

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 Nord

FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

N R 1 J 0 0 D 2 9 C L F V 0 2 0 0 1 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	USAI 	10.2018	PASSARO 	10.2018	PAOLETTI 	10.2018	ARDUINI 11.2019 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dot. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 13522/2014
B	Revisione	USAI 	11.2019	PASSARO 	11.2019	PAOLETTI 	11.2019	

File: NR1J00D29CLFV0200102B.docx

n. Elab.: 461.05

INDICE

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.....	13
3.4. AZIONE TERMICA	13
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	19
4. COMBINAZIONI DI CARICO	31
5. RISULTATI ANALISI MODALE	36
5.1. MASSA MODALE	36
5.2. COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE.....	36
5.3. PRINCIPALI FORME MODALI	36
6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	38
7. VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO	41
7.1. VERIFICHE DI RESISTENZA DI TUTTI GLI ELEMENTI.....	42
7.2. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE HEB400	43
7.3. VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEB400	45

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	3 di 66

7.4.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE400	47
7.5.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEB160	49
7.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEA160	51
7.7.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI 2L 100*75*10.....	53
7.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI 2L 150*100*14.....	55
8.	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA	57
8.1.	TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI.....	57
8.2.	COLONNE – SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	59
9.	VERIFICA GIUNTO DI BASE	61
9.1.	VERIFICA A TAGLIO- TRAZIONE DEL TIRAFONDO	63

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	4 di 66

1. GENERALITA

1.1. Premessa

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

- 2 pilastri HE400B impostati circa 4m uno dall'altro nella direzione trasversale;
- travi trasversali IPE400;
- travi longitudinali principali HE400B;
- travi longitudinali secondari HE160B;
- arcarecci HE160A;
- controventi di copertura 2L 100*75*10;
- controventi di parete 2L 150*100*14.

La lunghezza complessiva della pensilina è di 26.50 m.

La larghezza è di 8.0m.

