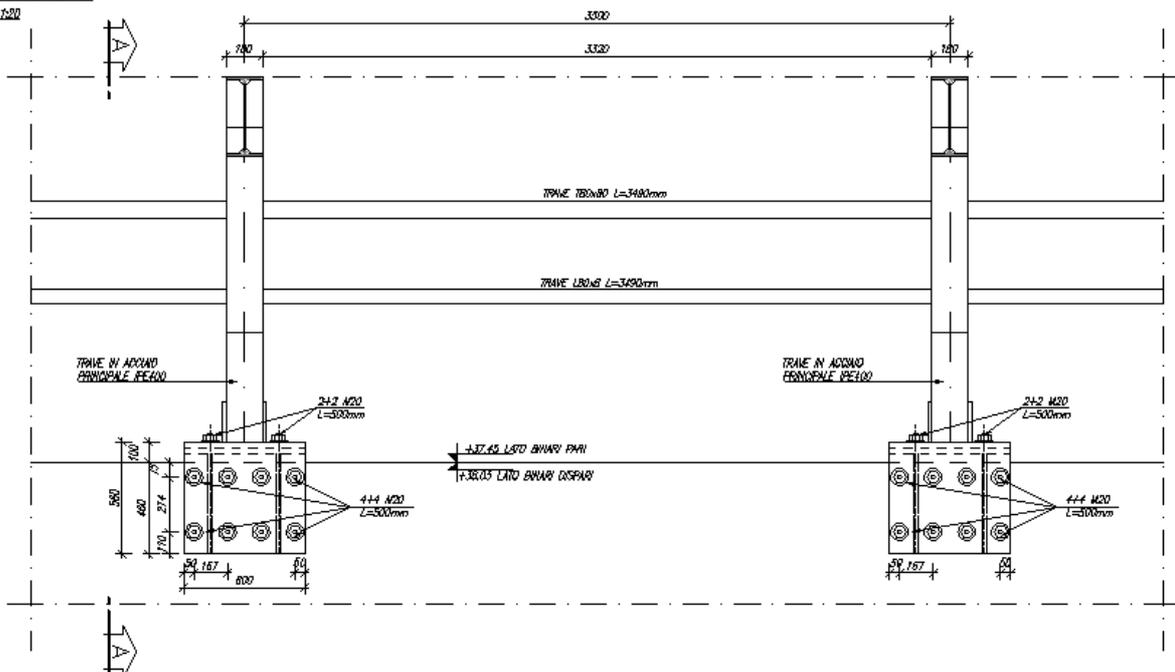


Figura 4: Sezione longitudinale



 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag 6 di 51

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative e in particolare alle seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Inoltre si è tenuto conto dei seguenti documenti:

- CEB - FIP MODEL CODE 1990 - Final Draft (CEB : Bulletin d'Information n. 204 ).
- Punching Shear in Reinforced Concrete (CEB : Bulletin d'Information n. 168, Gennaio 1985).
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: EUROCODICE 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili
- [229] UNI EN 1990 – Aprile 2006: EUROCODICE: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-4 – Luglio 2006: EUROCODICE 1. Azioni sulle strutture. Parte 4: Azioni su silos e serbatoi.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-1 – 2005: EUROCODICE 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- Raccomandazioni A.G.I. sulle indagini geotecniche – 1977 Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. (Associazione Geotecnica Italiana - Giugno 1977).
- C.N.R.: Norme Tecniche, 1983 Determinazione del modulo di reazione "k" (Norme Tecniche C.N.R., fascicolo n. 92/1983).

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag 7 di 51

- Raccomandazioni A.G.I. sulle prove di laboratorio – 1990 Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio. (Associazione Geotecnica Italiana - Commissione AGI per il laboratori geotecnici - Maggio 90).
- Specifiche A.N.I.S.I.G. per indagini geognostiche. Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche. (Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche).
- UNI-EN 1997-1 Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- (G.U. 21/03/1974, n. 76) CEB Model Code for Seismic Design of Concrete Structures (CEB: Bulletin d'Information n. 165, aprile 1985).
- UNI-EN 1998-1 Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag 8 di 51

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati con le classi di esposizione coerenti con la UNI EN 206.

### 4.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Profilati: S 355

- |  |               |
|--|---------------|
| ○ Modulo di elasticità                   | Ea=210000 MPa |
| ○ Tensione di snervamento caratteristica | fyk ≥ 355 MPa |
| ○ Tensione di snervamento rottura        | fyt ≥ 430 MPa |
| ○ Tensione di snervamento di progetto    | fyd ≥ 262 MPa |

### 4.2 BULLONI

Classe vite 8.8 - Classe dado 8.8

- |  |               |
|--|---------------|
| ○ Tensione di snervamento caratteristica | fyb ≥ 649 MPa |
| ○ Tensione di snervamento rottura        | ftb ≥ 800 MPa |
| ○ Resistenza a taglio del bullone        | fyd ≥ 384 MPa |
| ○ Tensione di snervamento di progetto    | fyd ≥ 262 MPa |

### 4.3 CALCESTRUZZO

Strutture di fondazione:

Classe d'esposizione: XC4

**C32/40:** fck ≥ 32 MPa Rck ≥ 40 MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	Rck	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	fck = 0.83 Rck	33,20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	fcm = fck + 8	41,20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	fcd (Breve durata) = fck / 1.5	22,13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	fcd (Lungo durata) = 0.85 fcd	18,81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	fctm = 0.3 (fck) <sup>2/3</sup> [Rck<50/60]	3,10	N/mm <sup>2</sup>

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b> <b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>9 di 51</b>

Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk\ 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

## 5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono riportate di seguito.

Sottovia Progressiva	Parametri geotecnici terreno di posa fondazione	Parametri geotecnici terreno laterale
27+545	Argille, limi	Rilevato ferroviario

I parametri geotecnici di riferimento per i terreni presenti in sito sono:

	Parametri geotecnici terreno in sito				
	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (KPa)	$\Phi'$ (°)	$\nu$	$E_d$ (MPa)
Argille, limi	18.00	25.00	20	0.3	3

I parametri geotecnici del rilevato ferroviario sono

$\gamma = 20.00$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0.00$ kPa	coesione drenata

Il calcolo delle spinte agenti sui piedritti è stato fatto sulla base dei parametri geotecnici che caratterizzano il rilevato ferroviario.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. <b>IN0D 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>10 di 51</b>

## 6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano di seguito le azioni elementari agenti sulla struttura:

- il peso proprio della struttura e della costruzione;
- i sovraccarichi permanenti;
- i sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve; carico dovuto all'azione del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura; carico legato all'effetto delle onde di pressione e depressione che il passaggio dei convogli ferroviari inducono sulle strutture della pensilina;
- azioni eccezionali: rottura della catenaria; per quanto riguarda il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

### 6.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI $G_1$

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

### 6.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI $G_2$

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

Il peso proprio degli elementi non strutturali gravante sulla copertura è assunto pari a 0.40kPa.

Il carico sopra citato è applicato direttamente sulle travi principali di copertura, tenendo conto dell'interasse delle travi ( $i = 3.5m$ ), in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi secondarie.

 <b>ATI bonifica</b>	<h1>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</h1>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>11 di 51</b>

### 6.3 SOVRACCARICHI VARIABILI Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti  $q_k$ .

- **Carico neve (3.4 NTC-2008):**

In accordo alla posizione ed all'altezza sul livello del mare valutata nel sito di realizzazione dell'edificio si riporta il calcolo dell'azione da neve con i relativi coefficienti:

#### CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

●	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona III</b> Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

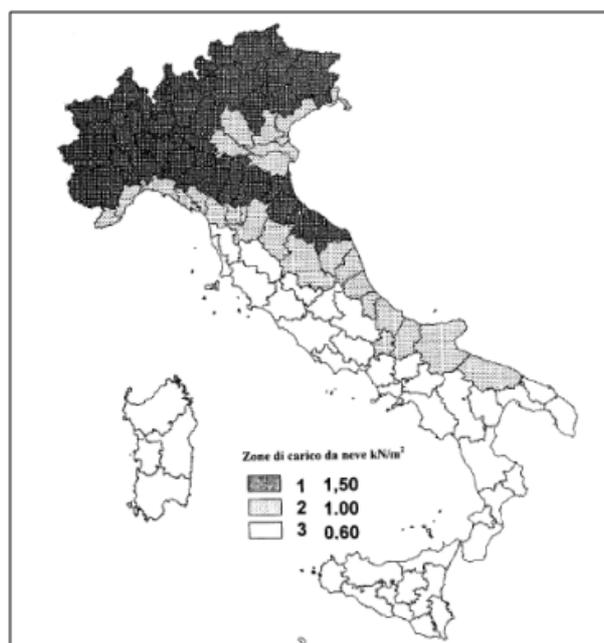
$q_s$ (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$ $\mu_i$ (coefficiente di forma) $q_{sk}$ (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) $C_E$ (coefficiente di esposizione) $C_t$ (coefficiente termico)
---

#### Valore caratteristico della neve al suolo

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	31
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

#### Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .



### Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C <sub>E</sub>
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

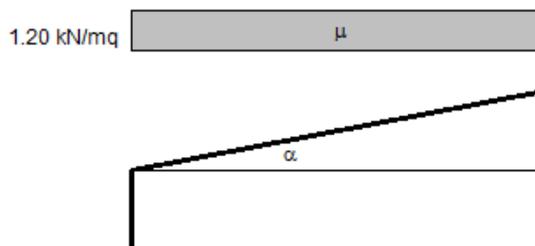
### Valore del carico della neve al suolo

q <sub>s</sub> (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.50
---	------

### Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
----------------------------	---

μ	0.8
---	-----

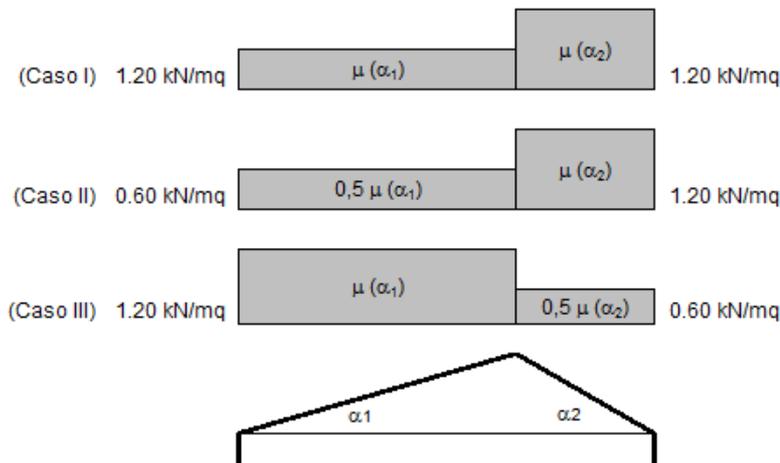


### Coefficiente di forma (copertura a due falde)

α <sub>1</sub> (inclinazione falda [°])	0
α <sub>2</sub> (inclinazione falda [°])	0

μ (α <sub>1</sub> )	0.8
---------------------	-----

μ (α <sub>2</sub> )	0.8
---------------------	-----



In definitiva risulta:

Neve

$$q_{\text{neve}} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

Il carico sopra citato è applicato direttamente sulle travi principali di copertura, tenendo conto dell'interasse delle travi ( $i = 3.5\text{m}$ ), in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi secondarie.

▪ **Carico vento** (3.3 NTC-2008):

In accordo alla posizione ed all'altezza sul livello del mare valutata nel sito di realizzazione dell'edificio si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento.

In particolare, per la valutazione del coefficiente di forma  $c_p$ , funzione della tipologia, della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento, in assenza di opportuna documentazione o prove sperimentali in galleria del vento, si fa riferimento a quanto stabilito nella Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008" - par. C3.3.10.3 (tettoie e pensiline isolate ad uno o due spioventi, per le quali il rapporto tra la totale altezza sul suolo e la massima dimensione in pianta non è maggiore di uno).

**CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO**

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di ...)

Zona	$v_{0,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	25	1000	0.01
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	31		
$T_R$ (Tempo di ritorno)	50		
$v_0 = v_{0,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_0 = v_{0,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])	25.000		
$\alpha_R$ ( $T_R$ )	1.00073		
$v_0$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]	25.018		

$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_0 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
$q_0$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
$c_e$ (coefficiente di esposizione)
$c_p$ (coefficiente di forma)
$c_d$ (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_0 = 1/2 \cdot \rho \cdot v_0^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_0$ [N/mq]	391.20
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da datiuffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

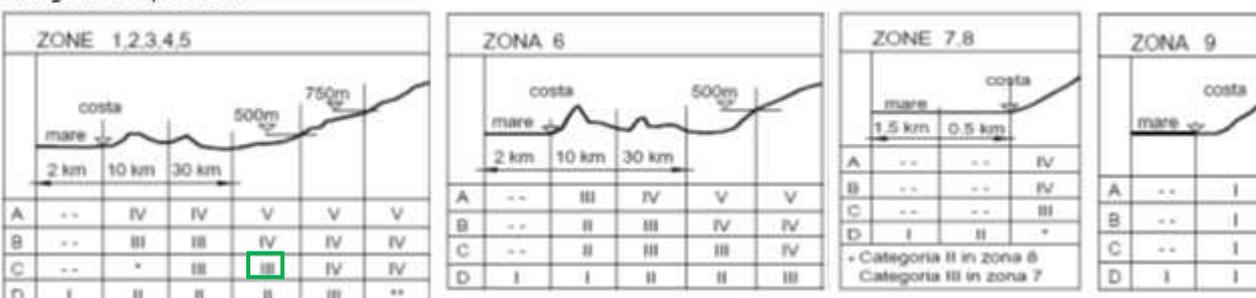
Esso può essere assunto autolativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza e di capannoni industriali, oppure può essere determinata mediante analisi specifiche a seconda di riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

Categoria di esposizione



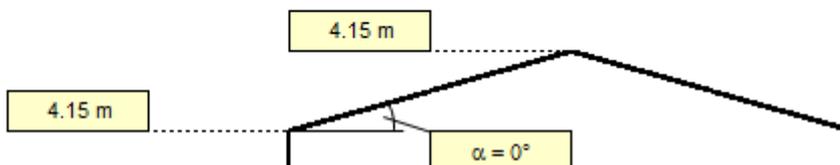
Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
1	C	31

$$C_e(z) = k_f^2 \cdot c_i \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_i \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	$k_f$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$c_i$
III	0.2	0.1	5	1

z [m]	$C_e$
$z \leq 5$	1.708
$z = 4.15$	1.708
$z = 4.15$	1.708



Coefficiente di forma  $c_p$  (C.3.3.10.3.2):

'Elementi con spioventi aventi inclinazione sull'orizzontale  $\alpha = 0^\circ$   $c_p = \pm 1,2$

Coefficiente dinamico  $c_d$  (3.3.8):

Il coefficiente dinamico è stato cautelativamente assunto pari ad 1.

In definitiva si ha per la pressione del vento:

$$P_{vento} = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

$$P_{vento} = \mathbf{0.94 \text{ kN/m}^2}$$

Il carico sopra citato è applicato direttamente sulle travi principali di copertura, tenendo conto dell'interasse delle travi ( $i = 3.5\text{m}$ ), in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi secondarie.

In favore di sicurezza si applica sui pilastri una pressione di entità uguale a quella ricavata sopra per le travi di copertura.

▪ **Effetti aerodinamici (5.2.2.7 NTC-2008):**

Si considera l'effetto delle onde di pressione e depressione che il passaggio dei convogli ferroviari inducono sulle strutture della pensilina.

La pensilina, essendo aperta su tutti i lati, subisce principalmente l'effetto di pressione verso l'alto e verso il basso.

Si fa dunque riferimento al grafico di seguito riportato dei valori caratteristici delle azioni per superfici orizzontali adiacenti il binario.

Si assume:

Velocità in stazione:  $V=160\text{ km/h}$

Distanza dall'asse del binario:  $a_g = 7,5\text{ m}$

In favore di sicurezza, si assume quale distanza dell'asse del binario quella massima prevista dalla tabella riportata di seguito ( $a_g = 6\text{ m}$ ), per cui  $q_{3k} = 0.075\text{ kN/m}^2$ :

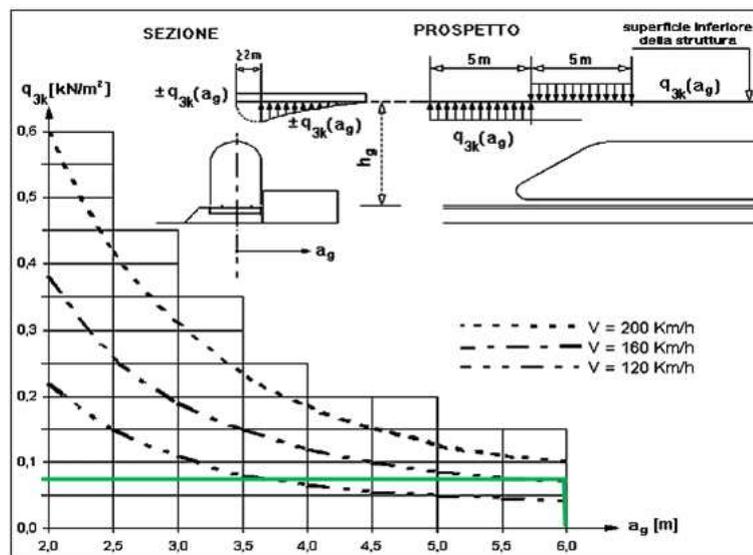


Figura 6: Valori caratteristici delle azioni  $q_{3k}$  per superfici orizzontali adiacenti il binario (Fig. 5.2.10 – NTC08)

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>16 di 51</b>

Poichè la distanza  $h_g$  dal P.F. della superficie inferiore della struttura supera i 3.80 m ( $h_g = 4.7$  m), l'azione  $q_{3k}$  è ridotta di un fattore  $k_3$ :

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_g)}{3,7} \quad \text{per } 3,8 \text{ m} < h_g < 7,5 \text{ m}$$

$$k_3 = 0.76$$

Dunque risulta:

$$q_{3k, \text{ridotto}} = \mathbf{0.057 \text{ kN/m}^2}$$

Il carico sopra citato è applicato direttamente sulle travi principali di copertura, tenendo conto dell'interasse delle travi ( $i = 3.5\text{m}$ ), in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi secondarie.

- **Carico dovuto alla sola manutenzione della copertura** (3.1.4 NTC-2008):

Copertura non praticabile, accessibile per sola manutenzione (Cat. H1; Tab.3.1.II):

$$q_{\text{cop}} = \mathbf{0.50 \text{ kN/m}^2}$$

Il carico sopra citato è applicato direttamente sulle travi principali di copertura, tenendo conto dell'interasse delle travi ( $i = 3.5\text{m}$ ), in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi secondarie.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>17 di 51</b>

#### 6.4 AZIONI ECCEZIONALI

Per quanto riguarda il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura. Si fa riferimento in questo paragrafo all'azione derivante dall'eventuale rottura della catenaria.

