

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA - VITERBO**  
**TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR1J 00 D 29 CL FV0200 202 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	USAI 	11.2019	PASSARO 	11.2019	PAOLETTI 	11.2019	ARDUINI 11.2019  ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° 18902 del 1/11/19

File: NR1J00D29CLFV0200202A.docx

n. Elab.: 461.08

1. GENERALITA .....	4
1.1. PREMESSA.....	4
1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
1.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
2. MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	10
3. ANALISI DEI CARICHI .....	12
3.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	12
3.2. CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	12
3.3. CARICO VARIABILE SULLA COPERTURA.....	12
3.4. AZIONE TERMICA .....	12
3.5. CARICO DELLA NEVE SULLA COPERTURA.....	13
3.6. AZIONE DEL VENTO.....	15
3.7. PRESSIONE AERODINAMICA DOVUTA AL PASSAGGIO DEI TRENI .....	17
3.8. AZIONE SISMICA .....	20
4. COMBINAZIONI DI CARICO .....	32
5. RISULTATI ANALISI MODALE .....	38
5.1. MASSA MODALE .....	38
5.2. COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE.....	38
5.3. PRINCIPALI FORME MODALI .....	39
6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	40
7. VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO .....	45
7.1. VERIFICHE DI RESISTENZA DI TUTTI GLI ELEMENTI.....	46
7.2. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE HEB360 .....	47
7.3. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE400 .....	49
7.4. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEB400.....	51
7.5. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEA160.....	53

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	3 di 74

7.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI CONTROVENTI L120X10 .....	55
1.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI CONTROVENTI 2 L150X100X12/20 .....	57
8.	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA.....	59
8.1.	TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI.....	59
8.2.	COLONNE – SPOSTAMENTI ORIZZONTALI.....	62
9.	VERIFICA GIUNTO DI BASE .....	65
9.1.	VERIFICA SEZIONE DI CONTATTO .....	67
9.2.	VERIFICA A FLESSIONE DELLA PIASTRA .....	70
9.3.	VERIFICA A TAGLIO - TRAZIONE DEL TIRAFONDO .....	70
9.4.	VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA .....	71
9.5.	VERIFICA A PUNZONAMENTO PIASTRA.....	71
9.6.	CALCOLO LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO DEI TIRAFONDI .....	71
9.7.	VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI .....	72

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	4 di 74

## 1. GENERALITA

### 1.1. Premessa

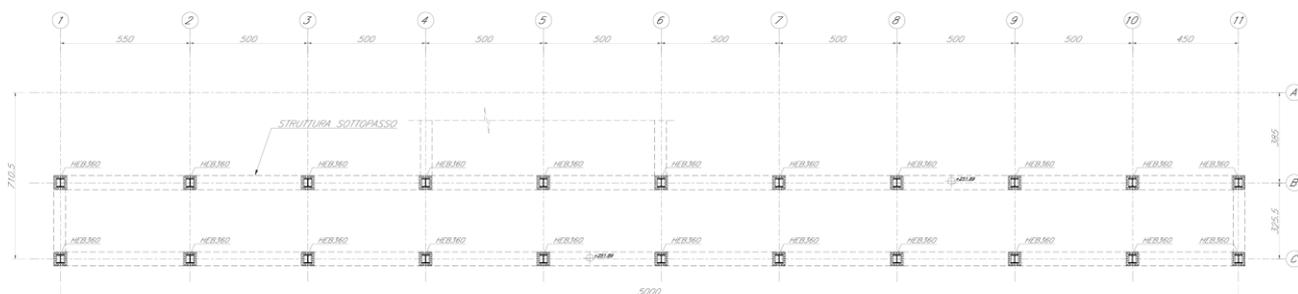
Nella seguente relazione tecnica si descrive l'analisi statica e sismica della pensilina d'acciaio lato binario pari sulla Fermata di Vigna di Valle FV02. Le caratteristiche dell'opera sono:

- 2 pilastri HE360B impostati ca 4m uno dall'altro nella direzione trasversale, con ca 4m di sbalzo;
- travi trasversali IPE400;
- travi longitudinali principali HE400B;
- travi longitudinali secondari HE160A;
- arcarecci HE160A;
- controventi di copertura 2 L120\*10;
- controventi di parete 2 L150\*100\*12/20.

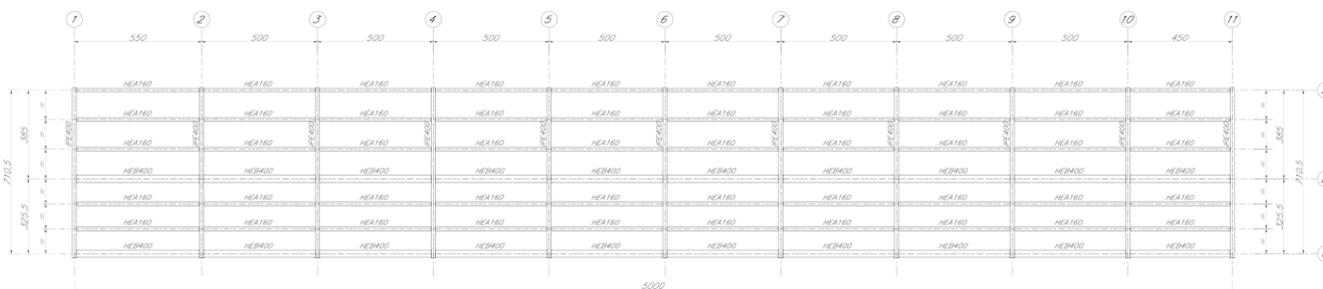
La lunghezza complessiva della pensilina è di 50 m.

La larghezza è di ca 8.0m.

PIANTA FILI FISSI  
SCALA 1:100



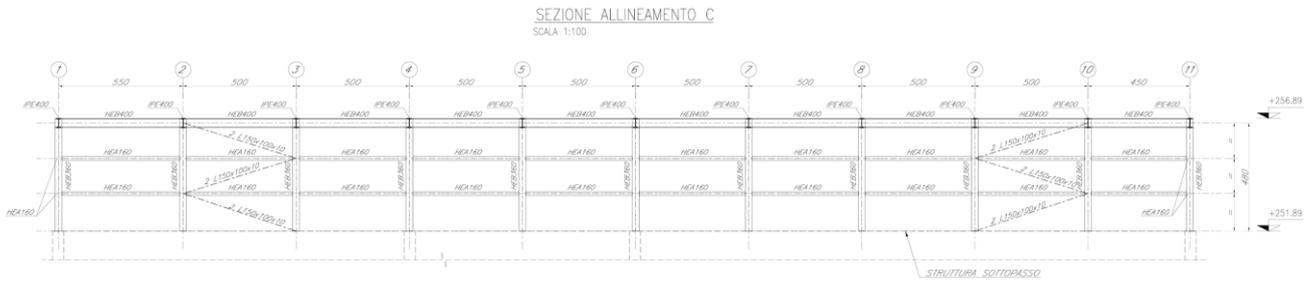
**Figura 1. Pianta fili fissi**



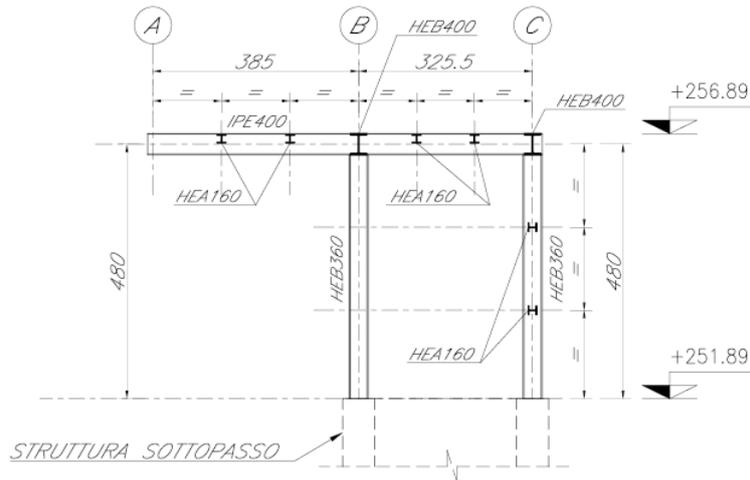
**Figura 2. Pianta copertura**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	5 di 74



**Figura 3. Sezione all. B**



**Figura 4. Sezione all. 7**

Tutti i pilastri della pensilina in oggetto sono fondati sulla struttura in c.a. del sottopasso di stazione.

## 1.2. Normativa di riferimento

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

### 1.3. Caratteristiche dei materiali

#### ACCIAI DA CARPENTERIA

- ACCIAIO per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 UNI EN 10025-DOP (Regolamento 305-2011)
- ACCIAIO per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 UNI EN 10025-DOP (Regolamento 305-2011)

Per quanto riguarda la classe di esecuzione, la qualità dei materiali (lamiere, profili, bulloni, ecc.), le saldature, e i rivestimenti superficiali vale quanto riportato al punto 6.6 del "CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 6" CAPITOLO 6.6. con le seguenti precisazioni:

#### CLASSE DI ESECUZIONE

EXC3

#### TIRAFONDI

- Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I
- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8 secondo UNI EN 898 parte II conformi per le caratteristiche dimensionali alla ISO 4032
- rondelle in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI EN ISO 7089

#### BULLONI

- Tutte le giunzioni bullonate sono "a taglio".

NOTE:

- i bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa e sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si dovranno prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento.

#### ALLETTAMENTO PIASTRA DI BASE

Realizzato con malta tipo Emaco S55.

## SALDATURE

In accordo al punto 6.6.7 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Le saldature si intendono continue, con lato del cordone almeno pari almeno allo 0.7 del minimo spessore da collegare.

Le saldature si intendono a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione).

## RIVESTIMENTI PROTETTIVI E ISOLAMENTO ELETTRICO

Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo al punto 6.6.10 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Verniciatura con cicli omologati In accordo al punto 6.6.10.3 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Tirafondi zincati a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 10684.

Le paline TE sui montanti della pensilina dovranno essere isolate da questi ai fini delle eventuali correnti vaganti, con fogli e boccole dielettriche in tessuto di vetro e resina epossidica avente caratteristiche meccaniche ed elettriche simili o superiori al Misolet LG11H.

Poiché la pensilina metallica ricade (in parte) in zona di rispetto TE dovrà essere collegata al C.R.T.E. tramite limitatore di tensione bidirezionale; inoltre al fine di poter considerare la pensilina come un'unica massa metallica le unioni bullonate devono essere realizzate con le parti affacciate NON verniciate, in alternativa si deve cavallottare ogni giunto.

## PROVE SUI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati dovranno essere effettuate prove in accordo al punto 6.6.4 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Per i tirafondi dovranno essere eseguite 3 prove di trazione e un'analisi chimica per ciascuna colata.

## CONTROLLO DEI MATERIALI LAVORATI

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti da parte di personale FS, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché a quelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti per ciascun lotto di produzione; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

I montanti devono essere marcati meccanicamente in maniera indelebile sulle due ali, possibilmente alla stessa altezza.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	9 di 74

#### CONTROLLO IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FS verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito degli stessi, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

## 2. MODELLAZIONE STRUTTURALE

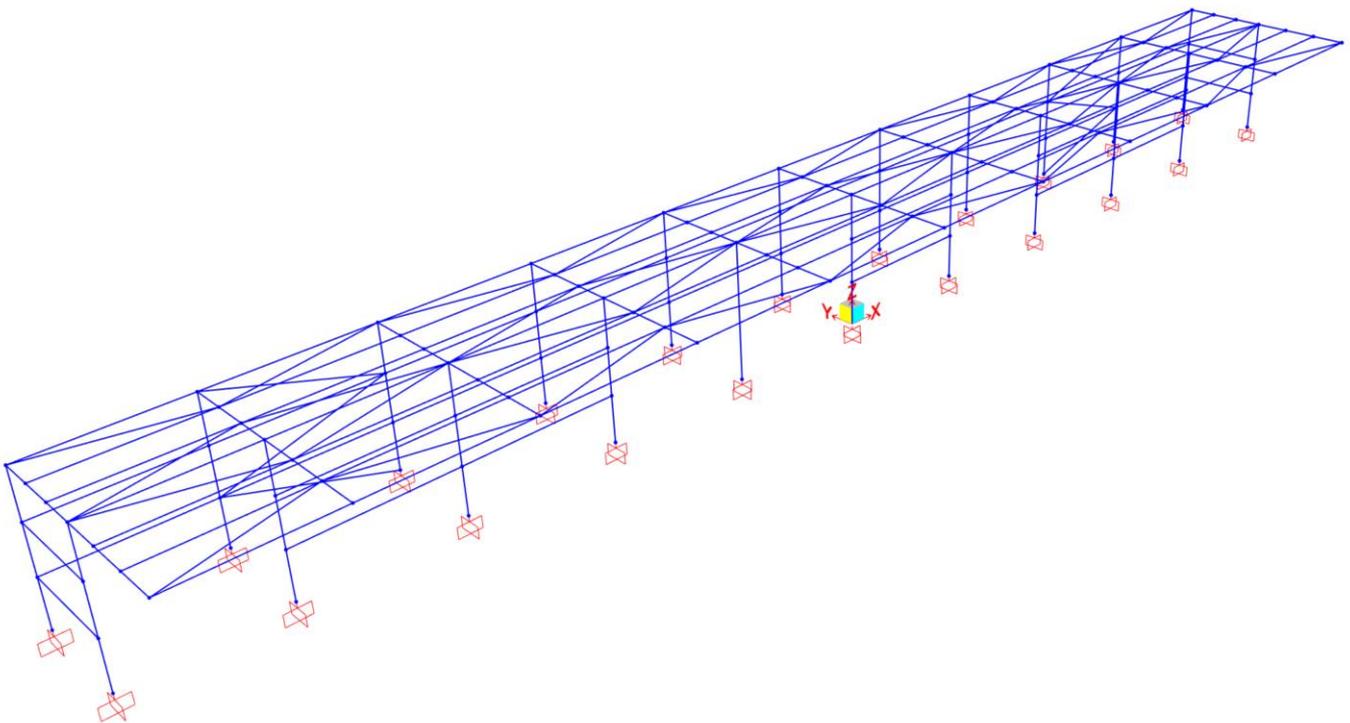
L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo                   SAP2000

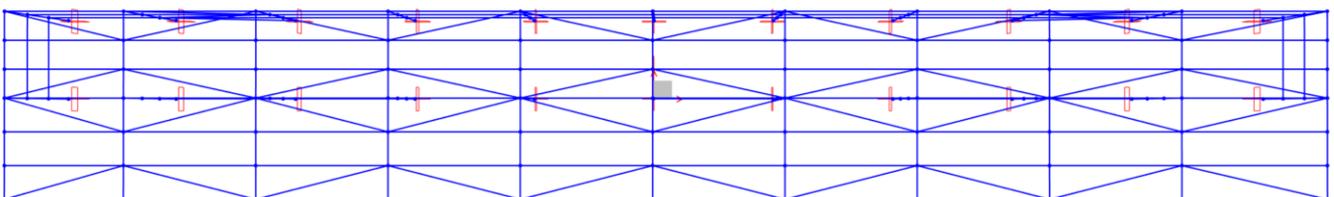
L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Le differenti membrature sono state discretizzate con elementi finiti monodimensionali.

L'output di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Il modello di calcolo della singola unità è mostrato in figura:



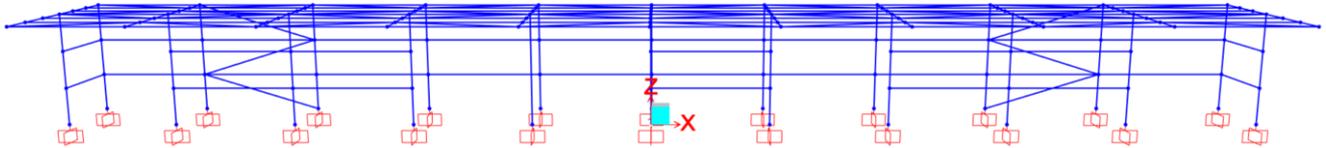
**Figura 5- Modello SAP2000, vista prospettica**



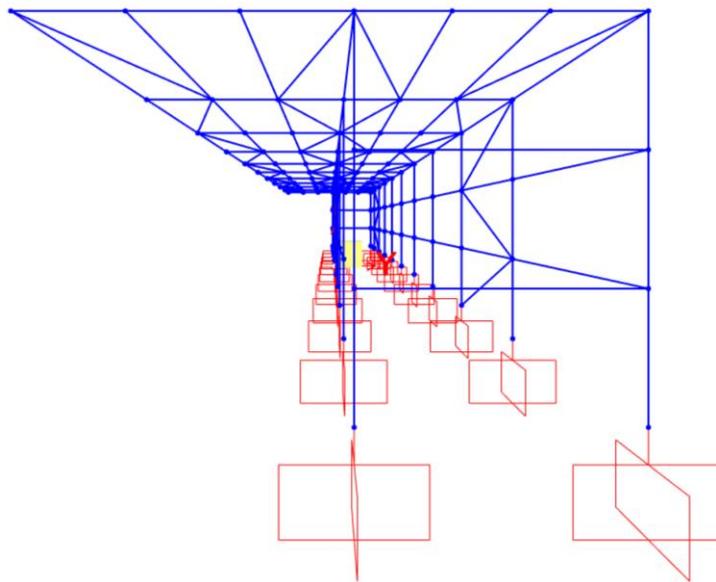
**Figura 6- Modello SAP2000, vista in pianta**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	11 di 74



**Figura 7- Modello SAP2000, vista prospetto longitudinale**



**Figura 8- Modello SAP2000, vista prospetto trasversale**

### 3. ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche.

Per il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali è stato impiegato il programma di calcolo SAP2000.

#### 3.1. Peso proprio della struttura

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

Per tenere conto di irrigidenti, fazzoletti, piattebande, il peso proprio dell'acciaio non è stato introdotto  $78.5 \text{ kN/m}^3$ , ma 20 % in più,  $94.2 \text{ kN/m}^3$

#### 3.2. Carichi permanenti non strutturali

Il peso della copertura e del controsoffitto:  $1.5 \text{ kN/m}^2$ .

Installazioni di copertura:  $0.20 \text{ kN/m}^2$

#### 3.3. Carico variabile sulla copertura

Il carico della manutenzione è di:  $0.5 \text{ kN/m}^2$  (categoria H)

#### 3.4. Azione termica

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente  $T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5. II delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura  $T$  nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

**Tabella 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici**

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente  $\Delta T_u$  e in particolare si assume  $\Delta T_u = \pm 25\text{ }^\circ\text{C}$  per tutta la struttura. Il coefficiente di dilatazione termica vale  $\alpha = 0.00001$ .