- **Rottura della catenaria** (5.2.2.9.1 NTC-2008):

Si considera l'eventualità che si verifichi la rottura della catenaria nel punto più sfavorevole per la struttura. La forza trasmessa alla struttura in conseguenza di un simile evento si considererà come una forza di natura statica agente in direzione parallela all'asse dei binari, di intensità pari a  $\pm 20$  kN e applicata sui sostegni alla quota del filo.

Tenendo conto della lunghezza delle travi di copertura parallele all'asse dei binari ( $l = 98$ m), il carico per unità di lunghezza su ciascuna di esse risulta pari a:

$$q_{cat} = 20 \text{ kN} / (l * n_{travi \text{ longitudinali}}) = 0.034 \text{ kN/m}$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag 18 di 51

## 6.5 AZIONI SISMICHE Q<sub>2</sub>

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel D.M. 14 gennaio 2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

$S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica.

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

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

$a_g$ : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T_c^*$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 19 di 51
	<b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

$C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_s \times S_T$ : con  $S_s$  pari sempre a 1

$\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

$T$ : periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B, T_C, T_D$ : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05; \quad T_B = 0.15; \quad T_D = 1.0;$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>20 di 51</b>

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale ( $V_N$ ), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
1	Opere provvisorie- Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 100$  anni (categoria 3).

### Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>21 di 51</b>

ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una Classe d'uso III.

#### Periodo di Riferimento dell'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, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_u$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a  $100 \times 1.5 = 150$  anni.

#### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stati limite di esercizio

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	<b>. Pag 22 di 51</b>

Stato Limite di Operatività (**SLO**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (**SLD**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

#### Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

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%

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	<b>. Pag 23 di 51</b>

### Accelerazione ( $a_g$ ), fattore ( $F_0$ ) e periodo ( $T_c^*$ )

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima sul sito;

$F_0$ : 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.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento ( $V_R$ ), e quindi dalla vita nominale ( $V_N$ ) e dalla classe d'uso ( $C_u$ ) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Latitudine: 45.412577°

Longitudine: 11.343621°

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	90	0.066	2.495	0.267
SLD	151	0.083	2.494	0.271
SLV	1424	0.206	2.436	0.287
SLC	2475	0.253	2.387	0.293

Figura 7: Valutazione dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici per i diversi stati limite.

### Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	
	<b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	<b>. Pag 24 di 51</b>

In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_{s30}$ , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	
		Pag 25 di 51

	posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Dalle prove eseguite risulta che i terreni di fondazione appartengono alla **categoria C**.

#### **Amplificazione stratigrafica**

I due coefficienti prima definiti,  $S_s$  e  $C_c$ , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

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

#### **Amplificazione topografica**

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>26 di 51</b>

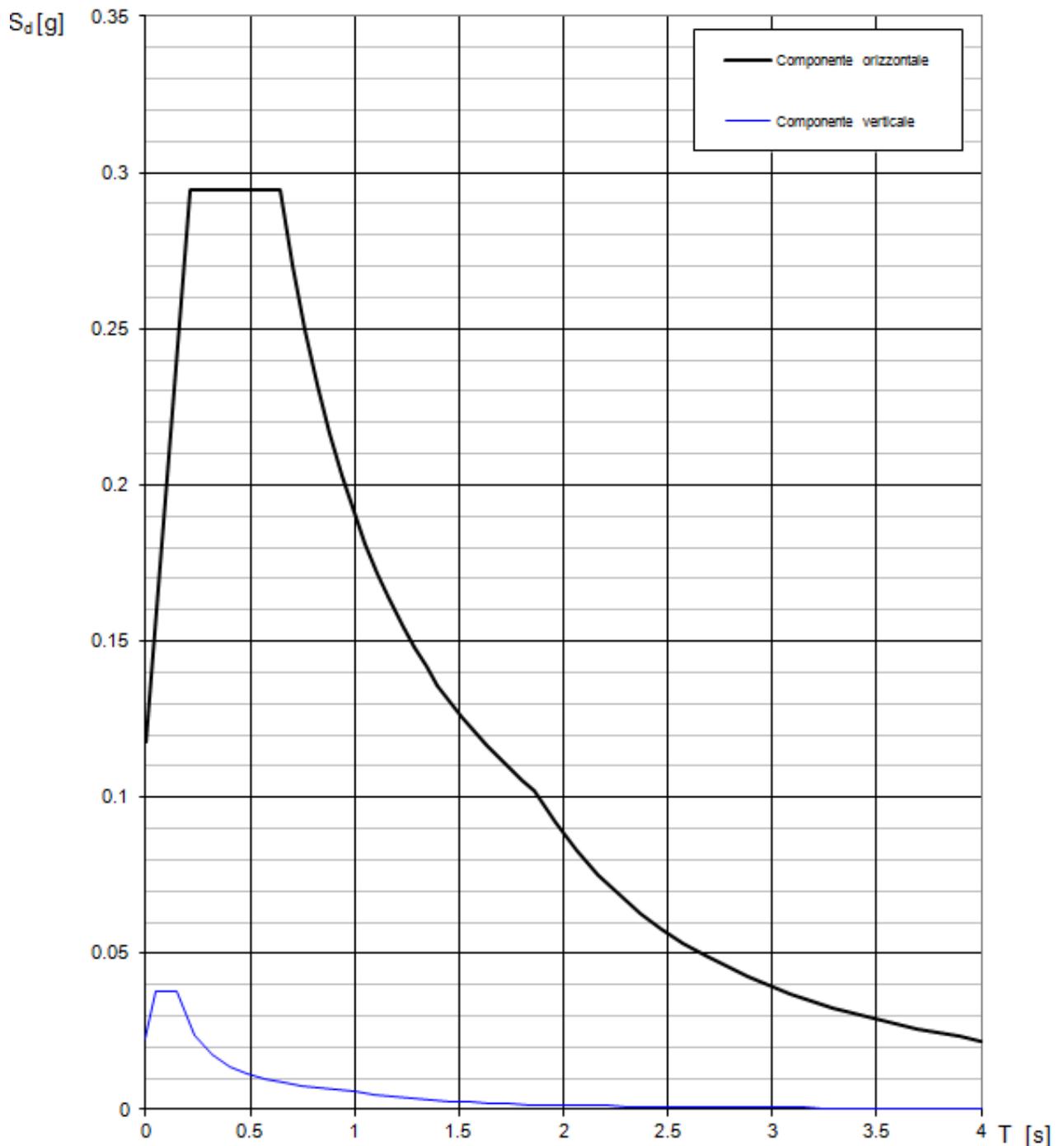
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^{\circ} \leq i \leq 30^{\circ}$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^{\circ}$	1.4

Nel caso in esame S<sub>T</sub> = 1

Si riportano di seguito i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici per i diversi stati limite.

## 6.1 STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
$a_n$	0.066 g
$F_0$	2.495
$T_C^*$	0.267 s
$S_S$	1.800
$C_C$	2.418
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.215 s
$T_C$	0.646 s
$T_D$	1.862 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