### 3.5. Carico della neve sulla copertura

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

$q_s$  - carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  - coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

$q_{sk}$  - valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], fornito al successivo §3.4.2 per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.3;

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.4.

- Zona III  $q_{sk} = 0.51 [1 + (a_s/481)^2]$   $\text{kN/m}^2$ ,  $a_s < 200\text{m}$   $\Rightarrow$   $q_{sk} = 0.6\text{ kN/m}^2$

La pensilina in acciaio si trova ad altitudine 170 m.

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, essendo un tipologico, si assume  $C_e = 1.0$ .

Il coefficiente termico  $C_t$  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  $C_t = 1.0$  (3.4.5 - NTC2018)

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 17 Gennaio 2018):

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	14 di 74

Tab.3.4.II (DM 17 Gennaio 2018):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha  $\alpha = 0^\circ$

$$\Rightarrow \mu_i = 0.8$$

$$q_s = 0.8 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.6 = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	15 di 74

### 3.6. Azione del vento

#### NTC 2018 - CALCOLO CARICO DA VENTO

**VELOCITA' BASE DI RIFERIMENTO** = **27** m/s

$$V_b = V_{b0} \times C_a$$

$V_{b0}$  = velocità base di riferimento al livello del mare - tab. 3.3.1

$C_a$  = coefficiente di altitudine

$$C_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$C_a = 1 + k_r (a_s/a_0 - 1) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500\text{m}$$

**Altitudine zona di installazione** = **250** m.s.m.

Valori dei parametri

Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

<b>vb0 [m]</b>	<b>a0 [m]</b>	<b>ks</b>
27	500	0.37

Coefficiente di altitudine 1

**VELOCITA' DI RIFERIMENTO** = **27** m/s

$$V_r = V_b \times C_r$$

$V_b$  = velocità base di riferimento

$C_r$  = coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritornodi progetto  $T_r$

COEFFICIENTE DI RITORNO

$$C_r = 0,75 \times \text{RADQ} (1 - 0,2 \times \text{LN}(-\text{LN}(1 - 1/T_r))) = 1$$

**TEMPO DI RITORNO** = **50** anni

per fasi di costruzione con durata prevista in sede di progetto superiore a un anno si assumerà  $TR \geq 50$  anni;

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	16 di 74

<b>PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO</b>	=	<b>455.625</b>	<b>N/mq</b>
$q_r$	=	$0,5 \times \rho \times v_r^2$	
$v_r$	=	velocità di riferimento	
$\rho$	=	1.25 kg/mc	densità dell'aria
<b>COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE</b>	=	<b>2.033</b>	
<b>CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO</b>			
Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive			
<b>DISTANZA DALLA COSTA / ALTITUDINE</b>			
terra da 10 a 30 km dalla costa			
<b>CATEGORIA DI ESPOSIZIONE AL SITO</b>	=	<b>III</b>	
<b>ALTEZZA STRUTTURA</b>	=	<b>8.5</b>	<b>m</b>
<b>COEFFICIENTE DI PRESSIONE</b>	=	<b>1</b>	
<b>COEFFICIENTE DINAMICO</b>	=	<b>1</b>	
<b>PRESSIONE DEL VENTO</b>	=	<b>0.93</b>	<b>kN/mq</b>

Pressione del vento sulle pareti  $p=0.93 \text{ KN/m}^2$

Pressione e depressione vento sulla copertura  $p=\pm 1.2 \times 0.93 = 1.116 \text{ KN/m}^2$

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	17 di 74

### 3.7. Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

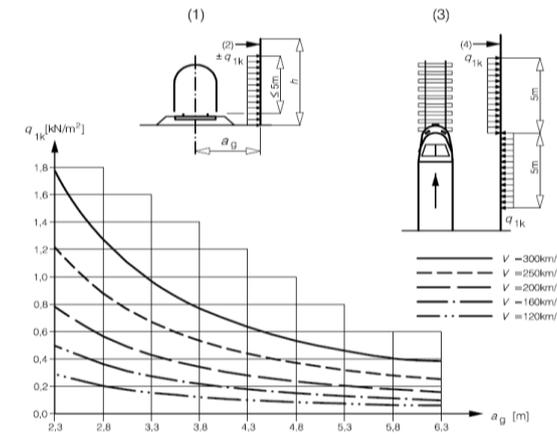
Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione secondo gli schemi riportati nel seguito.

L'ampiezza delle azioni dipende principalmente dai seguenti fattori:

- (a) dal quadrato della velocità del treno;
- (b) dalla forma aerodinamica del convoglio;
- (c) dalla forma della struttura;
- (d) dalla posizione della struttura e dalla distanza della stessa dal binario.

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno. I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni. In ogni caso, i valori delle azioni aerodinamiche dovranno essere cumulati con l'azione del vento.

#### a) pressione orizzontale sui piedritti



#### AERODINAMICA - §5.2.2.6.1 NTC18

Superfici verticali parallele al binario

- $a_{g,max0} = 5,30$  m      distanza asse binario struttura  
 $V = 200,00$  Km/h      velocità treno  
 $q_{1k} = 0,25$  kN/mq      caratteristica fig. 5.2.8 §5.2.2.6.1 NTC18  
 $k_1 = 1,00$       coef riduttivo forma treno  
 $K_2 = 1,00$       coef amplificativo geometria ostacolo  
 $q_2 = 0,25$  kN/mq      di calcolo

#### b) pressione verticale sulla copertura al di sopra dei binari

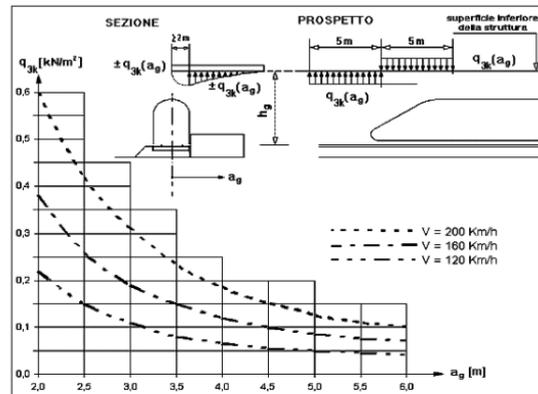


Figura 5.2.10 - Valori caratteristici delle azioni  $q_{3k}$  per superfici orizzontali adiacenti il binario

### AERODINAMICA - §5.2.2.6.3 NTC18

Superfici orizzontali adiacenti al binario

$a_{g,min}$  = 1,50 m distanza minima

$a_{g,max0}$  = 5,30 m distanza massima reale

$V$  = 200,00 Km/h velocità treno

$q_{3k,(max)}$  = 0,60 kN/mq caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.6.3 NTC18

$q_{3k,(min)}$  = 0,15 kN/mq caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.6.3 NTC18

$h_g$  = 4,95 m distanza P.F. intradosso pensilina

$K_3$  = 0,69 coeff riduttivo

$q_{2(max)}$  = 0,41 kN/mq

$q_{2(min)}$  = 0,10 kN/mq

$q_{2(med)}$  = 0,26 kN/mq valore medio

$q_{2Ed}$  = 0,41 kN/mq valore di calcolo

Si riporta a seguire la prescrizione indicata nel Manuale di Progettazione RFI, sez II, pag.74 di 497:

*In ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate con l'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque di 1,50 kN/m² sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU con  $\gamma_Q = 1,00$  e  $\gamma_{Qi} = 1,00$ .*

Il valore minimo della risultante della combinazione del vento e dell'azione aerodinamica si assumerà pari a 1,50 KN/m² per linee percorse a velocità  $V \leq 200$  Km/h e pari a 2,50 KN/m² per linee percorse a velocità  $V > 200$  Km/h.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	19 di 74

Nel caso in esame si distinguono i seguenti valori di pressione totale (azione del vento + effetto aerodinamico):

- sui piedritti pari a  $p^* = 0.93 \text{ kN/m}^2 + 0.25 \text{ kN/m}^2 = 1.18 \text{ kN/m}^2 < 1.5 \text{ kN/m}^2$   
si adotta quindi un valore minimo di pressione pari a  $1.5 \text{ kN/m}^2$ ;
- sulla copertura pari a  $p^* = 1.116 \text{ kN/m}^2 + 0.41 \text{ kN/m}^2 = 1.57 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$ .

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	20 di 74

### 3.8. Azione sismica

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento  $V_R$  in funzione dello stato limite, considerato:

- la vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera;
- la classe d'uso;
- il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

Per l'opera in esame si considera:

$V_N$       **75**      vita nominale dell'opera (anni)  
 $C_U$       **1.0**      coefficiente d'uso (classe II)  
 $V_R$       **75**      periodo di riferimento (anni)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE	LATITUDINE
12.21078	42.07699

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

Reticolo di riferimento

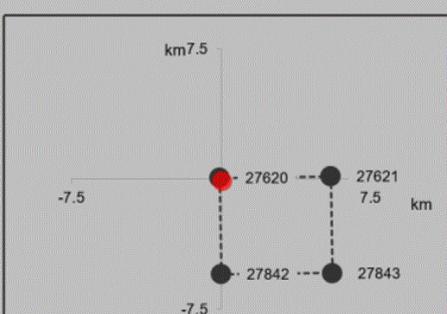
Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	21 di 74

Di seguito i parametri dell'azione sismica differenziata per i vari Stati Limite.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.036	2.660	0.248
SLD	75	0.041	2.674	0.274
SLV	712	0.071	2.929	0.349
SLC	1462	0.082	3.004	0.381

I parametri di risposta sismica locale sono:

- Categoria del sottosuolo **B**
- Categoria topografica **T<sub>1</sub>**

In relazione allo schema statico della struttura in esame il fattore di struttura  $q$  considerato nel calcolo delle azioni sismiche è pari a 1 per lo SLV è pari a 1.0 per lo SLD.

La valutazione degli effetti del sisma sulla struttura è effettuata tramite un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Si riportano di seguito gli spettri considerati, in relazione al sito, alle caratteristiche del sottosuolo e alle proprietà dissipative della struttura. Coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	22 di 74

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLV

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info

$S_s =$  **1.200**

$C_c =$  **1.358** info

Categoria topografica **T1** info

$h/H =$  **0.000**

$S_T =$  **1.000** info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta =$  **1.000** info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$  **1**

Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1**

$\eta =$  **1.000** info

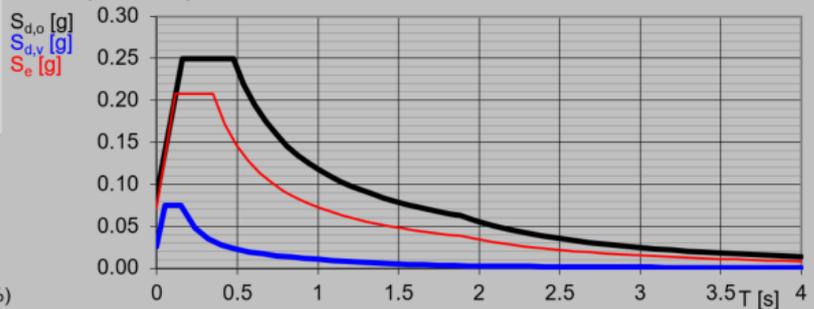
Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

Spettri di risposta



INTRO

FASE 1

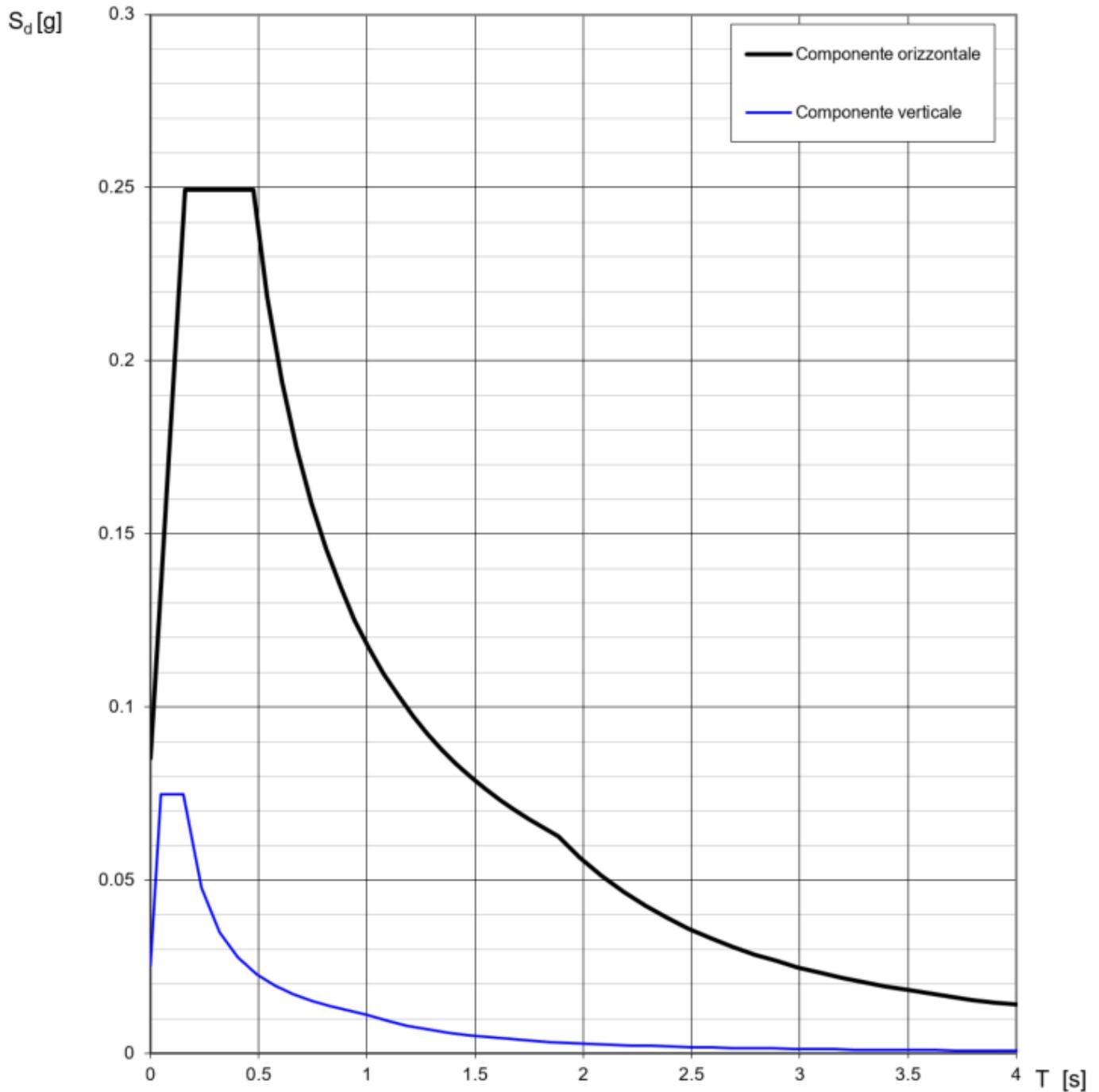
FASE 2

**FASE 3**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	23 di 74

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



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.071 g
$F_0$	2.929
$T_C^*$	0.349 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.358
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.158 s
$T_C$	0.474 s
$T_D$	1.884 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

**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  $S_d(T)$  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	0.085
$T_B$ ←	0.158	0.249
$T_C$ ←	0.474	0.249
	0.541	0.218
	0.608	0.194
	0.675	0.175
	0.742	0.159
	0.809	0.146
	0.877	0.135
	0.944	0.125
	1.011	0.117
	1.078	0.110
	1.145	0.103
	1.212	0.097
	1.279	0.092
	1.347	0.088
	1.414	0.084
	1.481	0.080
	1.548	0.076
	1.615	0.073
	1.682	0.070
	1.749	0.068
	1.817	0.065
$T_D$ ←	1.884	0.063
	1.984	0.056
	2.085	0.051
	2.186	0.047
	2.287	0.043
	2.388	0.039
	2.488	0.036
	2.589	0.033
	2.690	0.031
	2.791	0.029
	2.891	0.027
	2.992	0.025
	3.093	0.023
	3.194	0.022
	3.295	0.020
	3.395	0.019
	3.496	0.018
	3.597	0.017
	3.698	0.016
	3.798	0.015
	3.899	0.015
	4.000	0.014

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	25 di 74

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLD

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLD** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info

Categoria topografica **T1** info

$S_s = 1.200$   $C_c = 1.425$  info

$h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$  **1** Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

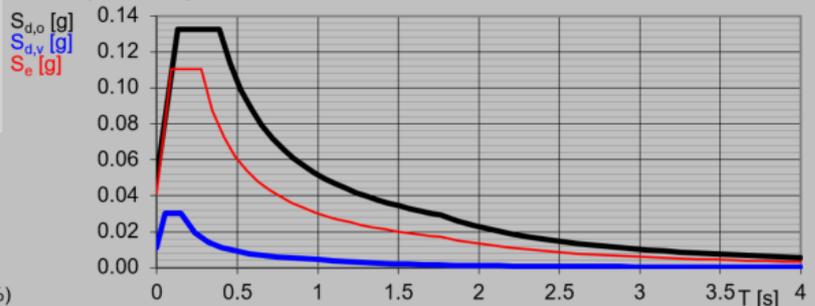
Fattore  $q$  **1**  $\eta = 1.000$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

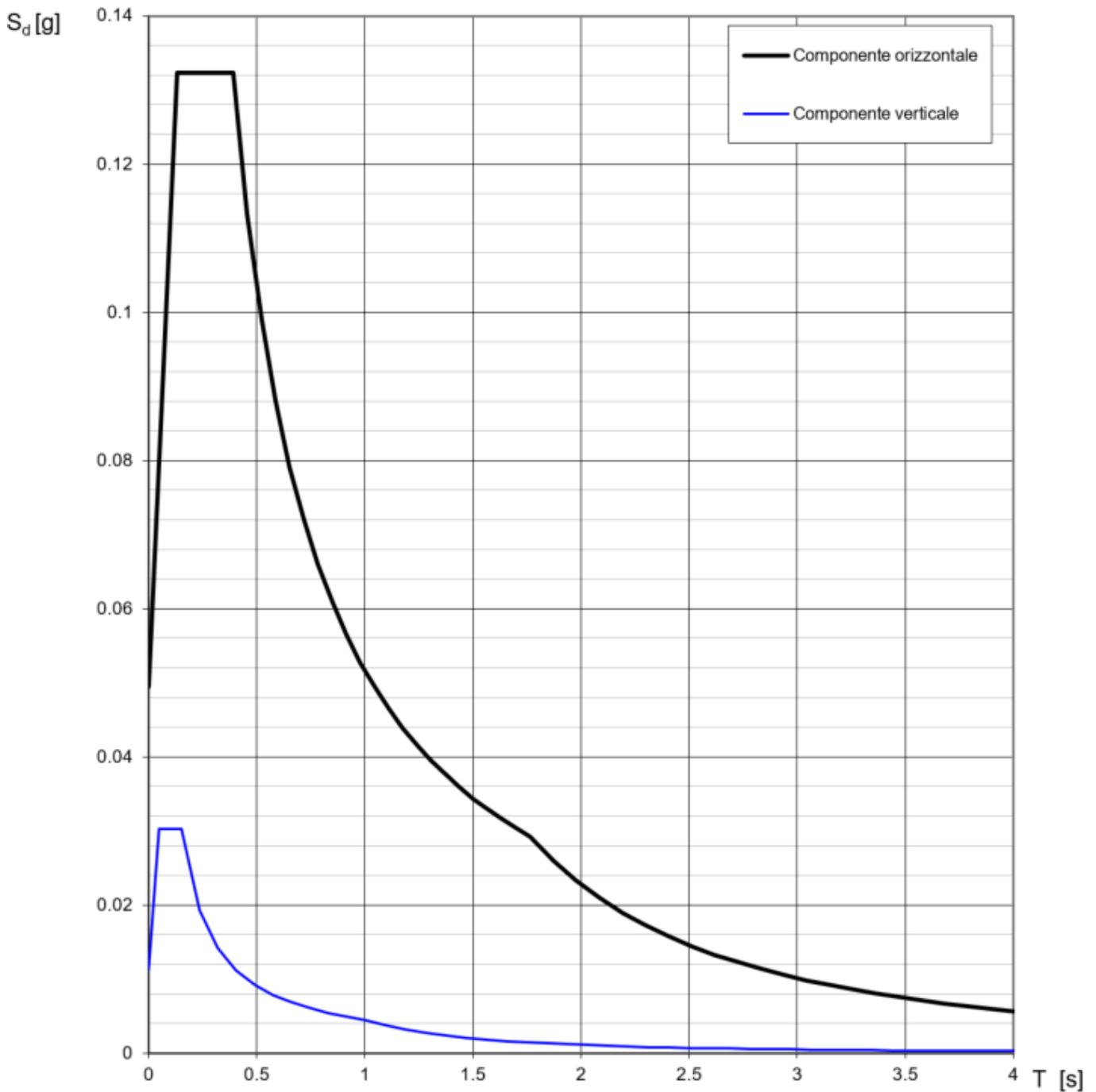
FASE 2

**FASE 3**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	26 di 74

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



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.041 g
$F_o$	2.674
$T_C$	0.274 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.425
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.130 s
$T_C$	0.390 s
$T_D$	1.765 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  $S_d(T)$  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	0.049
$T_B$ ←	0.130	0.132
$T_C$ ←	0.390	0.132
	0.456	0.113
	0.521	0.099
	0.587	0.088
	0.652	0.079
	0.718	0.072
	0.783	0.066
	0.849	0.061
	0.914	0.057
	0.980	0.053
	1.045	0.049
	1.110	0.047
	1.176	0.044
	1.241	0.042
	1.307	0.040
	1.372	0.038
	1.438	0.036
	1.503	0.034
	1.569	0.033
	1.634	0.032
	1.699	0.030
$T_D$ ←	1.765	0.029
	1.871	0.026
	1.978	0.023
	2.084	0.021
	2.191	0.019
	2.297	0.017
	2.403	0.016
	2.510	0.014
	2.616	0.013
	2.723	0.012
	2.829	0.011
	2.936	0.011
	3.042	0.010
	3.149	0.009
	3.255	0.009
	3.361	0.008
	3.468	0.008
	3.574	0.007
	3.681	0.007
	3.787	0.006
	3.894	0.006
	4.000	0.006

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	28 di 74

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLO

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

### Stato Limite

Stato Limite considerato **SLO** ▼ info

### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** ▼ info

$S_s =$  **1.200**

$C_c =$  **1.454** info

Categoria topografica **T1** ▼ info

$h/H =$  **0.000**

$S_T =$  **1.000** info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta =$  **1.000** info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$  **1**

Regol. in altezza **no** ▼ info

### Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1**

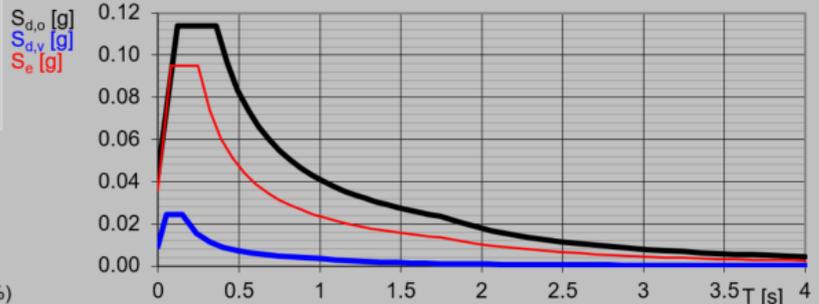
$\eta =$  **1.000** info

### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶

### Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

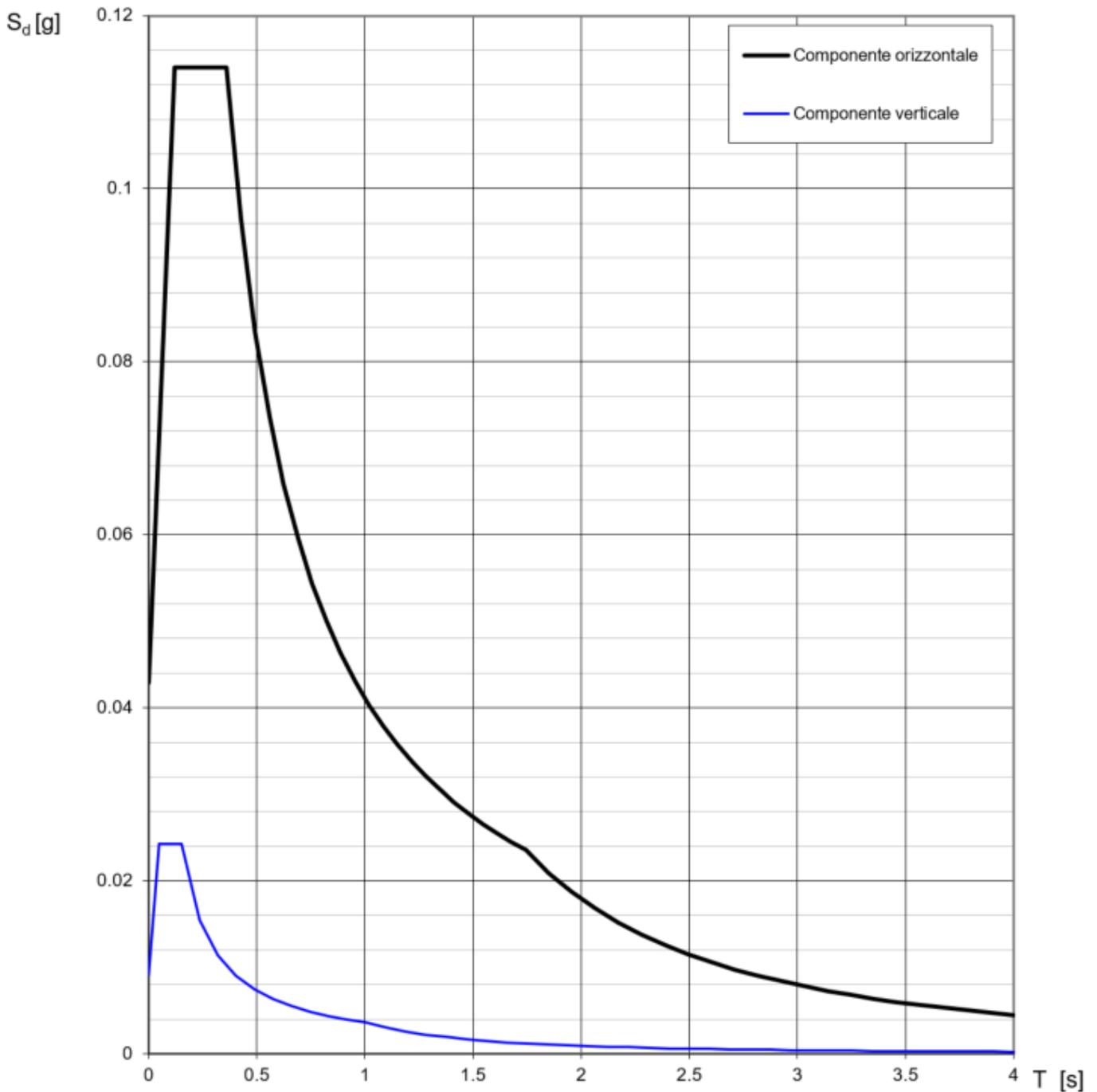
FASE 2

**FASE 3**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	29 di 74

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



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0.036 g
$F_0$	2.660
$T_C$	0.248 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.454
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.120 s
$T_C$	0.360 s
$T_D$	1.743 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  $S_d(T)$  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	0.043
$T_B$ ←	0.120	0.114
$T_C$ ←	0.360	0.114
	0.426	0.096
	0.492	0.084
	0.558	0.074
	0.624	0.066
	0.689	0.060
	0.755	0.054
	0.821	0.050
	0.887	0.046
	0.953	0.043
	1.019	0.040
	1.084	0.038
	1.150	0.036
	1.216	0.034
	1.282	0.032
	1.348	0.030
	1.414	0.029
	1.480	0.028
	1.545	0.027
	1.611	0.025
	1.677	0.024
$T_D$ ←	1.743	0.024
	1.850	0.021
	1.958	0.019
	2.065	0.017
	2.173	0.015
	2.280	0.014
	2.388	0.013
	2.495	0.011
	2.603	0.011
	2.710	0.010
	2.818	0.009
	2.925	0.008
	3.033	0.008
	3.140	0.007
	3.248	0.007
	3.355	0.006
	3.463	0.006
	3.570	0.006
	3.678	0.005
	3.785	0.005
	3.893	0.005
	4.000	0.004

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Come prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al punto 7.3.3.1 delle NTC2018.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_z + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_y$$

#### 4. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si riportano per comodità le combinazioni delle azioni riportate nella normativa alla quale è possibile fare riferimento per la simbologia adottata:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara). generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica. impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni

eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	33 di 74

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

<b><u>Peso proprio</u></b>		$\gamma_g=1.35$			
$g_1 =$	Pilastri				
	Travi - Longitudinali				
	Travi - Transversali				
	Travi - Secondari				
<b><u>Permanenti non strutturali</u></b>		$\gamma_{\Delta g}=1.5$			
$\Delta g =$	Copertura				
	Installazioni di copertura				
	Pannelli				
	Controsoffitti				
	Installazione elettrica - Catenaria				
<b><u>Variabili</u></b>		$\gamma_{Qi} = 1.5$	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
$q_1 =$	Vento <sub>1</sub>		0.6	0.5	0.0
$q_2 =$	Neve		0.5	0.2	0.0
$q_3 =$	Copertura		0.0	0.0	0.0
$q_4 =$	Aerodinamica		0.8	0.8	0.0
<b><u>Temperature changes</u></b>					
$t^+ =$	$\Delta t^+ + t^{o+}$		0.6	0.6	0.5
$t =$	$t^o = -25^\circ\text{C}$		0.6	0.6	0.5
<b><u>Sismica</u></b>					
SLVx	Sisma X SLV				
SLVy	Sisma Y SLV				
SLVz	Sisma Z SLV				
SLDx	Sisma X SLD				
SLDy	Sisma Y SLD				
SLDz	Sisma Z SLD				

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	34 di 74

STATO LIMITE ESERCIZIO									
CARATTERISTICA					$G_1 + \Delta G + P + Q_{k1} + \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$				
	g	$\Delta g$	$q_{1.1}$	$q_{1.2}$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$t^+$	$t^-$
K <sub>1</sub>	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0.6	0
K <sub>2</sub>	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0	0.6
K <sub>3</sub>	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0.6	0
K <sub>4</sub>	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0	0.6
K <sub>5</sub>	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0.6	0
K <sub>6</sub>	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0	0.6
K <sub>7</sub>	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0.6	0
K <sub>8</sub>	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0	0.6
K <sub>9</sub>	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0.6	0
K <sub>10</sub>	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0	0.6
K <sub>11</sub>	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0.6	0
K <sub>12</sub>	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0	0.6
K <sub>13</sub>	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0.6	0
K <sub>14</sub>	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0	0.6
K <sub>15</sub>	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0.6	0
K <sub>16</sub>	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0	0.6
K <sub>17</sub>	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	1	0
K <sub>18</sub>	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	1	0
K <sub>19</sub>	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	0	1
K <sub>20</sub>	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	0	1

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	35 di 74

FREQUENTE						$G_1 + \Delta G + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{2i} * Q_{ki}$			
	g	$\Delta g$	$q_{1.1}$	$q_{1.2}$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$t^+$	$t^-$
F <sub>1</sub>	1	1	<b>0.5</b>	0	0	0	0	0.5	0
F <sub>2</sub>	1	1	<b>0.5</b>	0	0	0	0	0	0.5
F <sub>3</sub>	1	1	0	<b>0.5</b>	0	0	0	0.5	0
F <sub>4</sub>	1	1	0	<b>0.5</b>	0	0	0	0	0.5
F <sub>5</sub>	1	1	0	0	<b>0.2</b>	0	0	0.5	0
F <sub>6</sub>	1	1	0	0	<b>0.2</b>	0	0	0	0.5
F <sub>7</sub>	1	1	0	0	0	0	<b>0.8</b>	0.5	0
F <sub>8</sub>	1	1	0	0	0	0	<b>0.8</b>	0	0.5
F <sub>9</sub>	1	1	0	0	0	0	0	<b>0.6</b>	0
F <sub>10</sub>	1	1	0	0	0	0	0	0	<b>0.6</b>
QUASI PERMANENTE						$G_1 + \Delta G + P + \psi_{21} * Q_{k1}$			
	g	$\Delta g$	$q_{1.1}$	$q_{1.2}$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$t^+$	$t^-$
QP <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0
QP <sub>2</sub>	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	36 di 74

STATO LIMITE ULTIMO									
FONDAMENTALE			$\gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta G + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$						
	g	$\Delta g$	$q_{1.1}$	$q_{1.2}$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$t^+$	$t^-$
U <sub>1</sub>	1.35	1.5	<b>1.5</b>	0	0.75	0	1.2	0.9	0
U <sub>2</sub>	1.35	1.5	<b>1.5</b>	0	0.75	0	1.2	0	0.9
U <sub>3</sub>	1.35	1.5	0	<b>1.5</b>	0.75	0	1.2	0.9	0
U <sub>4</sub>	1.35	1.5	0	<b>1.5</b>	0.75	0	1.2	0	0.9
U <sub>5</sub>	1.35	1.5	0.9	0	<b>1.5</b>	0	1.2	0.9	0
U <sub>6</sub>	1.35	1.5	0.9	0	<b>1.5</b>	0	1.2	0	0.9
U <sub>7</sub>	1.35	1.5	0	0.9	<b>1.5</b>	0	1.2	0.9	0
U <sub>8</sub>	1.35	1.5	0	0.9	<b>1.5</b>	0	1.2	0	0.9
U <sub>9</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	<b>1.5</b>	1.2	0.9	0
U <sub>10</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	<b>1.5</b>	1.2	0	0.9
U <sub>11</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	<b>1.5</b>	1.2	0.9	0
U <sub>12</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	<b>1.5</b>	1.2	0	0.9
U <sub>13</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	<b>1.5</b>	0.9	0
U <sub>14</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	<b>1.5</b>	0	0.9
U <sub>15</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	<b>1.5</b>	0.9	0
U <sub>16</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	<b>1.5</b>	0	0.9
U <sub>17</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	<b>1.5</b>	0
U <sub>18</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	<b>1.5</b>	0
U <sub>19</sub>	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	0	<b>1.5</b>
U <sub>20</sub>	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	0	<b>1.5</b>

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	37 di 74

COMBINAZIONE SISMICA	E + G1 + G2 + P + $\psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \dots$											
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>
g <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\Delta g$	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
t <sup>+</sup>	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
t <sup>-</sup>	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5
SLVx	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLVy	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLVz	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0	0	0	0	0	0
SLDx	0	0	0	0	0	0	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
SLDy	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
SLDz	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1

## 5. RISULTATI ANALISI MODALE

La risposta dinamica della struttura in assenza di forzanti esterne è stata determinata mediante il metodo della analisi modale, con determinazione degli autovalori e degli autovettori caratteristici del sistema; la sovrapposizione delle risposte modali è stata eseguita secondo il metodo CQC.

Nello svolgimento delle analisi sono stati indagati un numero di modi sufficienti ad eccitare la minima percentuale di massa strutturale richiesta dalla normativa NTC18.

### 5.1. Massa modale

La massa della struttura (pesi propri strutturali g1 + permanenti portati g2) è pari a ca 75 ton.