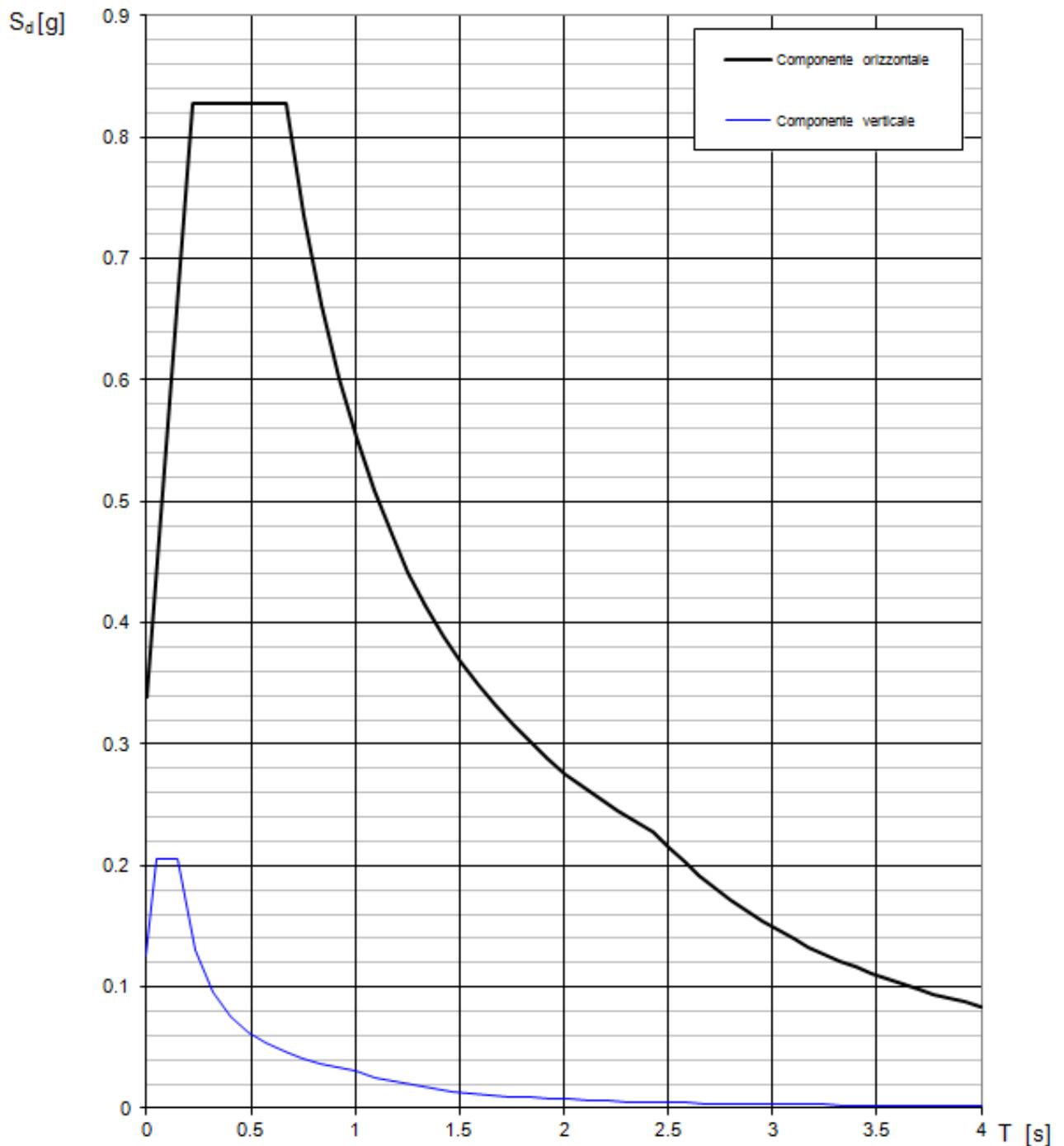
Lo spettro di progetto  $S_g(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_\xi(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.118
$T_B \leftarrow$	0.215	0.294
$T_C \leftarrow$	0.646	0.294
	0.704	0.270
	0.762	0.250
	0.820	0.232
	0.878	0.217
	0.936	0.203
	0.994	0.191
	1.052	0.181
	1.110	0.171
	1.167	0.163
	1.225	0.155
	1.283	0.148
	1.341	0.142
	1.399	0.136
	1.457	0.131
	1.515	0.126
	1.573	0.121
	1.631	0.117
	1.688	0.113
	1.746	0.109
	1.804	0.105
$T_D \leftarrow$	1.862	0.102
	1.964	0.092
	2.066	0.083
	2.168	0.075
	2.269	0.069
	2.371	0.063
	2.473	0.058
	2.575	0.053
	2.677	0.049
	2.778	0.046
	2.880	0.043
	2.982	0.040
	3.084	0.037
	3.186	0.035
	3.287	0.033
	3.389	0.031
	3.491	0.029
	3.593	0.027
	3.695	0.026
	3.796	0.025
	3.898	0.023
	4.000	0.022

## 6.2 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.206 g
$F_o$	2.436
$T_c^*$	0.287 s
$S_s$	1.646
$C_c$	2.332
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.646
$\eta$	1.000
$T_B$	0.223 s
$T_C$	0.670 s
$T_D$	2.425 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

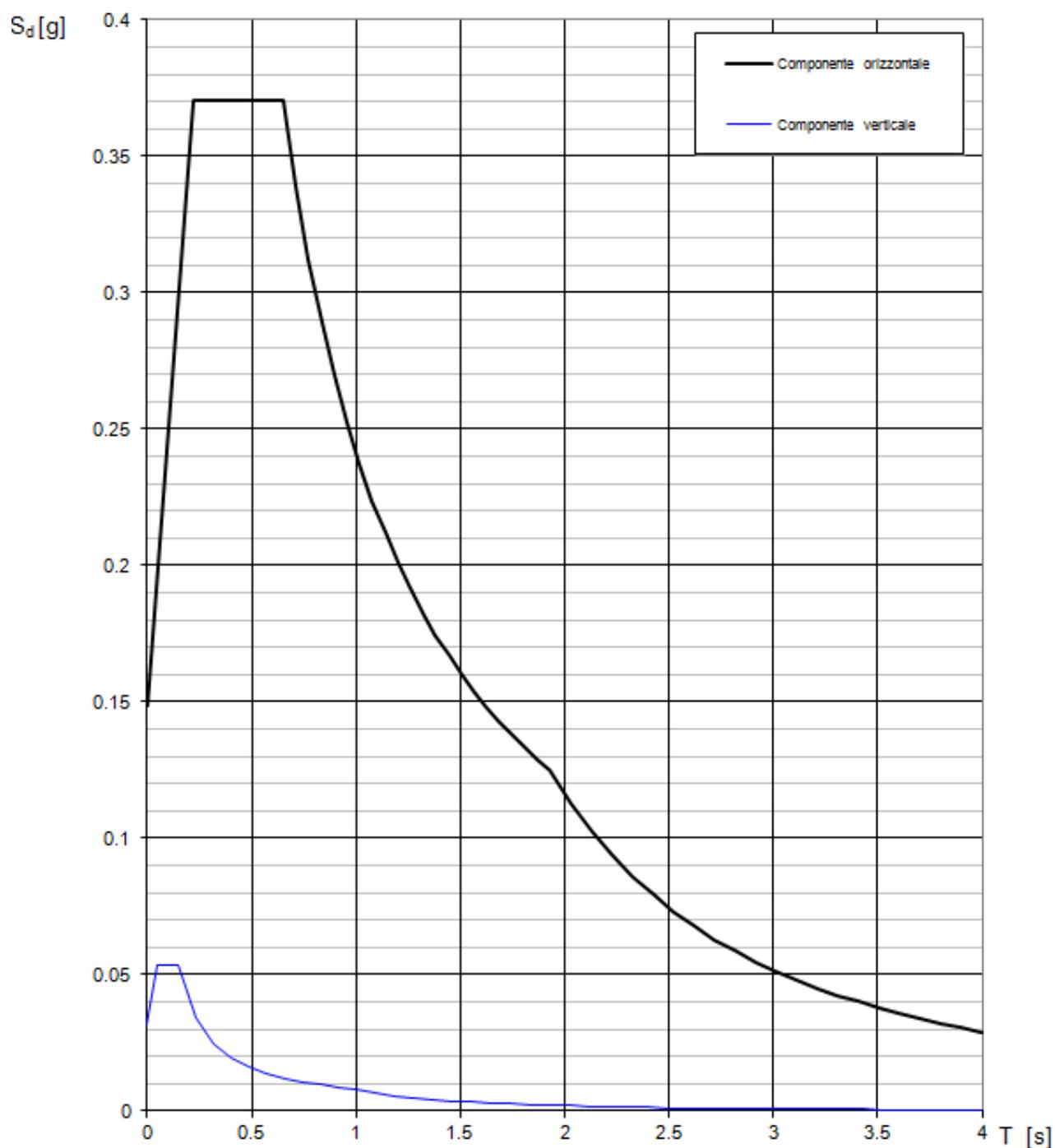
Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.340
$T_B \leftarrow$	0.223	0.827
$T_C \leftarrow$	0.670	0.827
	0.754	0.736
	0.837	0.662
	0.921	0.602
	1.004	0.552
	1.088	0.510
	1.171	0.473
	1.255	0.442
	1.339	0.414
	1.422	0.390
	1.506	0.368
	1.589	0.349
	1.673	0.331
	1.757	0.316
	1.840	0.301
	1.924	0.288
	2.007	0.276
	2.091	0.265
	2.175	0.255
	2.258	0.245
	2.342	0.237
$T_D \leftarrow$	2.425	0.229
	2.500	0.215
	2.575	0.203
	2.650	0.191
	2.725	0.181
	2.800	0.171
	2.875	0.163
	2.950	0.154
	3.025	0.147
	3.100	0.140
	3.175	0.133
	3.250	0.127
	3.325	0.122
	3.400	0.116
	3.475	0.111
	3.550	0.107
	3.625	0.102
	3.700	0.098
	3.775	0.094
	3.850	0.091
	3.925	0.087
	4.000	0.084

### 6.1 STATO LIMITE DI DANNO

#### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_n$	0.083 g
$F_0$	2.494
$T_C^*$	0.271 s
$S_S$	1.800
$C_C$	2.401
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.217 s
$T_C$	0.651 s
$T_D$	1.930 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_g(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0.000	0.149
0.217	0.371
0.651	0.371
0.712	0.339
0.773	0.312
0.834	0.289
0.895	0.270
0.955	0.252
1.016	0.237
1.077	0.224
1.138	0.212
1.199	0.201
1.260	0.191
1.321	0.183
1.382	0.175
1.443	0.167
1.504	0.160
1.565	0.154
1.626	0.148
1.687	0.143
1.747	0.138
1.808	0.133
1.869	0.129
1.930	0.125
2.029	0.113
2.127	0.103
2.226	0.094
2.324	0.086
2.423	0.079
2.522	0.073
2.620	0.068
2.719	0.063
2.817	0.059
2.916	0.055
3.014	0.051
3.113	0.048
3.211	0.045
3.310	0.042
3.409	0.040
3.507	0.038
3.606	0.036
3.704	0.034
3.803	0.032
3.901	0.031
4.000	0.029

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	<b>. Pag  33 di 51</b>

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE

Le masse strutturali sono calcolate in automatico dal software di calcolo utilizzato considerando le masse sismiche provenienti dai carichi superficiali, dai carichi lineari, dal peso proprio degli elementi strutturali.