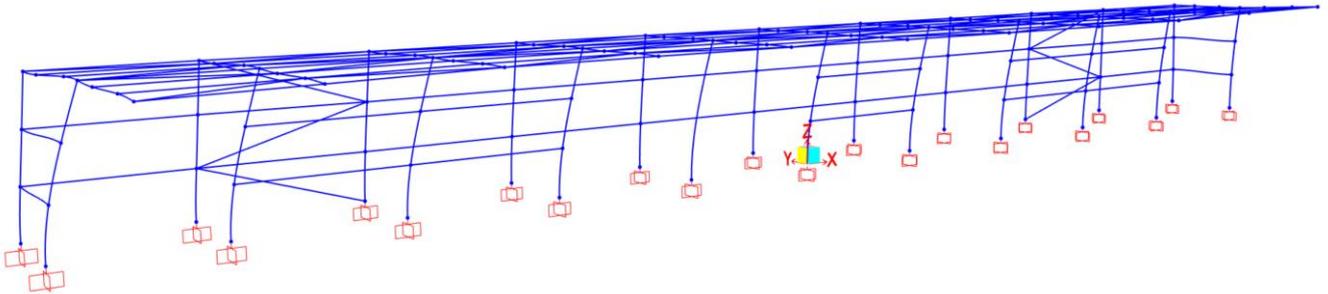
### 5.2. Coefficienti di partecipazione modale

StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.291	68%	0%	0%
Mode	2	0.215	0%	57%	4%
Mode	11	0.164	0%	16%	6%
Mode	12	0.162	0%	5%	4%

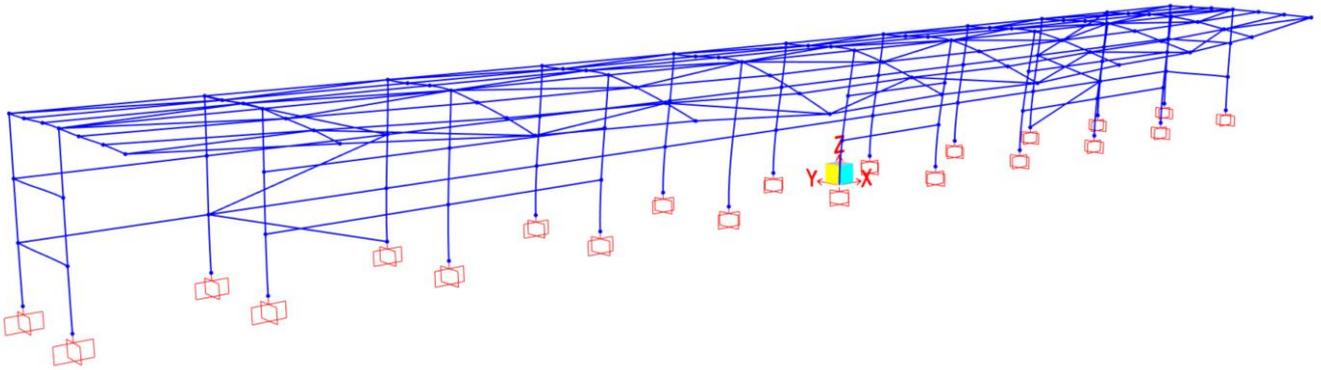
**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	39 di 74

### 5.3. Principali forme modali



**Figura 9- Modo 1, longitudinale (T=0.291 sec)**

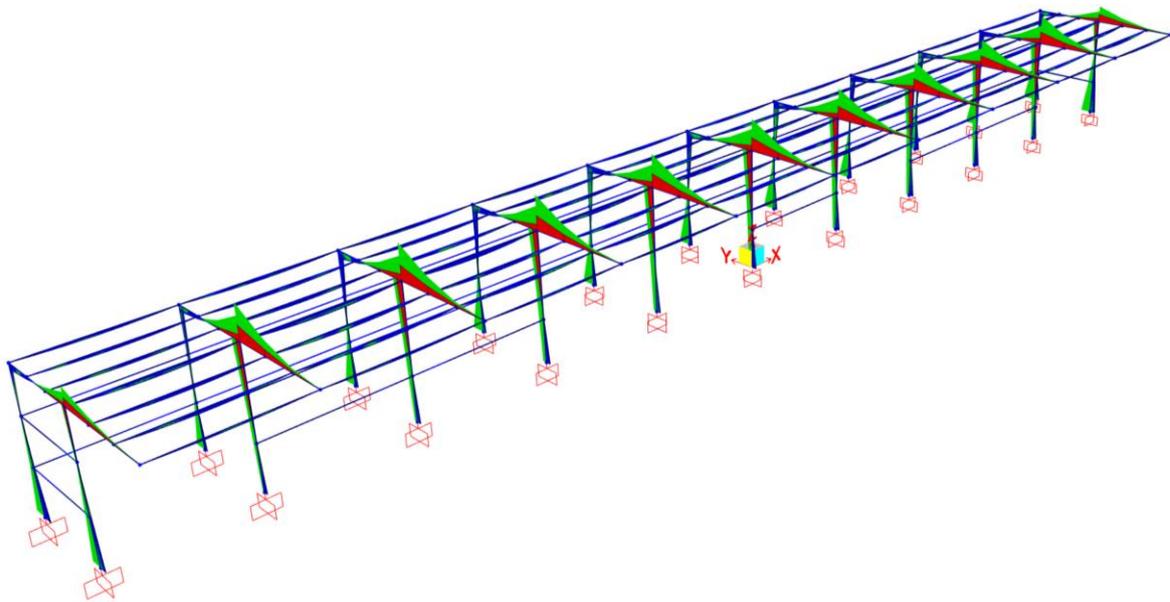


**Figura 10- Modo 2, trasversale (T=0.215 sec)**

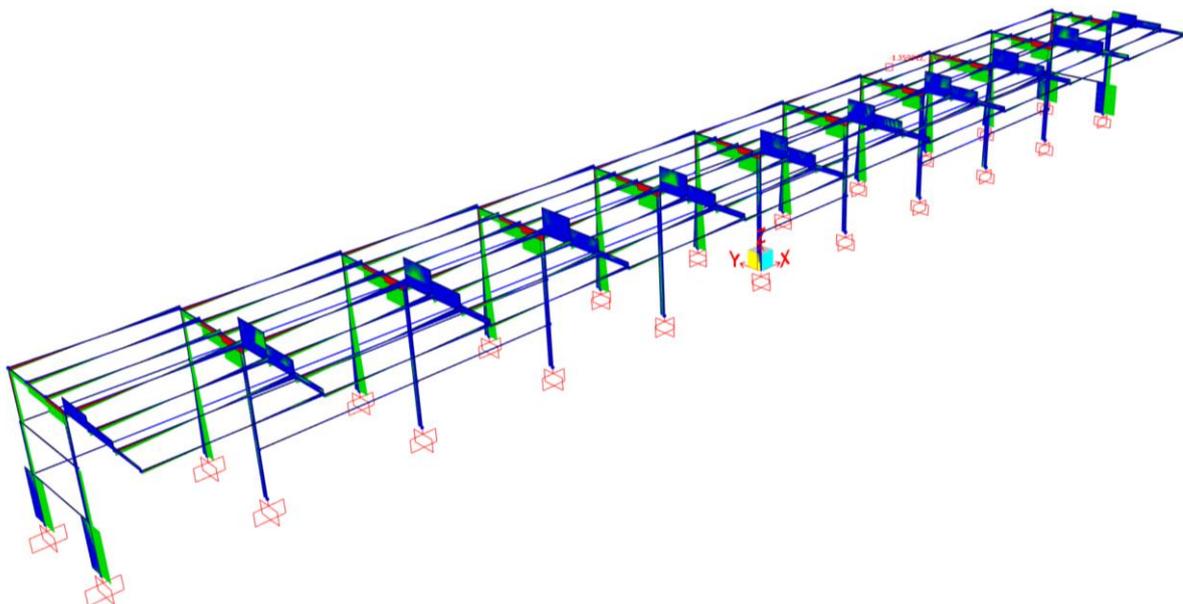
## 6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Vengono riportate nel seguito le immagini maggiormente significative degli involuipi delle sollecitazioni e delle deformate della struttura.

Nelle seguenti immagini, gli elementi secondari sono stati nascosti con finalità di chiarezza espositiva.



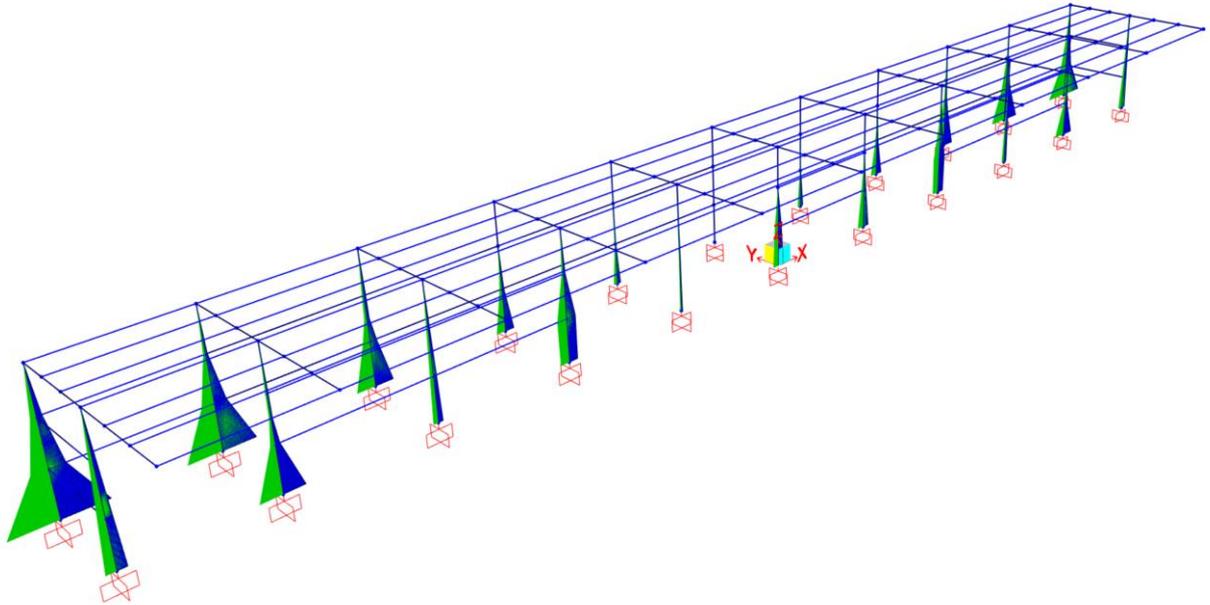
**Figura 11- Momento flettente M33 - Involuppo SLU**



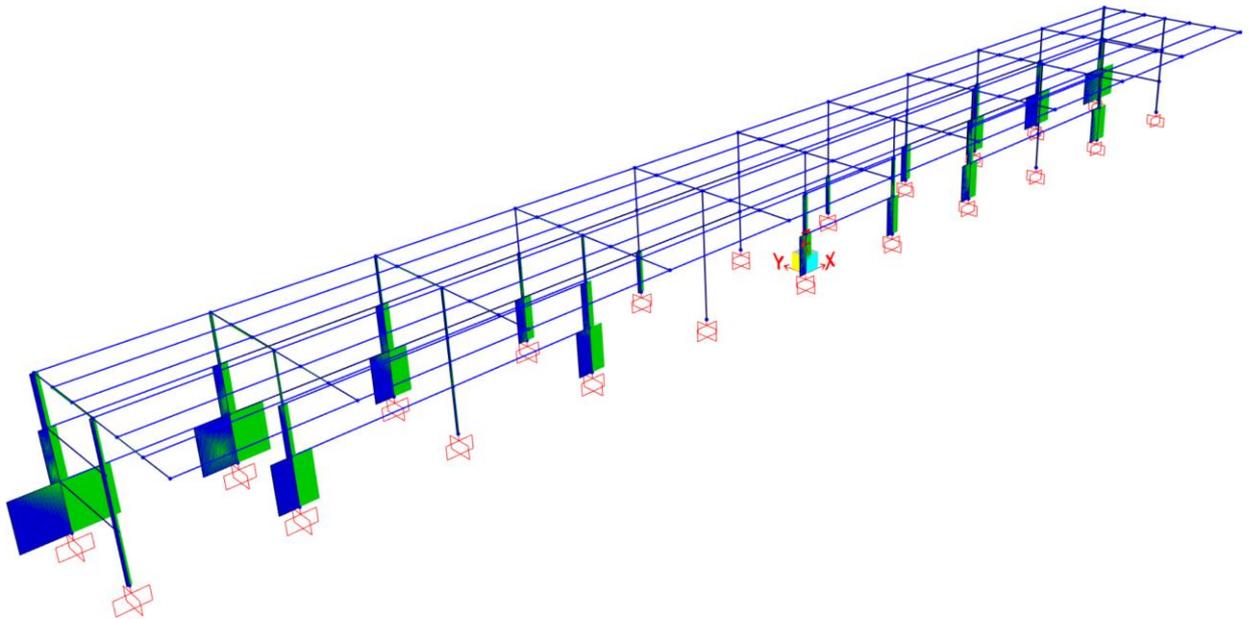
**Figura 12- Taglio V22 - Involuppo SLU**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	41 di 74



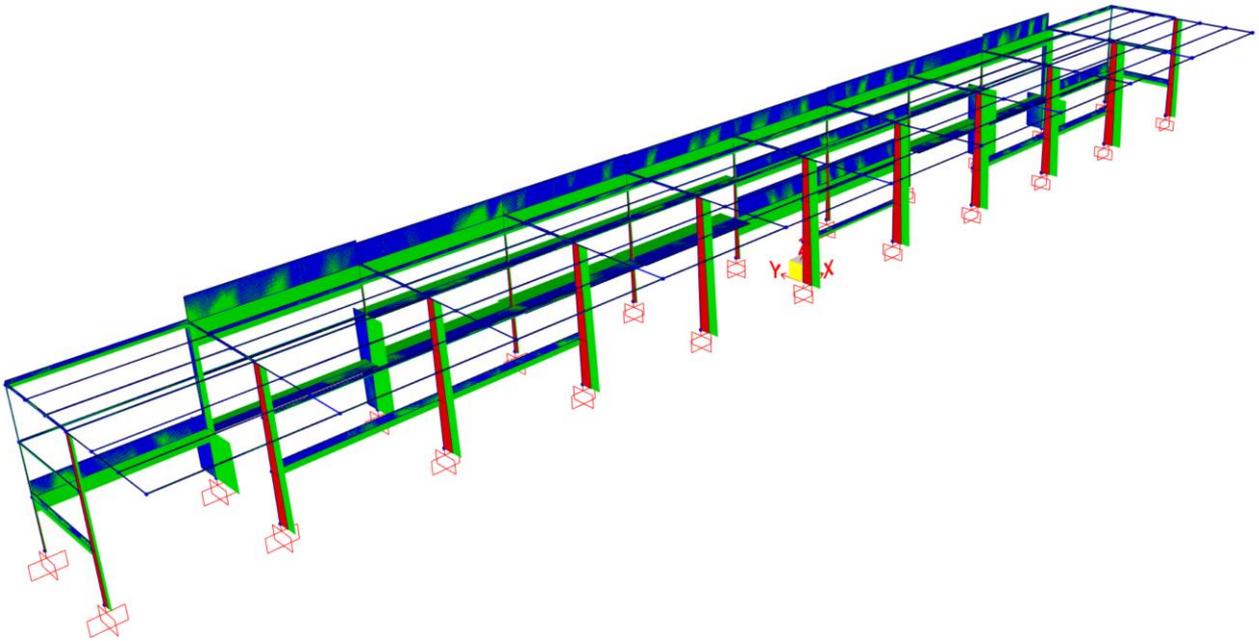
**Figura 13- Momento flettente M22 - Involuppo SLU**



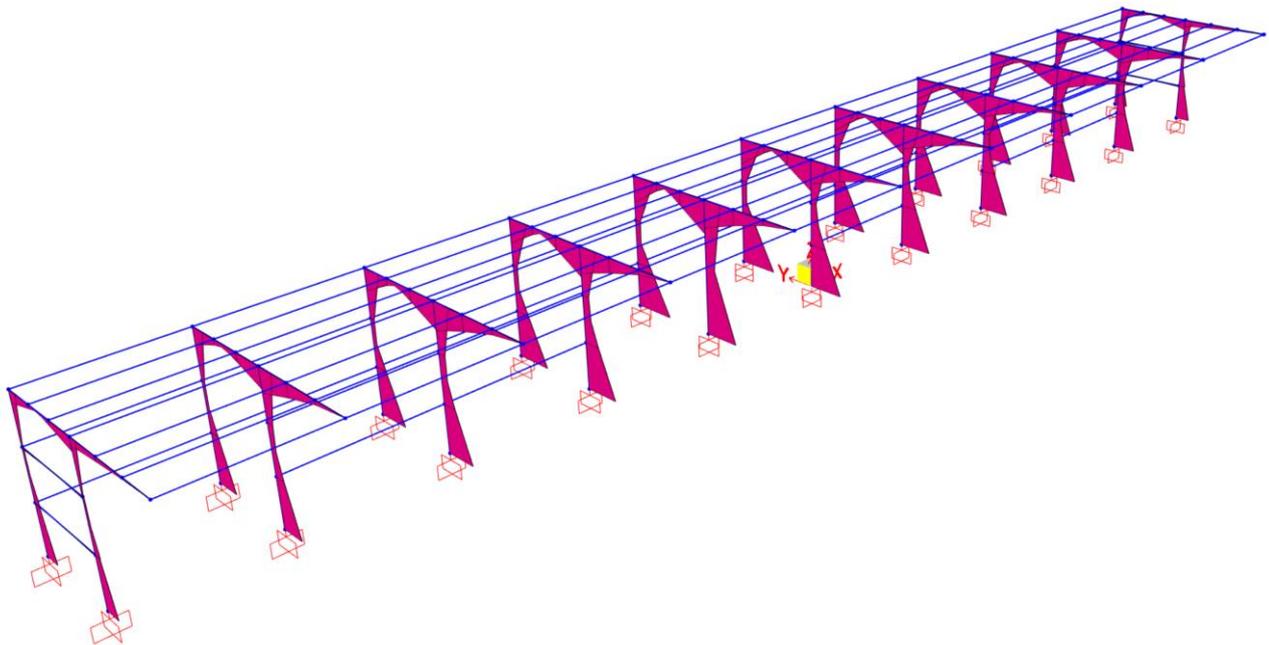
**Figura 14- Taglio V33 - Involuppo SLU**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	42 di 74



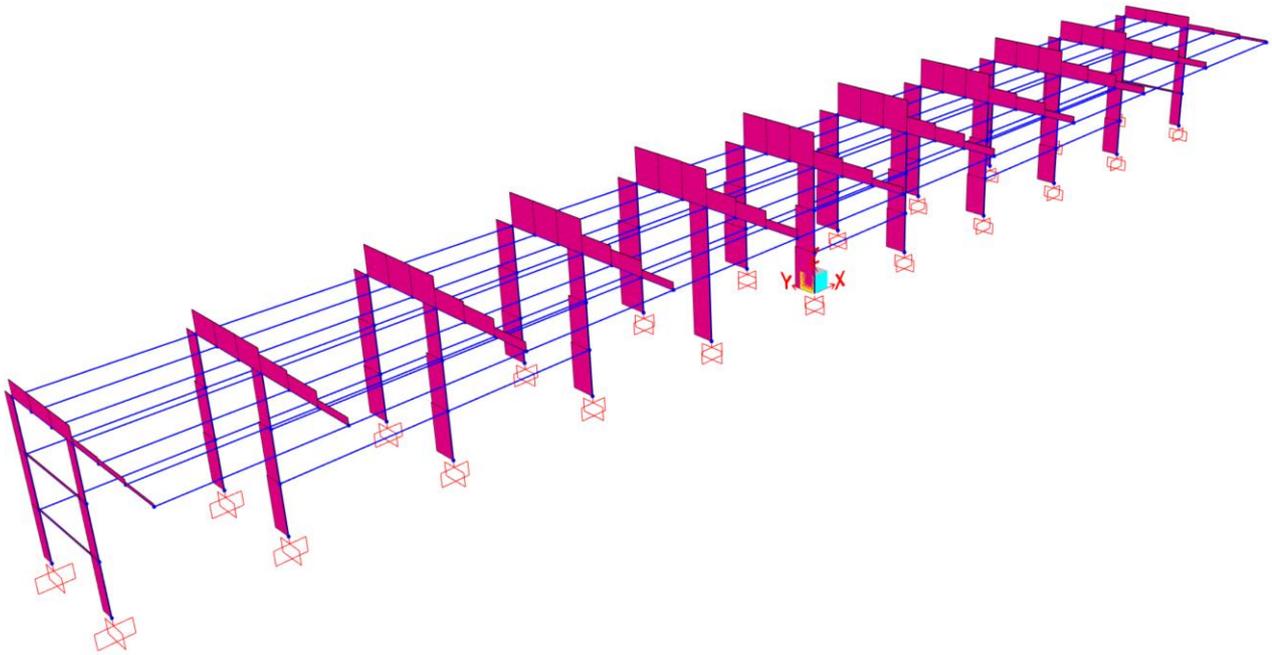
**Figura 15- Forza assiale N - Involuppo SLU**



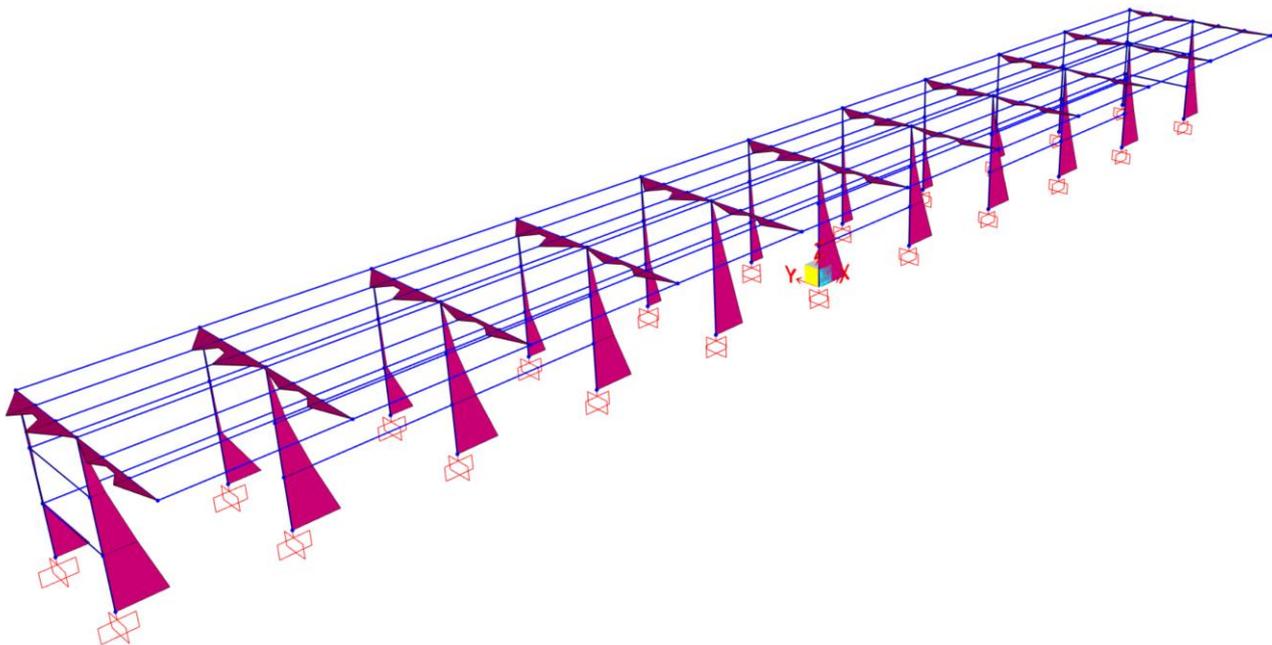
**Figura 16- Momento flettente M33 - Sisma trasversale SLV\_y**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	43 di 74



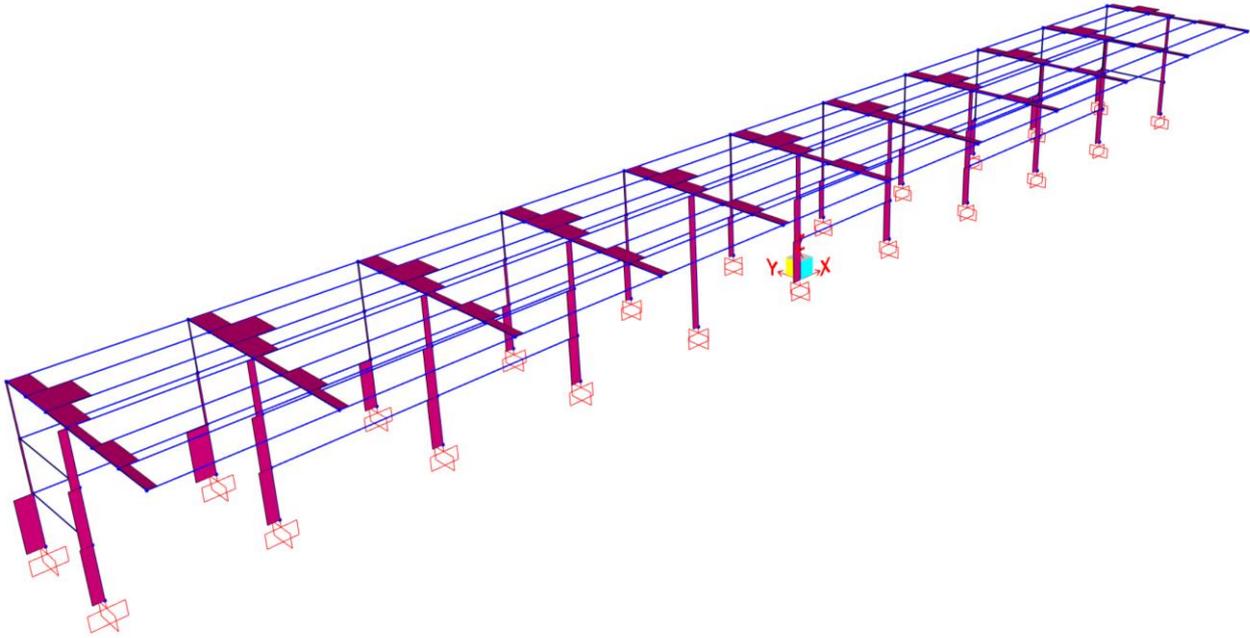
**Figura 17- Taglio V22 - Sisma trasversale SLV\_y**



**Figura 18- Momento flettente M22 - Sisma longitudinale SLV\_x**

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	44 di 74



**Figura 19- Taglio V33 - Sisma longitudinale SLV\_x**

## 7. VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Si riportano a seguire i parametri impostati nel software di calcolo per l'esecuzione delle verifiche degli elementi strutturali.

### Steel Frame Design Preferences for Italian NTC 2018

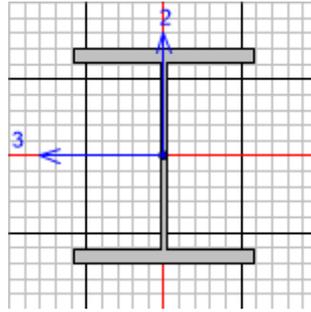
	Item	Value
1	Design Code	Italian NTC 2018
2	Method Used for Buckling in P-M-M	Method B
3	Multi-Response Case Design	Envelopes
4	Framing Type	DCL-MRF
5	Behavior Factor, q0	1.
6	System Overstrength Factor, Omega	1.
7	Consider P-Delta Done?	No
8	Consider Torsion?	No
9	GammaM0	1.05
10	GammaM1	1.05
11	GammaM2	1.25
12	Ignore Seismic Code?	No
13	Ignore Special Seismic Load?	No
14	Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
15	Consider Deflection?	No
16	DL Limit, L/	120.
17	Super DL+LL Limit, L/	120.
18	Live Load Limit, L/	360.
19	Total Limit, L/	240.
20	Total-Camber Limit, L/	240.
21	Pattern Live Load Factor	0.75
22	Demand/Capacity Ratio Limit	0.95



**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	47 di 74

## 7.2. Verifiche di resistenza delle colonne HEB360



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 235	X Mid: 25.5	Combo: SLU_19	Design Type: Column
Length: 4.8	Y Mid: 3.3	Shape: HE360B	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 0.	Z Mid: 2.4	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.018	eNy=0.004	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iy=0.154	Wel, yy=0.002	Weff, yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel, zz=6.760E-04	Weff, zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl, yy=0.003	Av, y=0.014
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=0.001	Av, z=0.006

### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-25.829	-104.934	150.819	-71.384	125.845	0.152

### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)

D/C Ratio: 0.446 =  $(0.116)^2 + (0.432)^1 < 0.95$  OK  
 =  $(M_y, Ed/Mn, y, Rd)^\alpha + (M_z, Ed/Mn, z, Rd)^\beta$  (NTC Eq 4.2.38)

### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-25.829	6119.524	6119.524

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	6119.524	6646.32	87446.469	87446.469	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.34	349381.932	0.136	0.498	1. 6119.524
MajorB (y-y)	b	0.34	349381.932	0.136	0.498	1. 6119.524
Minor (z-z)	c	0.49	82026.691	0.28	0.959	5871.042

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	48 di 74

MinorB(z-z)	c	0.49	82026.691	0.28	0.559	0.959	5871.042
Torsional TF	c	0.49	87446.469	0.271	0.554	0.964	5898.456

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-104.934	-104.934	-314.67	-1.508
Minor (z-z)	150.819	150.819	452.268	16.837

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	907.11	907.11	907.11	907.11
Minor (z-z)	348.914	348.914	348.914	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.226	0.53	1.	1.281	18625.669

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.992	0.44	0.88	0.733

**SHEAR DESIGN**

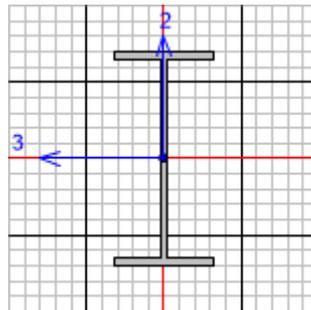
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	71.384	0.152	1189.984	0.06	OK
Minor (y)	125.845	0.152	2764.51	0.046	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	1189.984	1.	0.35

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	49 di 74

### 7.3. Verifiche di resistenza delle travi IPE400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 113	X Mid: 20.	Combo: SLU_10	Design Type: Beam
Length: 7.15	Y Mid: -0.275	Shape: IPE400	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 4.95	Z Mid: 4.8	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.008	eNy=0.004	eNz=0.		
A=0.008	Iyy=2.313E-04	iyy=0.165	Wel,yy=0.001	Weff,yy=0.001
It=0.	Izz=1.318E-05	izz=0.039	Wel,zz=1.464E-04	Weff,zz=1.464E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.4	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=2.290E-04	Av,z=0.004

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4.95	15.673	-40.65	1.343	-82.863	-1.398	0.009

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.508 = 0. + 0.5 + 0.009 < 0.95 OK  

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N_{Rk}/\Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, Rk/\Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk/\Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	15.673	2856.905	2856.905

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2856.905	3102.84	22841.678	22841.678	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	32342.472	0.305	0.557	0.976	2789.561
MajorB (y-y)	a	0.21	32342.472	0.305	0.557	0.976	2789.561
Minor (z-z)	b	0.34	16586.529	0.425	0.629	0.916	2616.697

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	50 di 74

MinorB(z-z)	b	0.34	16586.529	0.425	0.629	0.916	2616.697
Torsional TF	b	0.34	22841.678	0.362	0.593	0.941	2687.597

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-40.65	-215.286	-226.481	-215.286
Minor (z-z)	1.343	1.343	7.482	0.317

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	441.89	441.89	441.89	430.795
Minor (z-z)	77.424	77.424	77.424	

LTB	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.49	0.352	0.599	0.975	1.13	3741.146

Factors	kyy	kzy	kzy	kzz
	0.925	0.301	1.	0.502

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	82.863	0.009	834.106	0.099	OK
Minor (y)	1.398	0.009	1023.274	0.001	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	834.106	1.	0.605

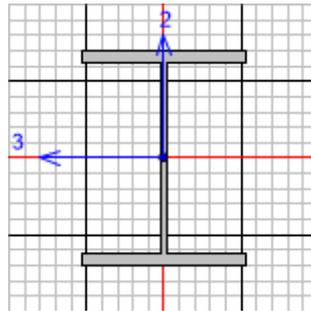
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	18.285	22.346

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	51 di 74

#### 7.4. Verifiche di resistenza delle travi HEB400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 55	X Mid: -17.5	Combo: Sism_12	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 3.3	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.	Z Mid: 4.8	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.02	eNy=0.004	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyz=0.171	Wel,yy=0.003	Weff,yy=0.003
It=3.610E-06	Izz=1.082E-04	izz=0.074	Wel,zz=7.213E-04	Weff,zz=7.213E-04
Iw=3.824E-06	Iyz=0.	h=0.4	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.015
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.007

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.	95.822	0.	0.	444.09	0.	0.001

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(n))  
D/C Ratio: 0.014 = 0.014 < 0.95 OK  
= (Ned/NRd) (NTC Eq 4.2.38(n))

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	95.822	6694.286	6694.286

	Np1,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	6694.286	7270.56	17592.306	17592.306	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	47819.418	0.383	0.593	0.957	6407.132
MajorB (y-y)	a	0.21	47819.418	0.383	0.593	0.957	6407.132
Minor (z-z)	b	0.34	8970.286	0.885	1.008	0.671	4489.74

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	52 di 74

MinorB(z-z)	b	0.34	8970.286	0.885	1.008	0.671	4489.74
Torsional TF	b	0.34	17592.306	0.632	0.773	0.821	5493.501

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	8.751	0.	6.563
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	1092.724	1092.724	1092.724	909.277
Minor (z-z)	373.257	373.257	373.257	

LTB	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
	b	0.34	0.656	0.792	1.143	2669.746

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.95	0.6	1.	1.

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	444.09	0.001	1370.299	0.324	OK
Minor (y)	0.	0.001	2937.359	0.	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	1370.299	1.	0.361

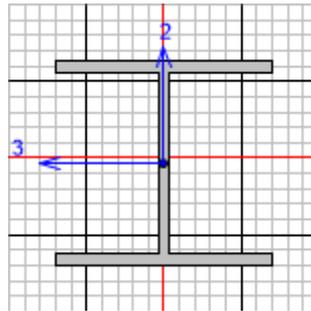
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	12.586	12.586

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	53 di 74

### 7.5. Verifiche di resistenza delle travi HEA160



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 225	X Mid: -2.5	Combo: SLU_17	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 3.3	Shape: HE160A	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.	Z Mid: 1.6	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.004	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=1.673E-05	iyy=0.066	Wel,yy=2.201E-04	Weff,yy=2.201E-04
It=0.	Izz=6.160E-06	izz=0.04	Wel,zz=7.700E-05	Weff,zz=7.700E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.152	Wpl,yy=2.450E-04	Av,y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.180E-04	Av,z=0.001

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.	-250.439	0.	0.	0.	-1.234	6.901E-05

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.773 = 0.7 + 0. + 0.073 < 0.95 OK  

$$= \frac{NEd}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-250.439	1311.81	1311.81			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	1311.81	1424.736	2099.144	2099.144	1.	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi
Major (y-y)	b	0.34	1386.995	0.997	1.132	0.599
MajorB (y-y)	b	0.34	1386.995	0.997	1.132	0.599
						Nb,Rd
						786.068

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	54 di 74

Minor (z-z)	c	0.49	510.693	1.642	2.202	0.273	357.571
MinorB(z-z)	c	0.49	510.693	1.642	2.202	0.273	357.571
Torsional TF	c	0.49	2099.144	0.81	0.978	0.656	860.347

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	0.	0.	0.
Minor (z-z)	0.	-1.542	0.	1.156

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	82.833	82.833	76.934	47.071
Minor (z-z)	39.895	39.895	39.895	

	Curve AlphaLT b	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	0.34	1.046	1.191	0.568	1.	79.526

	kyy	kzy	kzz
Factors	1.254	1.129	0.907

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.	6.901E-05	258.444	0.	OK
Minor (y)	1.234	6.901E-05	600.433	0.002	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	258.444	1.	0.314

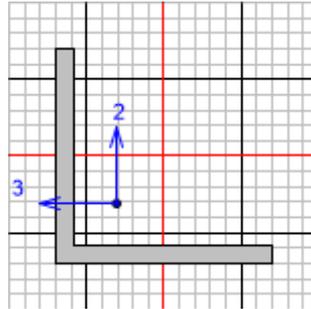
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.	0.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	55 di 74

### 7.6. Verifiche di resistenza dei controventi L120x10



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 18	X Mid: 22.75	Combo: Sism_01	Design Type: Beam
Length: 5.609	Y Mid: 2.75	Shape: L120X10	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.609	Z Mid: 4.8	Class: Class 4	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.002	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
A=0.002	Iyy=3.129E-06	iyy=0.037	Wel,yy=3.602E-05	Weff,yy=3.615E-05
It=0.	Izz=3.129E-06	izz=0.037	Wel,zz=3.602E-05	Weff,zz=3.615E-05
Iw=0.	Iyz=-1.894E-06	h=0.12	Wpl,yy=6.648E-05	Av,y=0.001
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=6.648E-05	Av,z=0.001

Iyz=-1.894E-06	Imax=5.023E-06	imax=0.047	Wel,zz,maj=5.919E-05
Rot= 45. deg	Imin=1.235E-06	imin=0.023	Wel,zz,min=2.612E-05

#### DESIGN MESSAGES

Warning: Section is not at least Class 2 (EC8 6.5.3(2), Table 6.3)

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.609	-39.859	0.	0.	8.627	0.	-1.549E-04

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.666 = 0.571 + 0.093 + 0.001 < 0.95 OK  

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1})} + \frac{k_{zy} (M_{y,Ed} + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1})} + \frac{k_{zz} (M_{z,Ed} + NEd e_{Nz})}{(M_{z,Rk}/\gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-39.859	776.866	783.705

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
--------	-------	-------	--------	-------

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	56 di 74

783.705      851.17      1434.554      300.971      1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.34	330.904	1.57	1.965	0.318	246.797
MajorB (y-y)	b	0.34	330.904	1.57	1.965	0.318	246.797
Minor (z-z)	b	0.34	81.379	3.166	6.016	0.09	69.79
MinorB (z-z)	b	0.34	81.379	3.166	6.016	0.09	69.79
Torsional TF	b	0.34	300.971	1.646	2.101	0.294	228.065

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	0.859	0.	0.644
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	12.221	12.221	12.221	8.929
Minor (z-z)	12.221	12.221	12.221	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0.76	0.599	0.831	0.731	1.	35.729

	kyy	kzy	kzz
Factors	1.041	1.34	1.34

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	8.627	6.812E-04	234.239	0.037	OK
Minor (y)	0.	6.812E-04	234.239	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	234.239	1.	0.