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

I carichi accidentali sono stati considerati ai fini del peso sismico secondo i seguenti coefficienti di combinazione,  $\Psi_{2j}$  (da tab. 2.5.I NTC-2008):

▪ Neve	0.00
▪ Vento	0.00
▪ Copertura accessibile per sola manutenzione - categoria H1	0.00
▪ Effetti aerodinamici	0.00

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo a quanto riportato nella Normativa vigente, par.2.5.3:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Il dettaglio delle combinazioni è riportato di seguito:

### Famiglia SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve
1	SLU 1	1	0	0	0	0
2	SLU 2	1	0	0	0	1.5
3	SLU 3	1	0	0	0.9	1.5
4	SLU 4	1	0	0	1.5	0
5	SLU 5	1	0	0	1.5	0.75
6	SLU 6	1	0	1.5	0	0
7	SLU 7	1	0	1.5	0	0.75
8	SLU 8	1	0	1.5	0.9	0
9	SLU 9	1	0	1.5	0.9	0.75
10	SLU 10	1	1.5	0	0	0
11	SLU 11	1	1.5	0	0	1.5
12	SLU 12	1	1.5	0	0.9	1.5
13	SLU 13	1	1.5	0	1.5	0
14	SLU 14	1	1.5	0	1.5	0.75
15	SLU 15	1	1.5	1.5	0	0
16	SLU 16	1	1.5	1.5	0	0.75
17	SLU 17	1	1.5	1.5	0.9	0
18	SLU 18	1	1.5	1.5	0.9	0.75
19	SLU 19	1.3	0	0	0	0
20	SLU 20	1.3	0	0	0	1.5
21	SLU 21	1.3	0	0	0.9	1.5
22	SLU 22	1.3	0	0	1.5	0
23	SLU 23	1.3	0	0	1.5	0.75
24	SLU 24	1.3	0	1.5	0	0
25	SLU 25	1.3	0	1.5	0	0.75
26	SLU 26	1.3	0	1.5	0.9	0
27	SLU 27	1.3	0	1.5	0.9	0.75
28	SLU 28	1.3	1.5	0	0	0
29	SLU 29	1.3	1.5	0	0	1.5

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:  
 RELAZIONE  
 FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60  
 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

INOD 00 DI2 CL FV 0100002A

. Pag  
 35 di 51

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve
30	SLU 30	1.3	1.5	0	0.9	1.5
31	SLU 31	1.3	1.5	0	1.5	0
32	SLU 32	1.3	1.5	0	1.5	0.75
33	SLU 33	1.3	1.5	1.5	0	0
34	SLU 34	1.3	1.5	1.5	0	0.75
35	SLU 35	1.3	1.5	1.5	0.9	0
36	SLU 36	1.3	1.5	1.5	0.9	0.75

## Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	1
3	SLE RA 3	1	1	0	0.6	1
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0
5	SLE RA 5	1	1	0	1	0.5
6	SLE RA 6	1	1	1	0	0
7	SLE RA 7	1	1	1	0	0.5
8	SLE RA 8	1	1	1	0.6	0
9	SLE RA 9	1	1	1	0.6	0.5

## Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0.2
3	SLE FR 3	1	1	0	0.2	0

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	
INOD 00 DI2 CL FV 0100002A		. Pag 36 di 51

### Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0

### Famiglia SLU eccezionale

Il nome compatto della famiglia è SLU EX.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve	Eccezionali/ Effetti Aerodinamici
1	SLU EX 1	1	1	0	0	0	1

### Famiglia SLO

Il nome compatto della famiglia è SLO.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve	X SLO
1	SLO 1	1	1	0	0	0	-1
2	SLO 2	1	1	0	0	0	1

### Famiglia SLV

Il nome compatto della famiglia è SLV.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve	X SLV
1	SLV 1	1	1	0	0	0	-1
2	SLV 2	1	1	0	0	0	1

### Famiglia SLV fondazioni

Il nome compatto della famiglia è SLV FO.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile Copertura	Vento	Neve	X SLV
1	SLV FO 1	1	1	0	0	0	-1.1
13	SLV FO 13	1	1	0	0	0	1.1

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>IN0D 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>37 di 51</b>

## 8 CRITERI DI MODELLAZIONE

### 8.1 MODELLAZIONE ADOTTATA

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti Midas-Gen. Il modello di calcolo è di tipo piano: prevede la modellazione del sostegno verticale e della trave principale trasversale di copertura; le travi secondarie parallele all'asse del binario sono simulate nel modello attraverso il carico su di esse agente (incluso il rispettivo peso proprio), applicato sulla trave principale di copertura, nei punti in cui su di essa si appoggiano le travi secondarie.

Le travi principali trasversali di copertura, con sezione ad altezza variabile, risultano vincolate al pilastro relativo con un incastro.

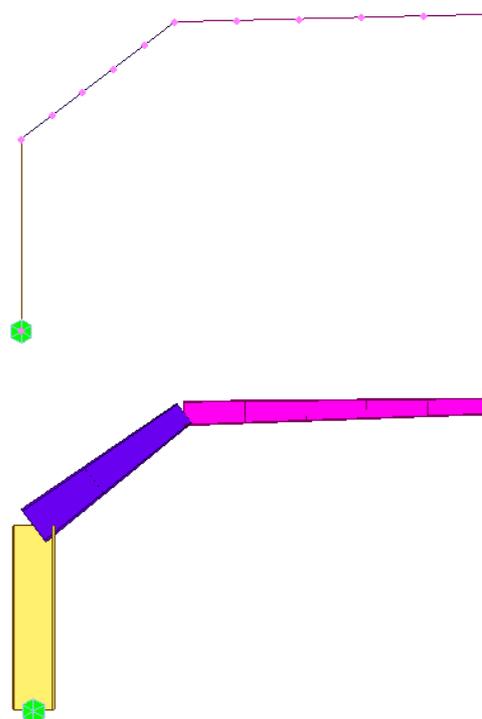


Figura 8: Modello piano di riferimento

### 8.2 CONDIZIONI DI VINCOLO

Il vincolo alla base del sostegno verticale, con il muro di sostegno, è simulato nel modello con un incastro.

## 9 ANALISI DEI RISULTATI E SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le verifiche effettuate sul modello piano della struttura per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

### 9.1 DEFORMAZIONI STATICHE

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello in una combinazione di carico SLE.

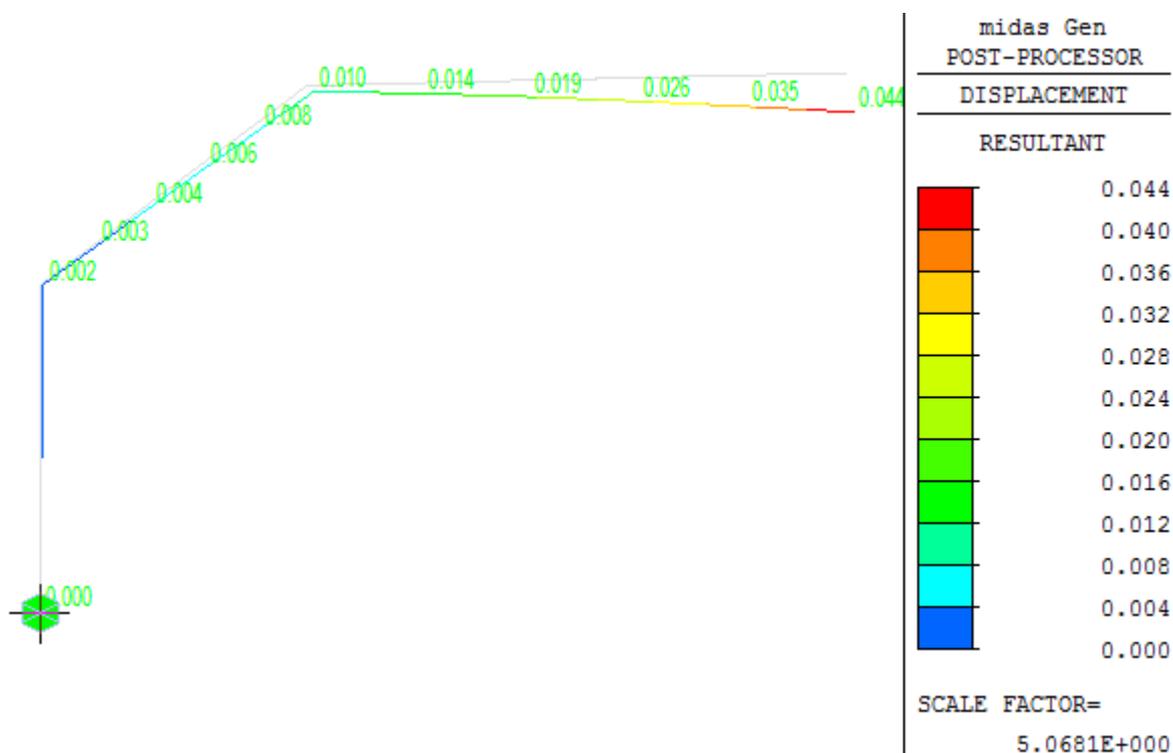


Figura 9: Spostamenti della struttura per soli carichi statici espressi in metri (combinazione SLE)

## 9.2 SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello considerando l'involuppo minimo e massimo delle combinazioni SLU.