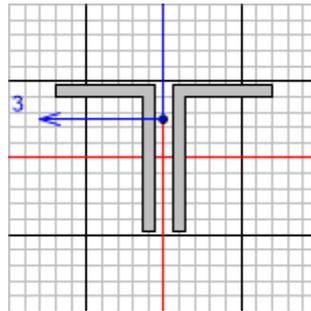
**CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS**

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.827	0.827

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	57 di 74

**1.1. Verifiche di resistenza dei controventi 2 L150x100x12/20**



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 243	X Mid: -17.5	Combo: SLU_18	Design Type: Brace
Length: 5.25	Y Mid: 3.3	Shape: 2L150X100X12/20	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.25	Z Mid: 2.4	Class: Class 4	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.006	eNy=0.004	eNz=0.		
A=0.006	Iyy=1.299E-05	iyz=0.048	Wel, yy=1.284E-04	Weff, yy=1.284E-04
It=0.	Izz=1.135E-05	izz=0.044	Wel, zz=1.032E-04	Weff, zz=1.032E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.15	Wpl, yy=2.343E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.965E-04	Av, z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
5.25	-501.035	0.	0.	1.827	0.	3.178E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.41)

D/C Ratio:	0.852 = 0.852 <	0.95	OK
	= (Ned/Nb, Rd)	(NTC Eq 4.2.41)	

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-501.035	1865.388	1943.371

	Np1, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1943.371	2110.666	3629.42	786.922	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Minor (y-y)	b 0.34	976.935	1.416	1.709	0.375	699.587
MinorB (y-y)	b 0.34	976.935	1.416	1.709	0.375	699.587
Major (z-z)	b 0.34	853.596	1.515	1.871	0.337	628.353

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	58 di 74

MajorB(z-z)	b	0.34	853.596	1.515	1.871	0.337	628.353
Torsional TF	b	0.34	786.922	1.578	1.979	0.315	587.899

**MOMENT DESIGN**

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	2.398	0.	1.799
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	43.424	43.424	43.424	34.634
Major (z-z)	34.885	34.885	34.885	

	Curve d	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.76	0.502	0.741	0.798	1.316	180.913

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	1.342	1.459	0.945	1.459

**SHEAR DESIGN**

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1.827	3.178E-04	702.717	0.003	OK
Minor (y)	0.	3.178E-04	388.837	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	702.717	1.	0.162

**BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS**

	P Comp	P Tens
Axial	-501.035	0.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	59 di 74

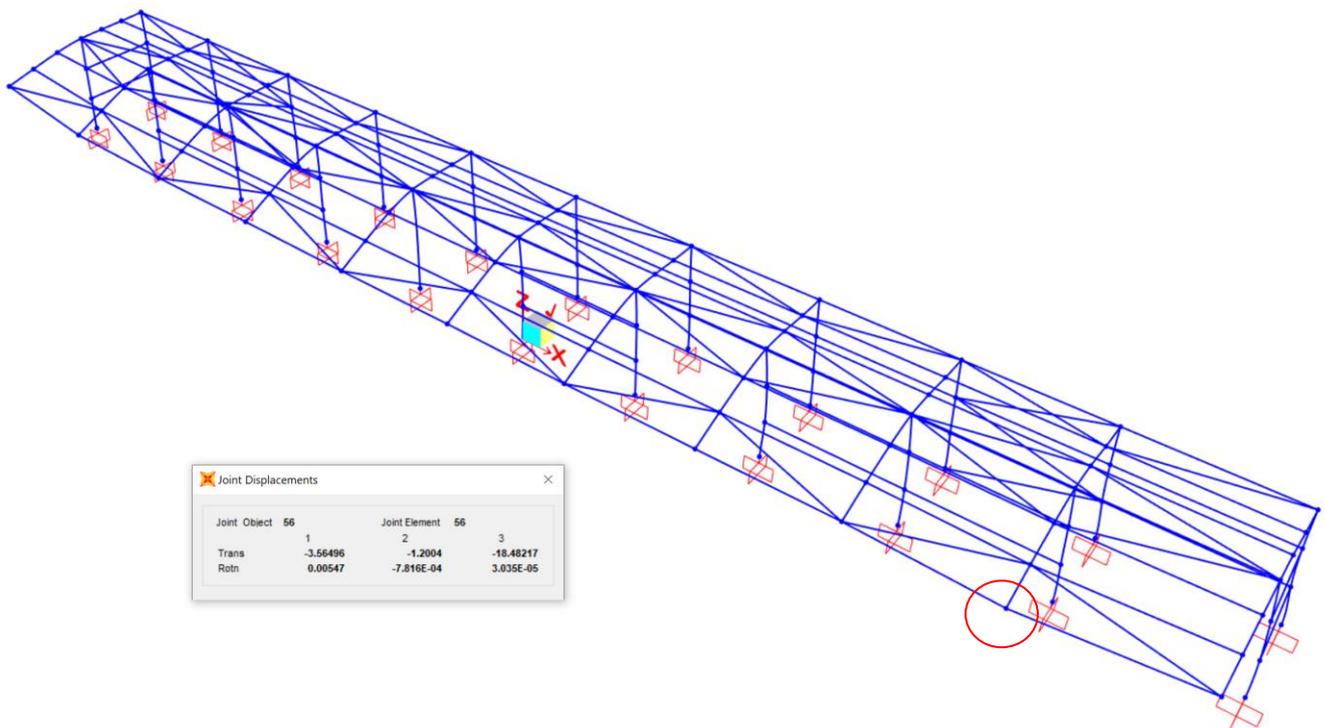
## 8. VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA

### 8.1. Travi della copertura- spostamenti verticali

La freccia massima delle travi di copertura indotta dai carichi permanenti e dai carichi variabili è di

- **f = 18.5 mm combinazioni caratteristica SLE RARA 10**

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 18.5 \text{ mm} = 208$$

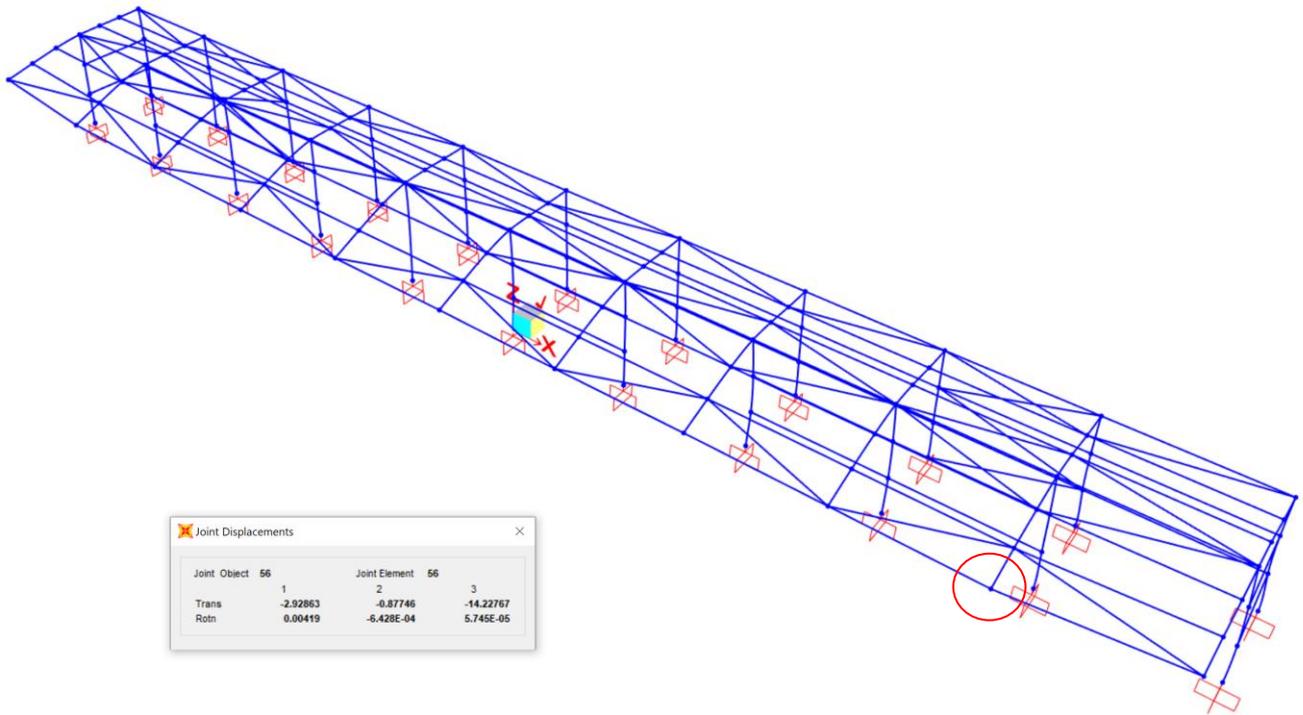


**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	60 di 74

- $f = 14.2 \text{ mm}$  combinazioni frequenti SLE FREQ 02

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 14.2 \text{ mm} = 271$$

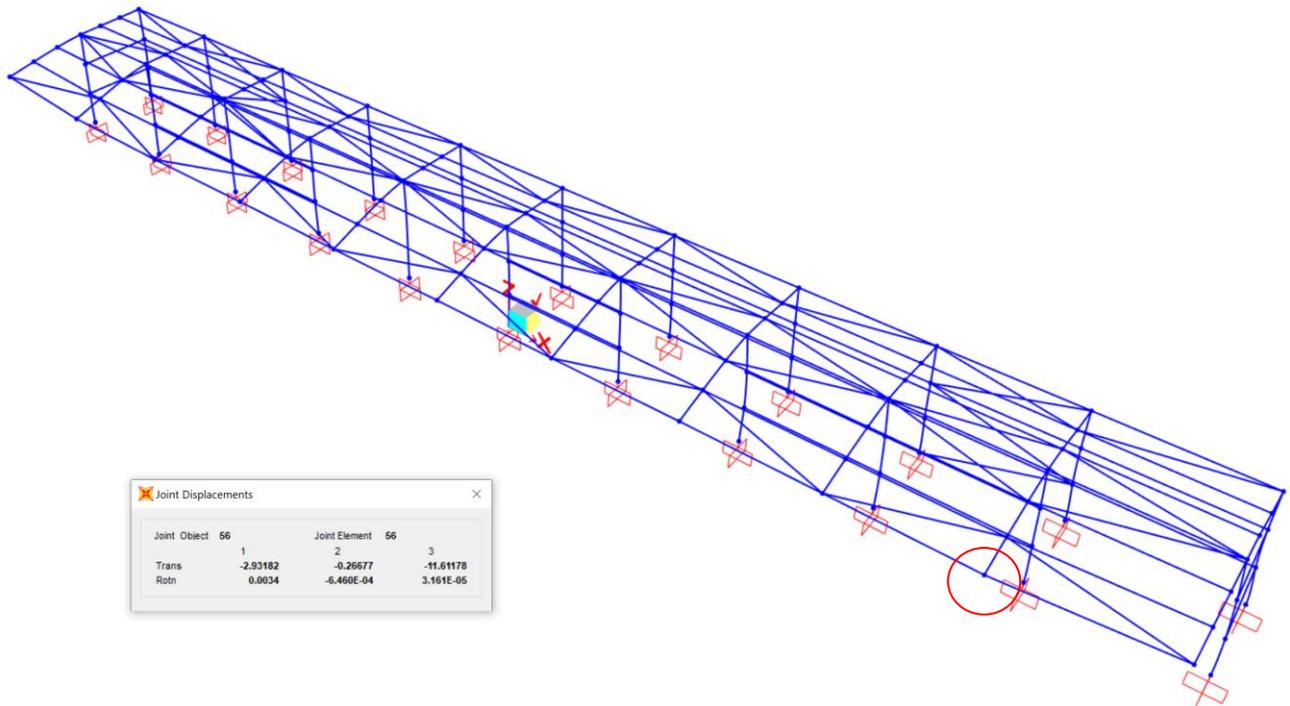


**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	61 di 74

- $f = 11.6 \text{ mm}$  combinazioni quasi permanenti SLE QP2

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 11.6 \text{ mm} = 332$$



Joint Object	56	Joint Element	56	
	1	2	3	
Trans	-2.93182	-0.26677	-11.61178	
Rotn	0.0034	-6.460E-04	3.161E-05	

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	62 di 74

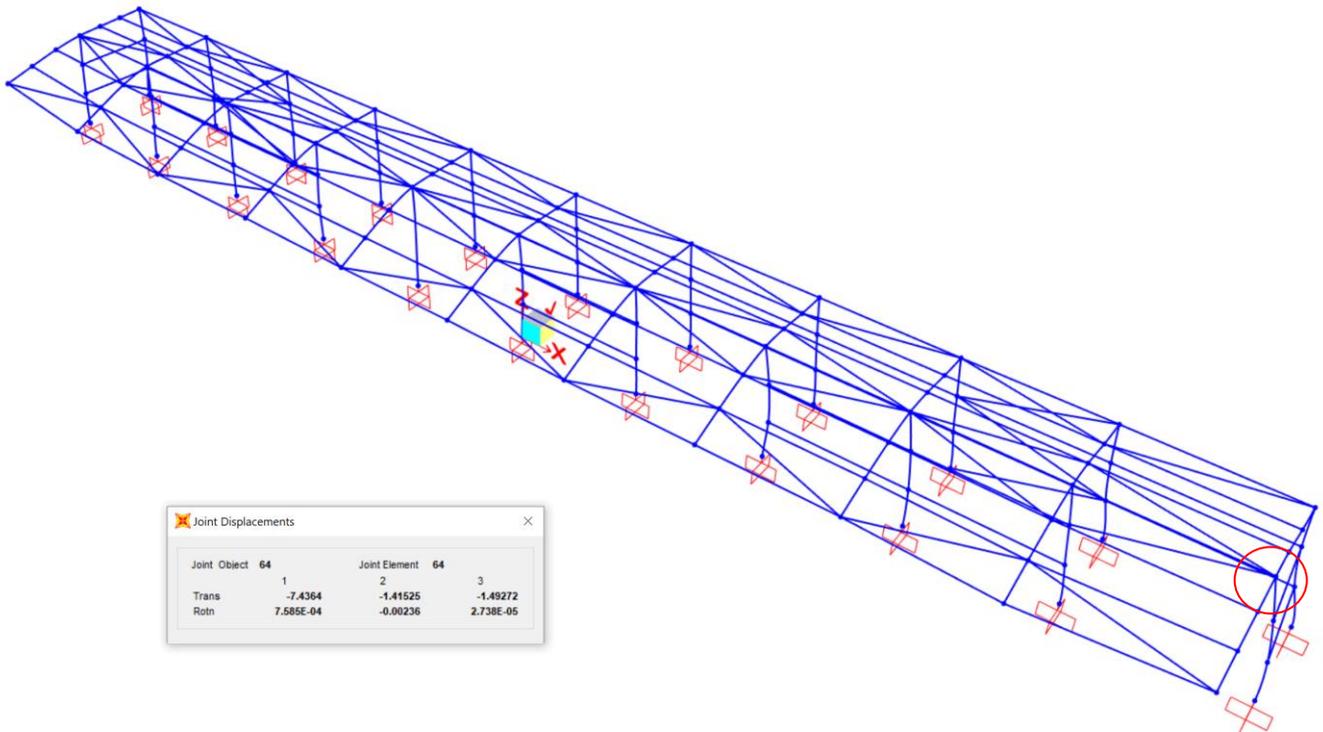
## 8.2. Colonne – spostamenti orizzontali

Lo spostamento orizzontale massimo assoluto delle colonne indotto dai carichi permanenti e dai carichi variabili è di

- $\delta = 7.6 \text{ mm}$  combinazioni caratteristica SLE RARA19

$$\delta = (7.4 \text{ mm}^2 + 1.5 \text{ mm}^2)^{0.5} = 7.6 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 7.6 \text{ mm} = 618$$