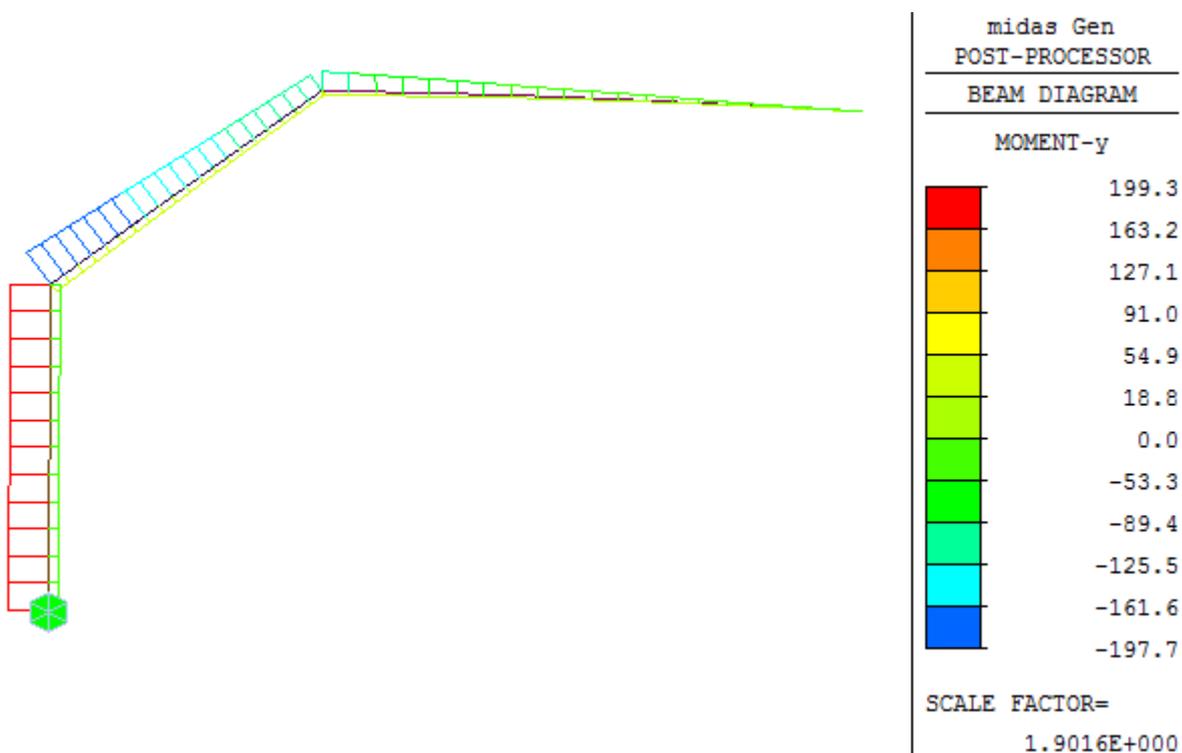


Figura 10: Momenti flettenti (kN\*m) per soli carichi statici (involuppo min/max delle combinazioni SLU)

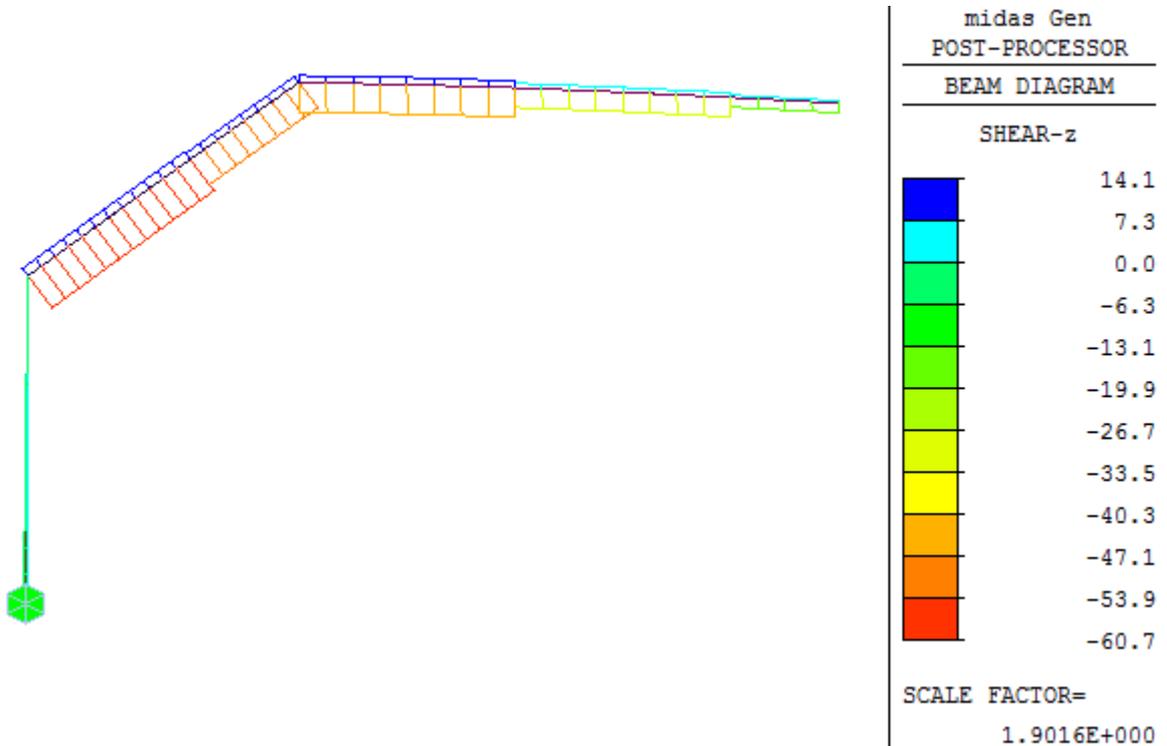


Figura 11: Taglio (kN) per soli carichi statici (involuppo min/max delle combinazioni SLU)

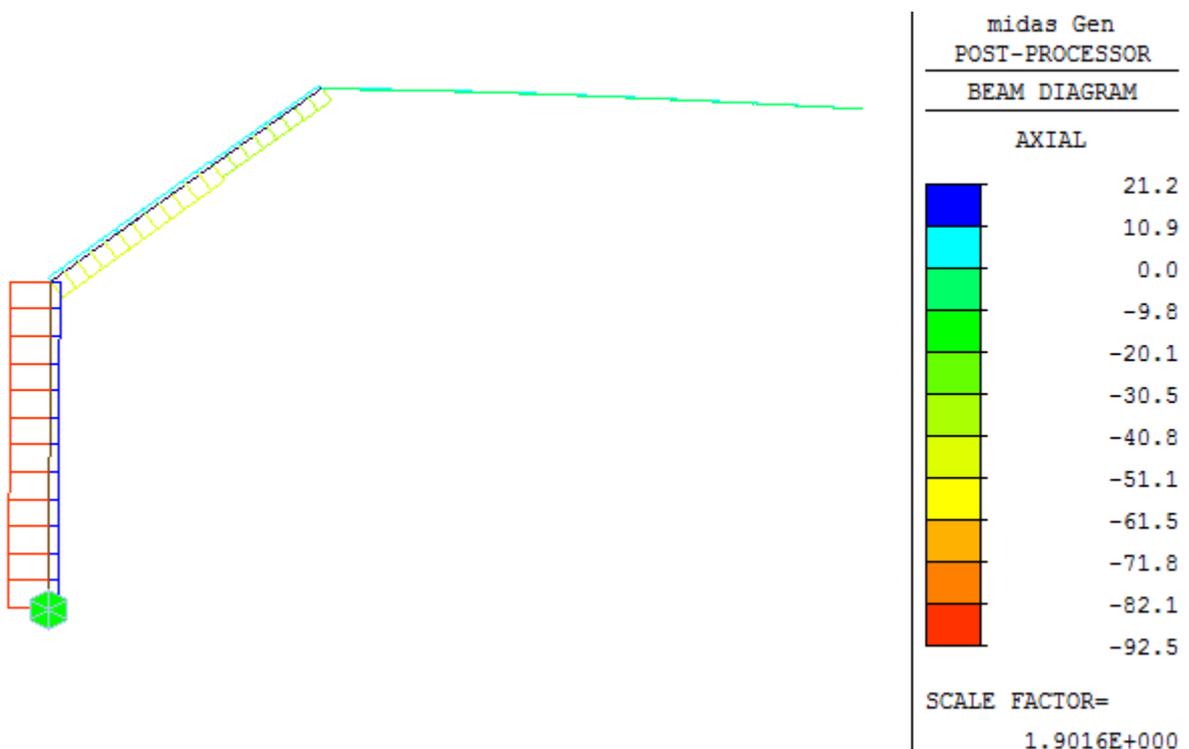


Figura 12: Sforzo normale (kN) per soli carichi statici (involuppo delle combinazioni SLU)

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>41 di 51</b>

## 10 VERIFICHE

Le verifiche riportate di seguito è di tipo grafico ed è condotta attraverso il programma sulla base della normativa di riferimento. Dall'involuppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni il software esegue la verifica di ogni singolo elemento della struttura. Ad ognuno di essi viene associato un valore dato dal rapporto fra le sollecitazioni agenti (combinare fra loro) più limitanti e quelle resistenti. Se tale valore (coefficiente di verifica) è compreso fra 0 ed 1 il singolo elemento risulta essere verificato. Nella legenda delle immagini di verifica è riportata una mappa cromatica associata all'immagine con il relativo coefficiente di verifica.

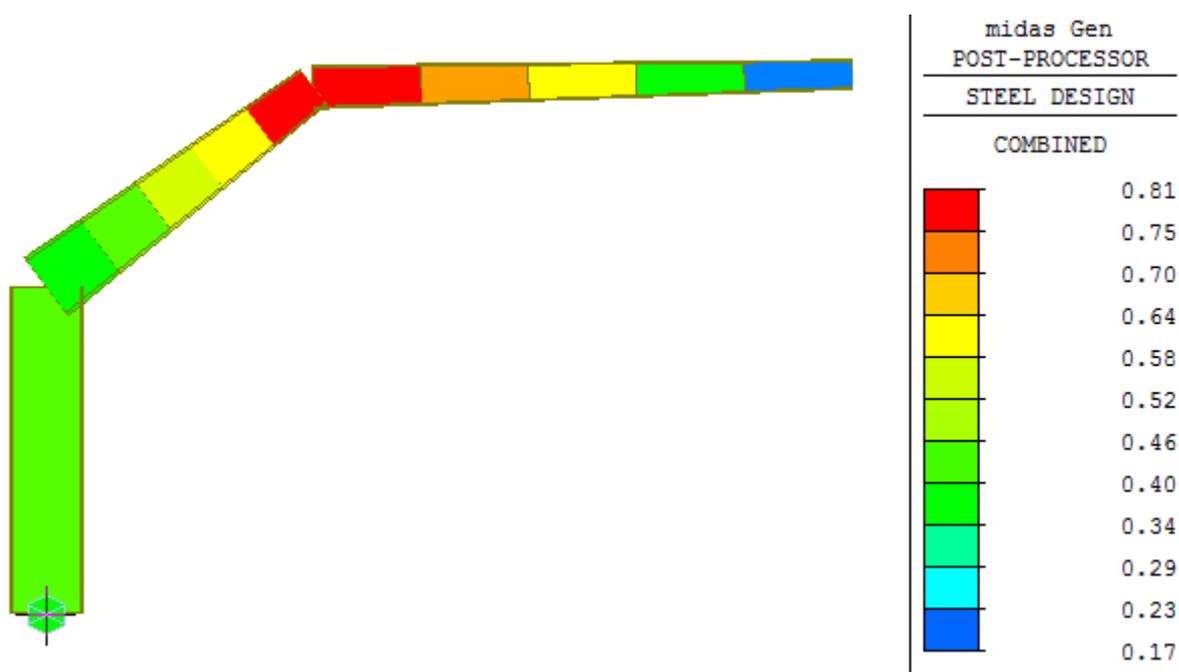


Figura 13: Verifica grafica

Come è evidente nella verifica grafica sopra riportata in ogni punto la struttura risulta verificata.

Seguono, a titolo di esempio di come il programma esegue le verifiche strutturali per ogni sezione, i dettagli delle verifiche delle aste maggiormente sollecitate per ciascuna tipologia di elemento in acciaio (colonna, trave longitudinale, travi trasversali). Per tutte le altre verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo.

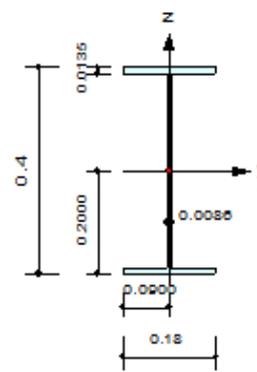
## 10.1 ELEMENTI IN ACCIAIO

### Trave IPE400

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sulla colonna più sollecitata, rappresentative di quelle eseguite sulle colonne della struttura:

#### 1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
Unit System : kN, m  
Member No : 23  
Material : S355 (No:1)  
( $F_y = 355000$ ,  $E_s = 210000000$ )  
Section Name : IPE400 (No:1)  
(Rolled : IPE400).  
Member Length : 1.80000



#### 2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = -92.484$  (LCB: 18, POS:I)  
Bending Moments  $M_y = 199.363$ ,  $M_z = 0.00000$   
End Moments  $M_{yi} = 199.363$ ,  $M_{yj} = 197.744$  (for Lb)  
 $M_{yi} = 199.363$ ,  $M_{yj} = 197.744$  (for Ly)  
 $M_{zi} = 0.00000$ ,  $M_{zj} = 0.00000$  (for Lz)  
Shear Forces  $F_{yy} = 0.00000$  (LCB: 32, POS:I)  
 $F_{zz} = -2.7702$  (LCB: 19, POS:I)

Depth	0.40000	Web Thick	0.00800
Top F Width	0.18000	Top F Thick	0.01350
Bot.F Width	0.18000	Bot.F Thick	0.01350
Area	0.00845	Asz	0.00344
Qyb	0.07200	Qzb	0.00405
Iyy	0.00023	Izz	0.00001
Ybar	0.00000	Zbar	0.20000
Wely	0.00116	Welz	0.00015
ry	0.16467	rz	0.04036

#### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths  $L_y = 1.80000$ ,  $L_z = 1.80000$ ,  $L_b = 1.80000$   
Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
Equivalent Uniform Moment Factors  $C_{my} = 0.85$ ,  $C_{mz} = 0.85$ ,  $C_{mLT} = 1.00$

#### 4. Checking Results

##### Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 92.48/2999.75 = 0.031 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

##### Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 199.363/464.340 = 0.429 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.0000/80.0868 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

**Combined Resistance**

$$RNRd = \text{MAX}[ M\_Edy/Mny\_Rd, M\_Edz/Mnz\_Rd ]$$

$$Room = N\_Ed/(A*fy/Gamma\_M0), Rbend = M\_Edy/My\_Rd + M\_Edz/Mz\_Rd$$

$$Rc\_LT1 = N\_Ed/(Xiy*A*fy/Gamma\_M1)$$

$$Rb\_LT1 = (kyy*M\_Edy)/(Xi\_LT*Wply*fy/Gamma\_M1) + (kyz*Msdz)/(Wplz*fy/Gamma\_M1)$$

$$Rc\_LT2 = N\_Ed/(Xiz*A*fy/Gamma\_M1)$$

$$Rb\_LT2 = (Kzy*M\_Edy)/(Xi\_LT*Wply*fy/Gamma\_M1) + (Kzz*Msdz)/(Wplz*fy/Gamma\_M1)$$

$$Rmax = \text{MAX}[ RNRd, (Room+Rbend), \text{MAX}(Rc\_LT1+Rb\_LT1, Rc\_LT2+Rb\_LT2) ] = 0.460 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

**Shear Resistance**

$$V\_Edy/Vy\_Rd = 0.000 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$V\_Edz/Vz\_Rd = 0.003 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

**5. Deflection Checking Results**

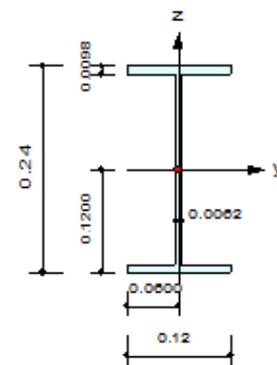
$$\text{Story High}/300.0 = 0.0060 > 0.0039 \text{ (Memb:23, LCB: 30, Dir-X)} \dots \text{O.K}$$

**Trave principale trasversale IPE400-240**

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sull'elemento IPE400-240 di copertura, rappresentative di quelle eseguite sulle travi trasversali della struttura:

**1. Design Information**

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kN, m  
 Member No : 29  
 Material : S355 (No:1)  
 (Fy = 355000, Es = 210000000)  
 Section Name : var 400-240 (No:2)  
 Position I : BH 272x127x7.84/12.16 (Tapered Section)  
 Position J : BH 240x120x6.2/9.8  
 Member Length : 0.36560



**2. Member Forces**

Axial Force : Fxx = -35.961 (LCB: 18, POS:J)  
 Bending Moments : My = -96.660, Mz = 0.00000  
 End Moments : Myi = -114.14, Myj = -96.660 (for Lb)  
 : Myi = -114.14, Myj = -96.660 (for Ly)  
 : Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)

Depth	0.24000	Web Thick	0.00620
Top F Width	0.12000	Top F Thick	0.00980
Bot.F Width	0.12000	Bot.F Thick	0.00980
Area	0.00391	Asz	0.00149
Qyb	0.02790	Qzb	0.00180
Iyy	0.00004	Izz	0.00000
Ybar	0.06000	Zbar	0.12000
Wely	0.00032	Welz	0.00005
ry	0.09974	rz	0.02693

Shear Forces  $F_{yy} = 0.00000$  (LCB: 32, POS:I)  
 $F_{zz} = -47.731$  (LCB: 18, POS:J)

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths  $L_y = 0.36560$ ,  $L_z = 0.36560$ ,  $L_b = 0.36560$   
 Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
 Equivalent Uniform Moment Factors  $C_{my} = 1.00$ ,  $C_{mz} = 1.00$ ,  $C_{mLT} = 1.00$

### 4. Checking Results

#### Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 35.96/1388.63 = 0.026 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

#### Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 96.660/122.833 = 0.787 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.0000/25.8007 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

#### Combined Resistance

$$R_{NRd} = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \Gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, (R_{oom} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2})] = 0.813 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

#### Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.142 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

### 5. Deflection Checking Results

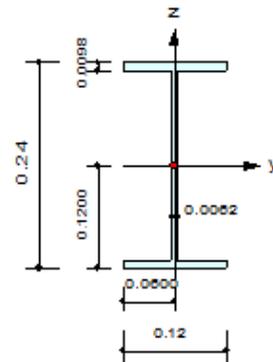
$$L/250.0 = 0.0073 > 0.0006 \text{ (Memb:2, LCB: 30, POS: 1.0m, Dir-Z)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