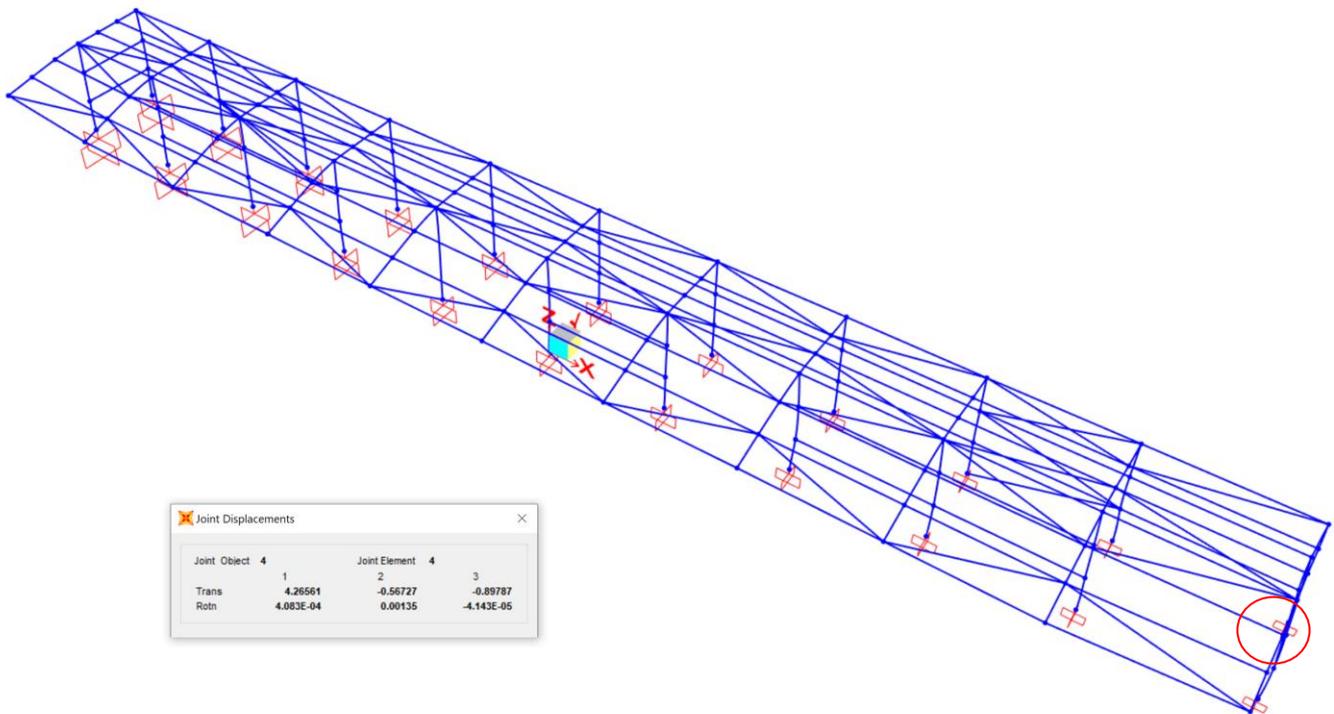
**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	63 di 74

- $\delta = 4.5 \text{ mm}$  combinazioni frequenti SLE FREQ 10

$$\delta = (4.2 \text{ mm}^2 + 1.0 \text{ mm}^2)^{0.5} = 4.3 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 4.3 \text{ mm} = 1093$$



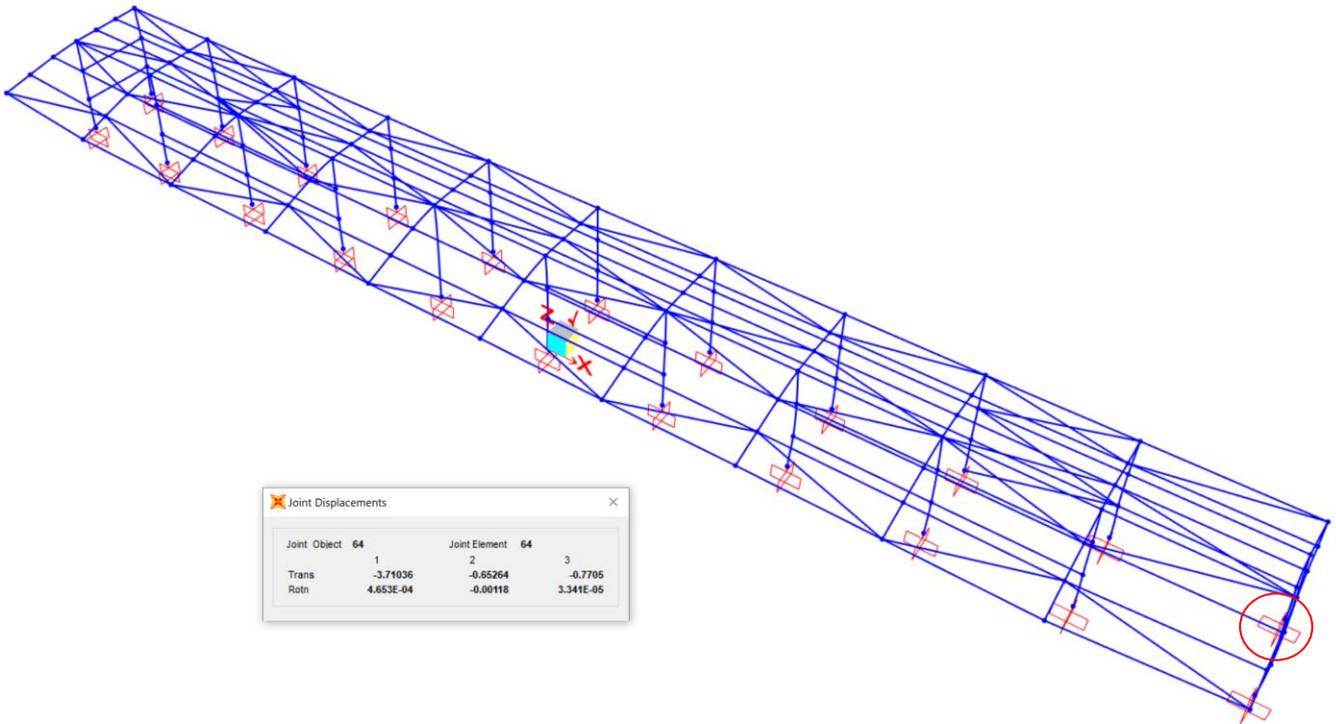
**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	64 di 74

- $\delta = 3.8 \text{ mm}$  combinazioni quasi permanenti SLE QP2

$$\delta = (3.7 \text{ mm}^2 + 1.0 \text{ mm}^2)^{0.5} = 3.8 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 3.8 \text{ mm} = 1237$$

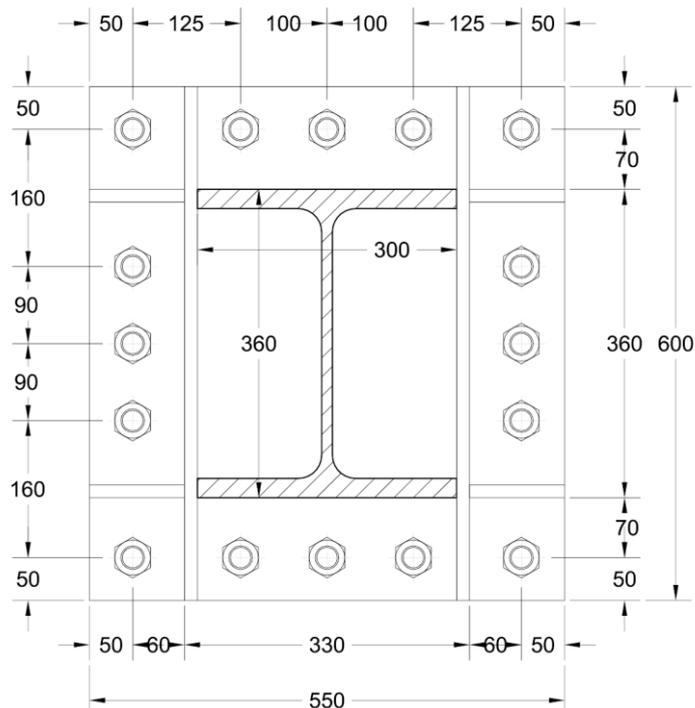


**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	65 di 74

## 9. VERIFICA GIUNTO DI BASE

Verifica nodo di base e colonna HEB360. Sono presenti 16 tirafondi M22 cl. 8.8.



Si riportano a seguire le sollecitazioni agenti alla base delle colonne metalliche, calcolate nelle combinazioni di carico più gravose, sia in condizioni statiche che sismiche (F1: taglio longitudinale (parallelo al binario); F2: taglio trasversale; F3: forza verticale; M1: momento intorno asse longitudinale; M2: momento intorno asse trasversale):

### Condizioni statiche:

Joint	Combo	F1	F2	F3	M1	M2	
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	
17	SLU_19	-395	35	412	-73	-71	F1 min
65	SLU_18	127	-58	43	62	149	F2 min
17	SLU_19	-99	30	-275	-64	-115	F3 min
5	SLU_19	131	67	27	-97	154	M1 min
65	SLU_18	-131	-53	41	53	-155	M2 min
53	SLU_17	392	27	-274	-51	71	F1 max
65	SLU_19	131	67	27	-97	154	F2 max
59	SLU_20	-394	-4	419	-12	-71	F3 max
29	SLU_18	127	-58	43	62	149	M1 max
65	SLU_19	131	67	27	-97	154	M2 max

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	66 di 74

**Condizioni sismiche:**

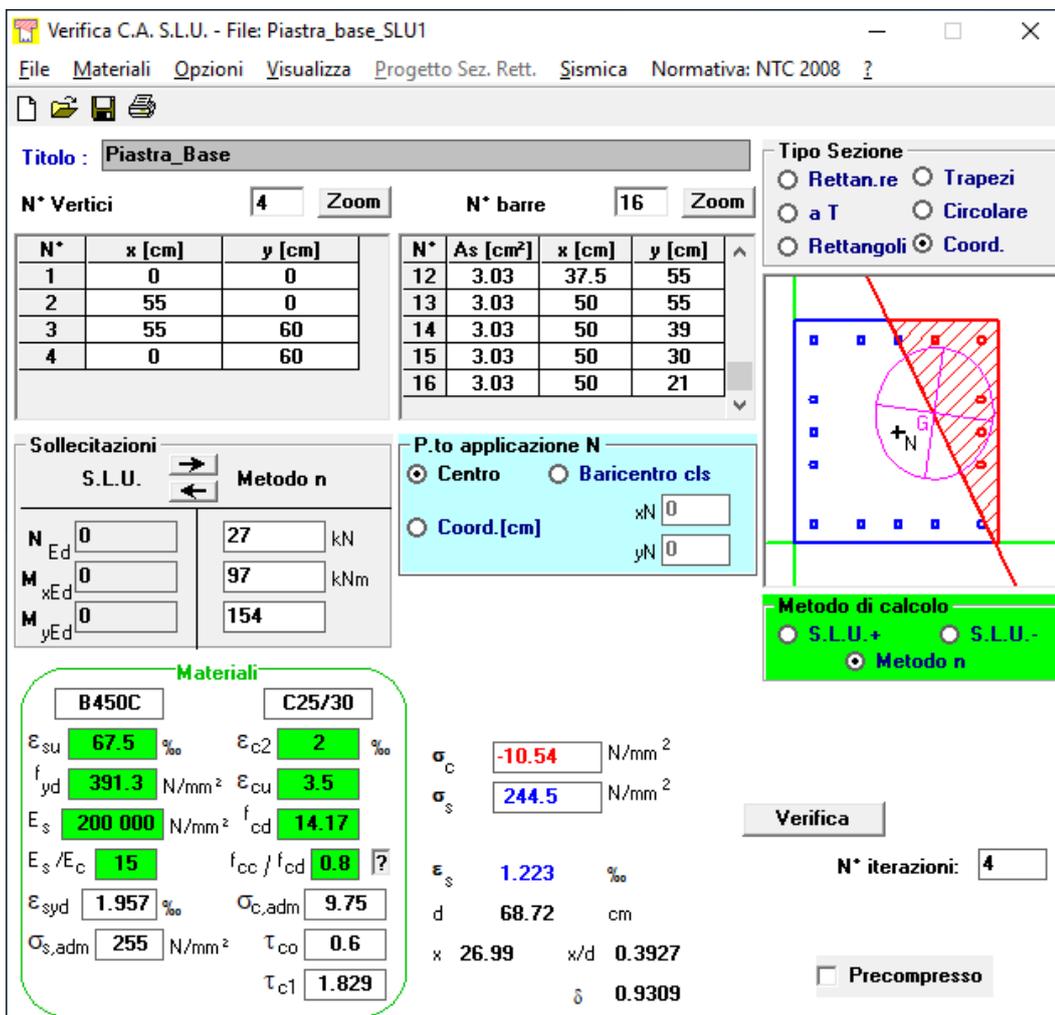
Joint	Combo	F1	F2	F3	M1	M2	
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	
17	Sism_02	-230	2	62	-40	-33	F1 min
5	Sism_03	-46	-37	18	-1	-55	F2 min
11	Sism_02	-41	-1	-173	-41	-50	F3 min
65	Sism_04	-5	-10	24	-75	-8	M1 min
65	Sism_01	-50	-29	11	-21	-62	M2 min
17	Sism_02	228	16	270	-5	33	F1 max
65	Sism_02	50	31	43	6	62	F2 max
11	Sism_01	-25	15	276	9	-26	F3 max
29	Sism_03	5	4	74	69	8	M1 max
65	Sism_02	50	31	43	6	62	M2 max

La sezione è soggetta a pressoflessione deviata e taglio; la compressione verrà trasferita per semplice contatto, quindi i tirafondi saranno soggetti a forza di trazione e taglio.

### 9.1. Verifica sezione di contatto

Le verifiche della sezione di contatto sono condotte ipotizzando una sezione generica di calcestruzzo in cui le barre di armatura sono rappresentate dai tirafondi

Condizioni statiche – SLU\_19:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLU1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : Piastra\_Base

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
12	3.03	37.5	55
13	3.03	50	55
14	3.03	50	39
15	3.03	50	30
16	3.03	50	21

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali: B450C, C25/30

$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰	$\sigma_c$ -10.54 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$ 391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰	$\sigma_s$ 244.5 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$ 200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 14.17	$\epsilon_s$ 1.223 ‰
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8	d 68.72 cm
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75	x 26.99 w/d 0.3927
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.6	$\delta$ 0.9309
	$\tau_{c1}$ 1.829	

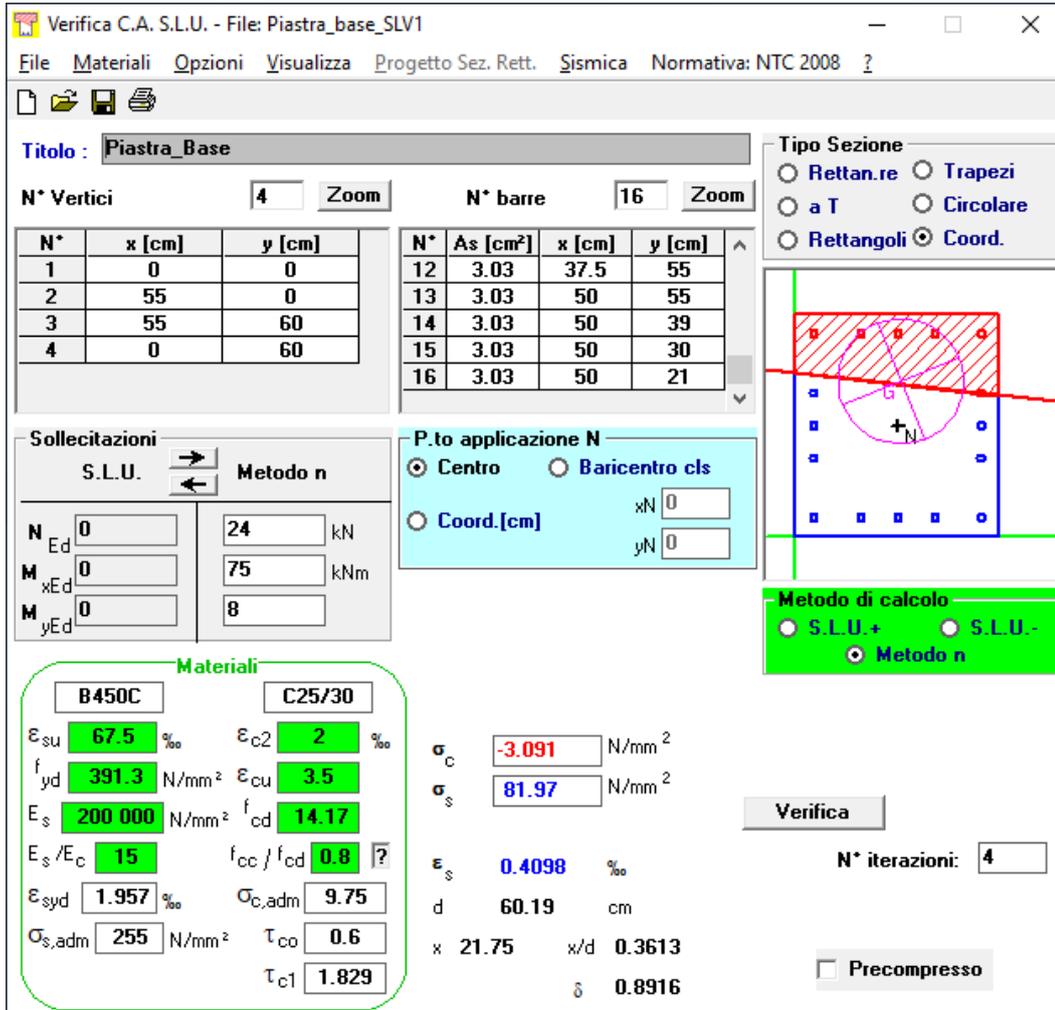
P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

$F_{Ed} = 244.5 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 = 74.1 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C25/30).