## Trave principale trasversale IPE240-160

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sull'elemento IPE240-160 di copertura, rappresentative di quelle eseguite sulle travi trasversali della struttura:

### 1. Design Information

Design Code	: Eurocode3:05
Unit System	: kN, m
Member No	: 25
Material	: S355 (No:1) ( $F_y = 355000$ , $E_s = 210000000$ )
Section Name	: var 240-160 (No:4)
Position I	: BH 240x120x6.2/9.8 (Tapered Section)
Position J	: BH 224x112.4x5.96/9.32
Member Length	: 0.59017



### 2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = -1.0691$ (LCB: 18, POS:I)
Bending Moments	$M_y = -96.660$ , $M_z = 0.00000$
End Moments	$M_{yi} = -96.660$ , $M_{yj} = -70.146$ (for Lb) $M_{yi} = -96.660$ , $M_{yj} = -70.146$ (for Ly) $M_{zi} = 0.00000$ , $M_{zj} = 0.00000$ (for Lz)
Shear Forces	$F_{yy} = 0.00000$ (LCB: 32, POS:I) $F_{zz} = -44.805$ (LCB: 18, POS:J)

Depth	0.24000	Web Thick	0.00620
Top F Width	0.12000	Top F Thick	0.00980
Bot.F Width	0.12000	Bot.F Thick	0.00980
Area	0.00391	Asz	0.00149
Q <sub>yc</sub>	0.02790	Q <sub>zb</sub>	0.00180
I <sub>yy</sub>	0.00004	I <sub>zz</sub>	0.00000
Y <sub>bar</sub>	0.00000	Z <sub>bar</sub>	0.12000
W <sub>ely</sub>	0.00032	W <sub>elz</sub>	0.00005
r <sub>y</sub>	0.00074	r <sub>z</sub>	0.00003

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 0.59017$ , $L_z = 0.59017$ , $L_b = 0.59017$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$ , $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 1.00$ , $C_{mz} = 1.00$ , $C_{mLT} = 1.00$

### 4. Checking Results

#### Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 1.07/1388.63 = 0.001 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

#### Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 96.660/122.833 = 0.787 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.0000/25.8007 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

**Combined Resistance**

$$RNRd = \text{MAX}[ M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd} ]$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \Gamma_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$$

$$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b\_LT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[ RNRd, (R_{oom} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2}) ] = 0.796 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

**Shear Resistance**

$$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.000 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.149 < 1.000 \dots \text{O.K}$$

**5. Deflection Checking Results**

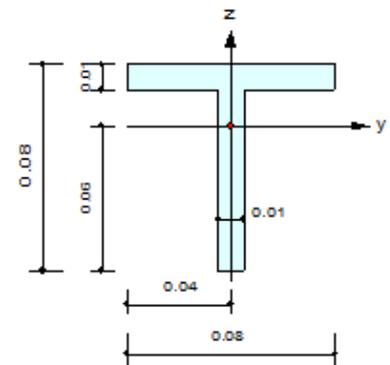
$$L/250.0 = 0.0024 > 0.0003 \text{ (Memb:25, LCB: 30, POS: 0.3m, Dir-Z)} \dots \text{O.K}$$

Le travi di copertura parallele all'asse del binario sono state modellate separatamente secondo lo schema statico di trave appoggiata – appoggiata (la luce è pari all'interasse dei pilastri = 3.5m). Di seguito se ne riportano le verifiche strutturali:

## Trave longitudinale

### 1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
Unit System : kN, m  
Member No : 58  
Material : S355 (No:1)  
( $F_y = 355000$ ,  $E_s = 210000000$ )  
Section Name : T70x70 (No:3)  
(Built-up Section).  
Member Length : 3.50000



### 2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = 0.00000$  (LCB: 18, POS:1/2)  
Bending Moments  $M_y = -6.4290$ ,  $M_z = 0.00000$   
End Moments  $M_{yi} = 0.00000$ ,  $M_{yj} = 0.00000$  (for  $L_b$ )  
 $M_{yi} = 0.00000$ ,  $M_{yj} = 0.00000$  (for  $L_y$ )  
 $M_{zi} = 0.00000$ ,  $M_{zj} = 0.00000$  (for  $L_z$ )  
Shear Forces  $F_{yy} = 0.00000$  (LCB: 32, POS:I)  
 $F_{zz} = 7.34742$  (LCB: 18, POS:I)

Depth	0.08000	Web Thick	0.01000
Top F Width	0.08000	Top F Thick	0.01000
Area	0.00150	Azz	0.00080
Qyb	0.00150	Qzb	0.00080
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.04000	Zbar	0.05033
Wely	0.00002	Welz	0.00001
ry	0.02436	rz	0.01098

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths  $L_y = 3.50000$ ,  $L_z = 3.50000$ ,  $L_b = 3.50000$   
Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
Equivalent Uniform Moment Factors  $C_{my} = 1.00$ ,  $C_{mz} = 1.00$ ,  $C_{mLT} = 1.00$

### 4. Checking Results

#### Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{tRd} = 0.000/532.500 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

#### Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 6.4290/10.1064 = 0.636 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.00000/6.30125 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

**Linea AV/AC VERONA – PADOVA****1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**Titolo:  
RELAZIONE  
FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60  
RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL FV 0100002A

. Pag  
48 di 51

## Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[ M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd} ]$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$$

$$R_{max} = \text{MAX}[ RNRd, (R_{oom} + R_{bend}) ] = 0.636 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

## Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

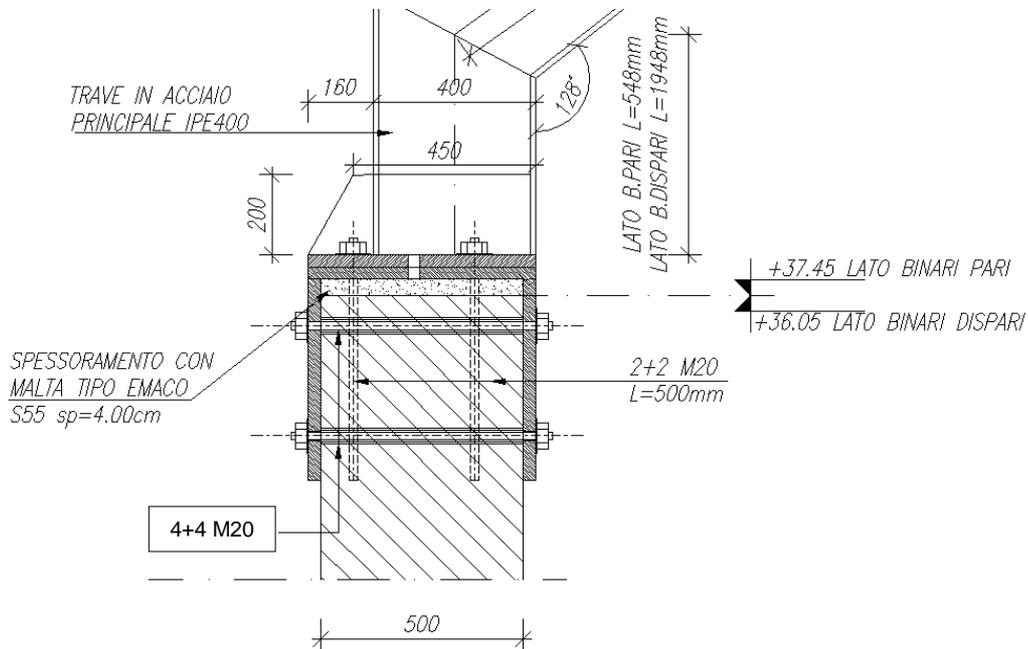
$$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.045 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

**PIASTRA DI BASE**

Si riportano a seguire le sollecitazioni di calcolo alla base della mensola, dimensionanti per le verifiche della piastra di base:

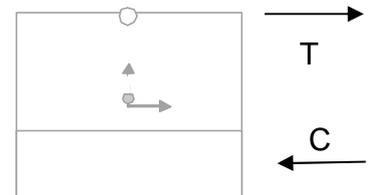
Momento trasversale  $M_y = 199.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$  (SLU)

Sforzo normale  $N = 92.5 \text{ kN}$



A favore di sicurezza si trascura il contributo dei tirafondi posti sopra la testa del muro

Base sezione collaborante  $B = 400\text{mm}$   
 Altezza sezione  $H = 500\text{mm}$   
 Taglio indotto sulle barre orizzontali  $T = 420 \text{ KN}$   
 Numero di bulloni  $n = 8$   
 Taglio agente sul singolo bullone  $T_b = T/8 = 52.5 \text{ KN}$   
 Diametro bulloni  $M20$



 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA BANCHINA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. <b>INOD 00 DI2 CL FV 0100002A</b>	. Pag <b>50 di 51</b>

#### CALCOLO DELLA RESISTENZA A TAGLIO

Resistenza a taglio nel piano del gambo per bulloni di classe 8.8

$$F_v, R_d = (0,6 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2} = 94,08 \text{ kN}$$

dove:

$f_{tb}$  800 N/mm<sup>2</sup> resistenza a rottura dell'acciaio del bullone

$A_{res}$  245 mm<sup>2</sup> area resistente della vite

$\gamma_{M2}$  1.25 adim. coefficiente di sicurezza delle unioni (Tab.4.2.XII, NTC 2008)

$F_v, R_d > T_b$  Verifica soddisfatta.