Condizioni sismiche – Sism\_04:



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLV1**

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

**Titolo:** Piastra\_Base

N° Vertici: 4 | Zoom | N° barre: 16 | Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
12	3.03	37.5	55
13	3.03	50	55
14	3.03	50	39
15	3.03	50	30
16	3.03	50	21

**Sollecitazioni**  
S.L.U. | Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 | 24 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0 | 75 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 | 8

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Materiali**  
B450C | C25/30

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ | ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² | ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200 000 N/mm² | f<sub>cd</sub>: 14.17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 | f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ | σ<sub>c,adm</sub>: 9.75  
σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² | τ<sub>co</sub>: 0.6  
τ<sub>c1</sub>: 1.829

σ<sub>c</sub>: -3.091 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 81.97 N/mm²  
ε<sub>s</sub>: 0.4098 ‰  
d: 60.19 cm  
x: 21.75 | x/d: 0.3613  
δ: 0.8916

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

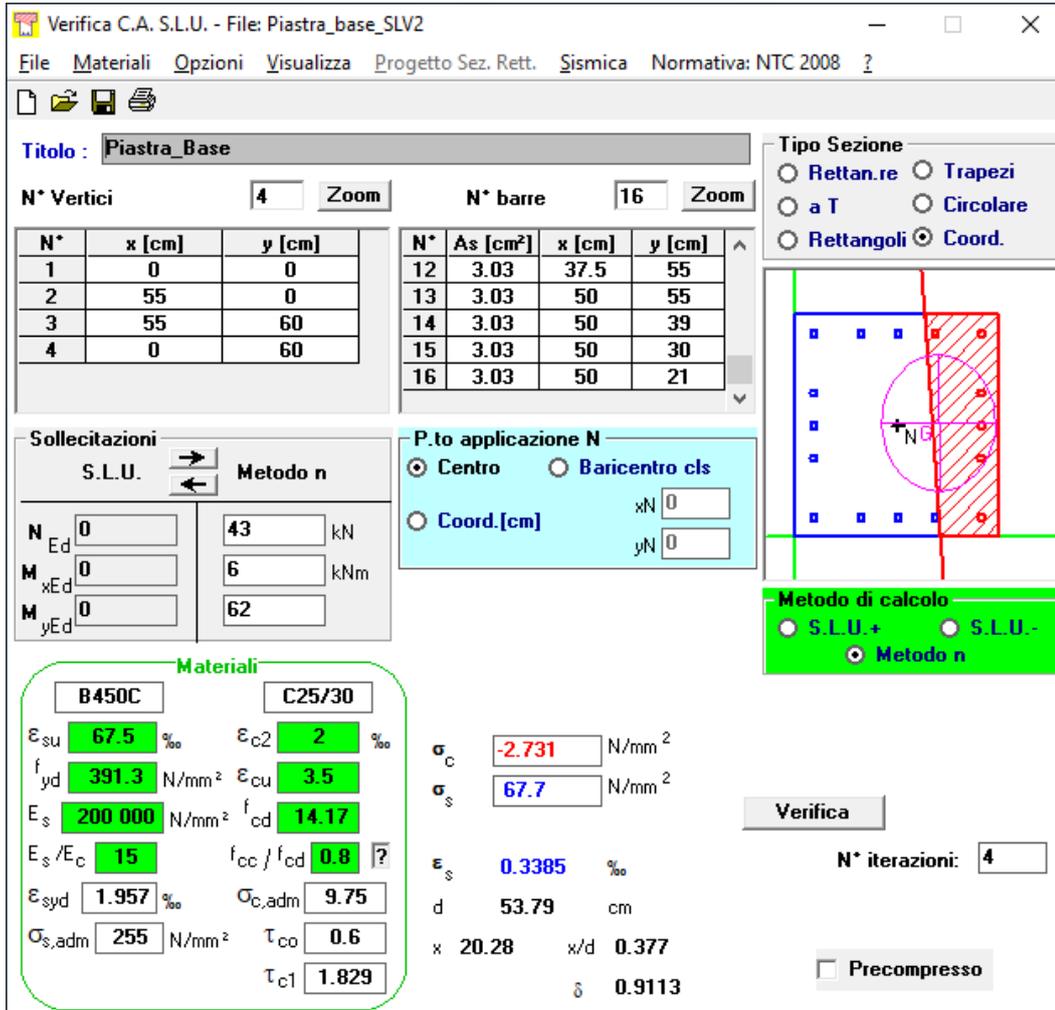
Verifica | N° iterazioni: 4 |  Precompresso

$F_{Ed} = 82.0 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 = 24.8 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C25/30).

Condizioni sismiche – Sism\_02:



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLV2**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Piastra\_Base

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
12	3.03	37.5	55
13	3.03	50	55
14	3.03	50	39
15	3.03	50	30
16	3.03	50	21

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 43 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 6 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 62

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Materiali**  
B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
τ<sub>c1</sub> 1.829

σ<sub>c</sub> -2.731 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 67.7 N/mm²  
ε<sub>s</sub> 0.3385 ‰  
d 53.79 cm  
x 20.28 x/d 0.377  
δ 0.9113

**Verifica**  
N° iterazioni: 4  
 Precompresso

$F_{Ed} = 67.7 \text{ MPa} \cdot 303. \text{ mm}^2 = 20.5 \text{ kN}$  forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa}$  (calcestruzzo plinto C25/30).

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	70 di 74

### 9.2. Verifica a flessione della piastra

Per la verifica a flessione della piastra di base, si è considerata una mensola incastrata in corrispondenza delle costole di rinforzo e caricata dalla forza massima trasmessa dai bulloni calcolata in precedenza ( $F_{tb,Ed}$ ).

Caratteristiche mensola:

Luce = 0.070 m

Base sezione (b) = 0.100 m

Altezza sezione (h) = 0.035 m

$W = bh^2/6 = 20417 \text{ mm}^3$

Procedendo al calcolo delle tensioni massime:

$\sigma_{max} = M / W = 74100 \text{ N} \cdot 70 \text{ mm} / 20417 \text{ mm}^3 = 254 \text{ MPa}$

$\tau = V / b h = 74100 \text{ N} / (100 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm}) = 21 \text{ MPa}$

$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5} = 257 \text{ MPa}$

Utilizzando per la piastra un acciaio S355, si ha:

$f_{yk} = 355 \text{ MPa} / f_{yd} = 355 \text{ MPa} / 1.05 = 338 \text{ MPa} > \sigma_{id} \rightarrow \text{Verificato.}$

### 9.3. Verifica a taglio - trazione del tirafondo

Nel caso di presenza combinata di forza di trazione e taglio si può adottare la seguente formula di interazione lineare per la verifica del tirafondo:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) \leq 1$$

in cui:

$F_{v,Ed}$  forza di taglio sul tirafondo [kN]

$F_{t,Ed}$  forza assiale sul tirafondo [kN]

$F_{v,Rd}$  resistenza a taglio del tirafondo [kN]

$F_{t,Rd}$  resistenza a forza assiale del tirafondo [kN]

Nel caso in esame:

$F_{v,Ed} = (395 \text{ kN} / 16)^2 + (35 \text{ kN} / 16 \text{ kN})^2 = 24.8 \text{ kN}$  (combinazione SLU\_19)

$F_{t,Ed} = 74.1 \text{ kN}$  (combinazione SLU\_19)

$F_{v,Rd} = 0.6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 \cdot 800 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 116.4 \text{ kN}$

$F_{t,Rd} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 \cdot 800 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 174.5 \text{ kN}$

$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 24.8 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 74.1 \text{ kN} / (1.4 \cdot 174.5 \text{ kN}) = 0.21 + 0.30 = 0.51 < 1$

quindi la verifica è soddisfatta.

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	71 di 74

#### 9.4. Verifica a rifollamento piastra

Si omette la verifica a rifollamento della piastra considerato l'elevato spessore della stessa e il valore contenuto dell'azione di taglio agente.

#### 9.5. Verifica a punzonamento piastra

Nelle unioni bullonate soggette a trazione, la resistenza a punzonamento della piastra viene calcolata con la seguente formula:

$$B_{p,Rd} = 0.6\pi f_{tk} \cdot d_m \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

dove  $d_m$  è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone;  $t_p$  è lo spessore del piatto e  $f_{tk}$  è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

Assumendo conservativamente  $d_m =$  diametro bullone, si ottiene:

$$B_{p,Rd} = 0.6 \cdot 3.14 \cdot 510 \text{ MPa} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm} / 1.25 = 591.8 \text{ kN} > 74.1 \text{ kN} \rightarrow \text{Verificato}$$

#### 9.6. Calcolo lunghezza di ancoraggio dei tirafondi

Si considera la tensione di aderenza di progetto valutata al §4.1.2.1.1.4 della NTC2018 definita da:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c \quad [4.1.6]$$

dove:

$\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1,5;

$f_{bk}$  è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data da:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk} \quad [4.1.7]$$

in cui

$\eta_1 = 1,0$  in condizioni di buona aderenza;

$\eta_1 = 0,7$  in condizioni di non buona aderenza, quali nei casi di armature molto addensate, ancoraggi in zona tesa, ancoraggi in zone superiori di getto, in elementi strutturali realizzati con casseforme scorrevoli, a meno che non si adottino idonei provvedimenti;

$\eta_2 = 1,0$  per barre di diametro  $\Phi \leq 32 \text{ mm}$

$\eta_2 = (132 - \Phi)/100$  per barre di diametro superiore

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	72 di 74

Nel caso in esame

$$f_{ctk0.05} = 0.7 * f_{ctm} = 0.7 (0.3 f_{ck}^{2/3}) = 0.7 * (0.3 * 25 \text{ MPa}^{2/3}) = 1.79 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2.25 f_{ctk0.05} / \gamma_c = 2.25 * 1.79 \text{ MPa} / 1.5 = 2.68 \text{ MPa}$$

La lunghezza di ancoraggio è calcolata considerando il diametro  $\phi$  del bullone con la seguente espressione:

$$L_p = \frac{F_{t,RD}}{\pi \cdot \phi \cdot f_{bd}}$$

Nel caso in esame:

$$F_{t,RD} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 * 800 \text{ MPa} * 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 174.5 \text{ kN}$$

Quindi la lunghezza di ancoraggio per la massima forza assiale  $F_{t,RD}$  è pari a:

$$L_{p,min} = 174.5 \text{ kN} * 1000 / (3.14 * 22 \text{ mm} * 2.68 \text{ MPa}) = 943 \text{ mm}$$

Si assume una lunghezza di ancoraggio pari a 950 mm.

## 9.7. Verifica a fatica dei tirafondi

### 1.5.4.3.5 Verifica a fatica

Per tutte le tipologie di barriere occorrerà effettuare le verifiche a fatica dei montanti e dei pannelli e dei relativi collegamenti (tirafondi, bullonature, saldature e rivettature), considerando le azioni derivanti dalle pressioni aerodinamiche associate al transito dei convogli ferroviari di cui al paragrafo 5.2.2.7 del DM 14.1.2008, verificando che i  $\Delta\sigma$  siano inferiori al  $\Delta\sigma_D$  di riferimento, diviso il coefficiente di sicurezza  $\gamma_m = 1.35$ . Analogo discorso vale per le sollecitazioni di taglio.

Per le linee con velocità  $> 200$  km/h il controllo verrà eseguito con i valori di  $\Delta\sigma$  risultanti dall'analisi dinamica, verificando che gli stessi siano inferiori al  $\Delta\sigma_D$  di riferimento diviso il coefficiente di sicurezza  $\gamma_m$ .

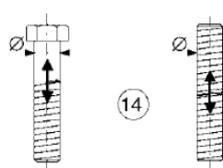
Le verifiche statiche e a fatica del collegamento alla sottostruttura, ove avvenga per il tramite di tirafondi, dovranno essere effettuate non considerando la sollecitazione prodotta dall'azione di serraggio dei tirafondi stessi.

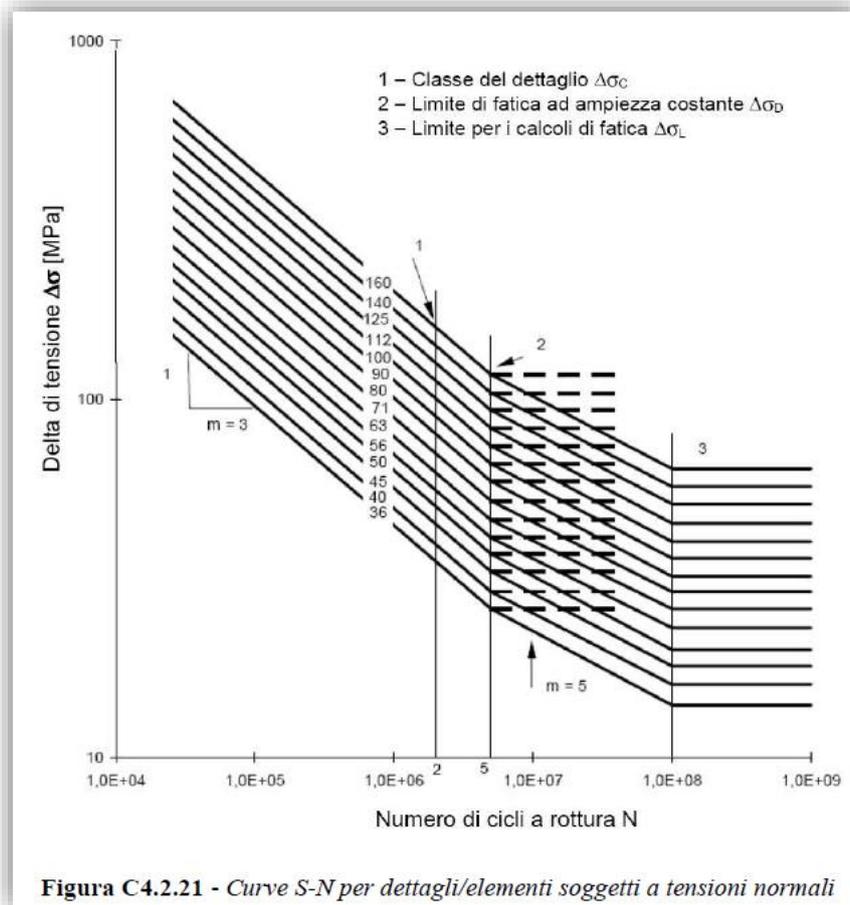
La verifica a fatica del tirafondo dovrà essere effettuata prendendo a riferimento la Classe di dettaglio 50 riportata nella Tabella C4.2.XIII.d *Dettagli costruttivi per giunti chiodati o bullonati* della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008".

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	73 di 74

**Tabella C4.2.XIII.d** *Dettagli costruttivi per giunti chiodati o bullonati ( $\Delta\sigma$ )*

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
50		<p>14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro <math>\phi &gt; 30</math> mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente</p> $k_s = (30 / \phi)^{0,25}$	<p><math>\Delta\sigma</math> riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni preancorati i <math>\Delta\sigma</math> possono essere ridotti.</p>



Nel nodo più sollecitato, l'azione aerodinamica genera le seguenti reazioni vincolari:

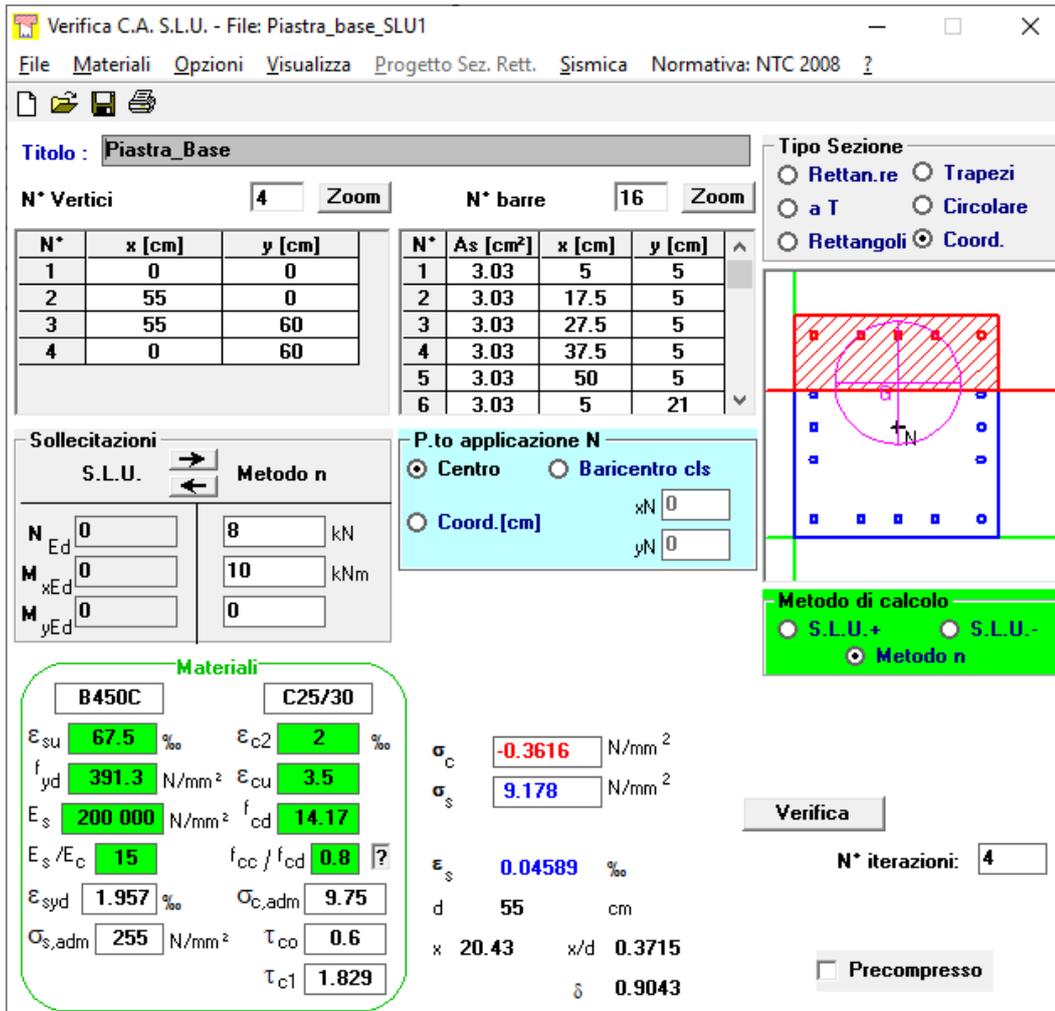
$$M_x = 10 \text{ KNm}$$

$$N = 8 \text{ KN} \quad (\text{compressione})$$

**FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Sud**  
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200202	A	74 di 74

Tali sollecitazioni inducono una variazione di tensione normale nel tirafondo più sollecitato pari a:



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra\_base\_SLU1**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Piastra\_Base

**N° Vertici:** 4 **Zoom** **N° barre:** 16 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.03	5	5
2	3.03	17.5	5
3	3.03	27.5	5
4	3.03	37.5	5
5	3.03	50	5
6	3.03	5	21

**Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$  0 kN  
 $M_{xEd}$  0 kNm  
 $M_{yEd}$  0 kNm

**Materiali:** B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

**P.to applicazione N:** Centro Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Metodo di calcolo:** S.L.U.+ S.L.U.-  
 Metodo n

$\sigma_c$  -0.3616 N/mm²  
 $\sigma_s$  9.178 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.04589 ‰  
 d 55 cm  
 x 20.43 w/d 0.3715  
 $\delta$  0.9043

**Verifica** **N° iterazioni:** 4

Precompresso

$$\Delta\sigma_s = 9.2 \text{ MPa}$$

$\gamma_M$	1,35				
$\Delta\sigma_c$	50 Mpa	classe del dettaglio			
$\Delta\sigma_D$	36,85 MPa	limite di fatica ad ampiezza costante (C4.2.96)			
$\Delta\sigma_{D,max}$	27,30 MPa	limite per la verifica			

$$\Delta\sigma_D = 0,737\Delta\sigma_c$$

La verifica è soddisfatta in quanto  $\Delta\sigma_{D,max} > \Delta\sigma_s$ .