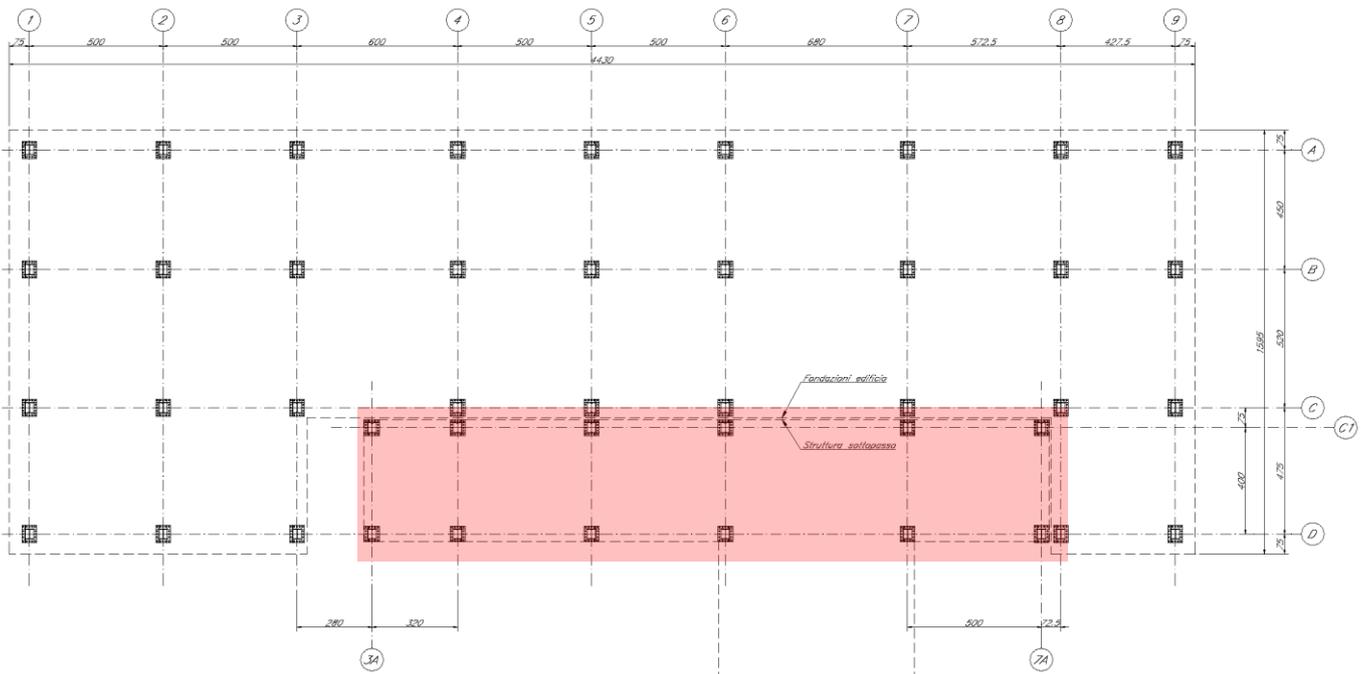


Figura 1. Pianta fili fissi

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	5 di 66

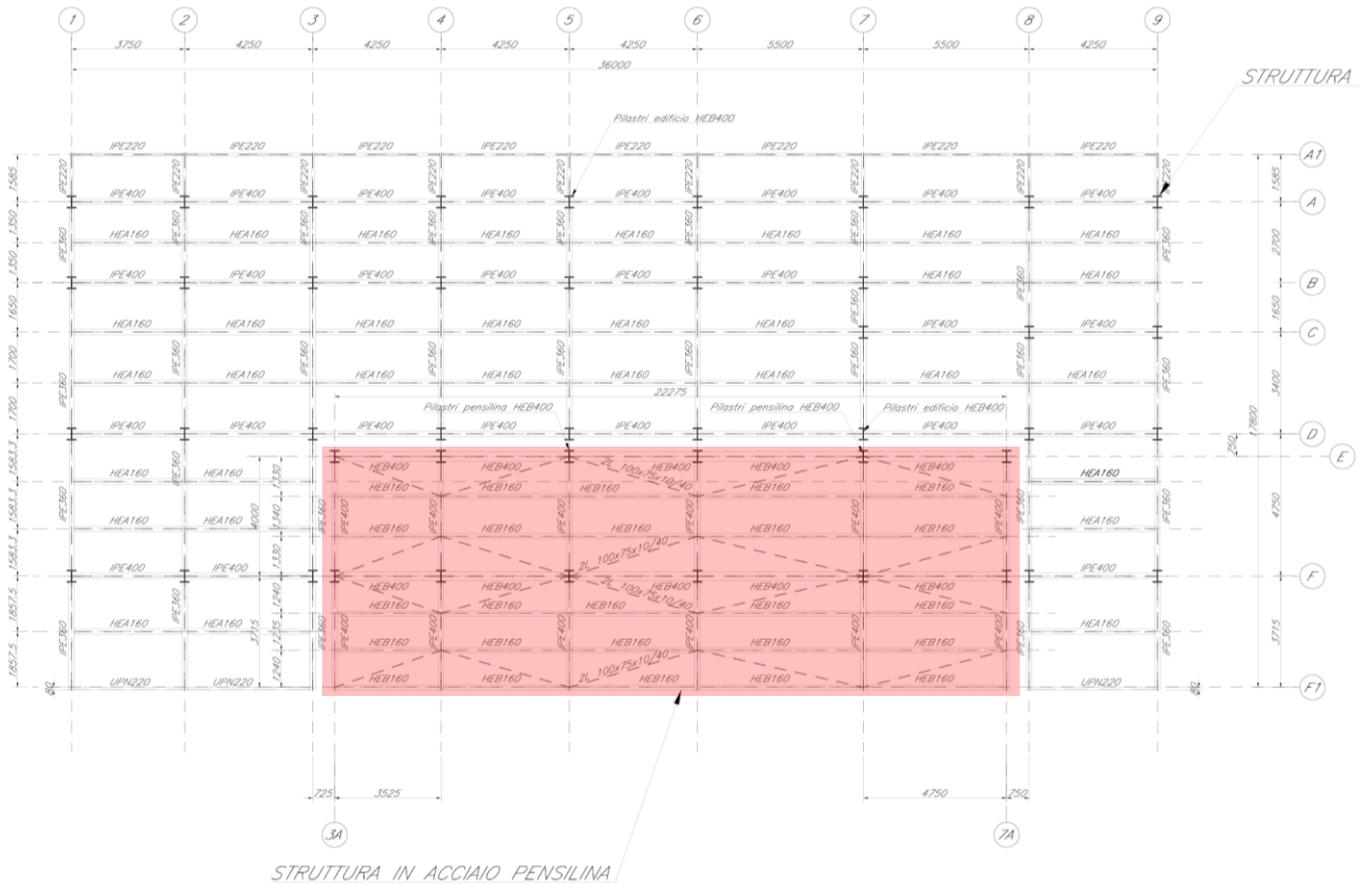


Figura 2. Pianta copertura

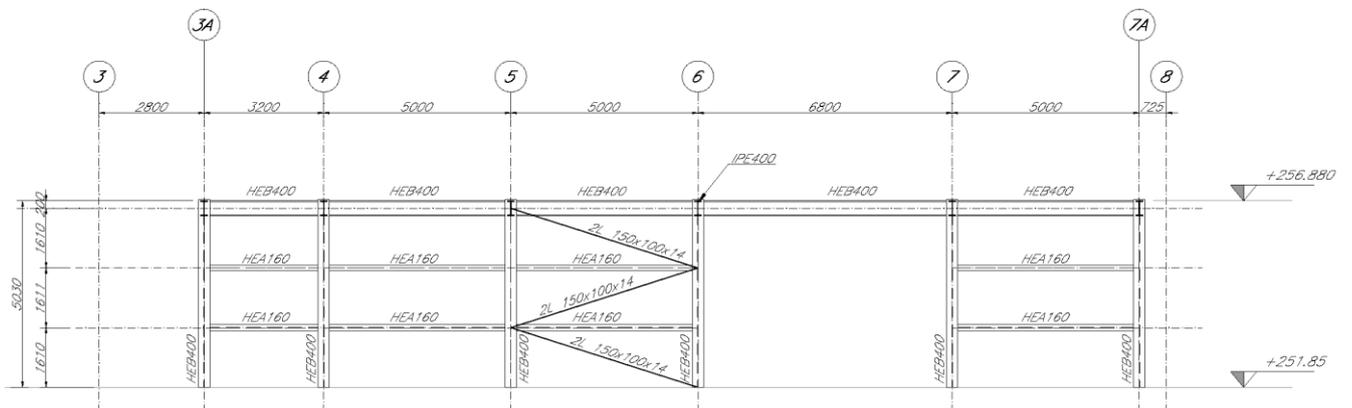


Figura 3. Sezione all. C1

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 Ambiente Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 –
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Ponti e Strutture Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 –
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Corpo Stradale Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 –
- 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 similari 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

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	9 di 66

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.

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:

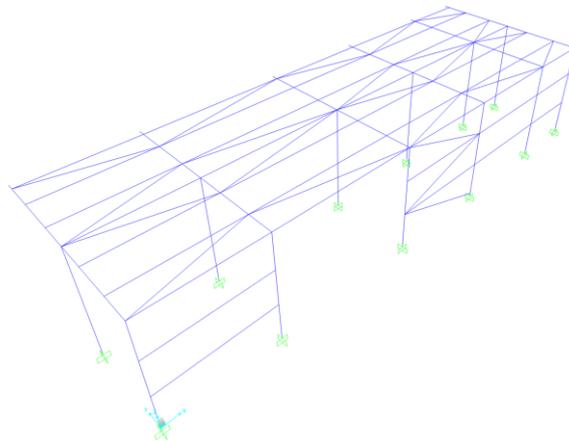


Figura 4- Modello SAP2000, vista prospettica

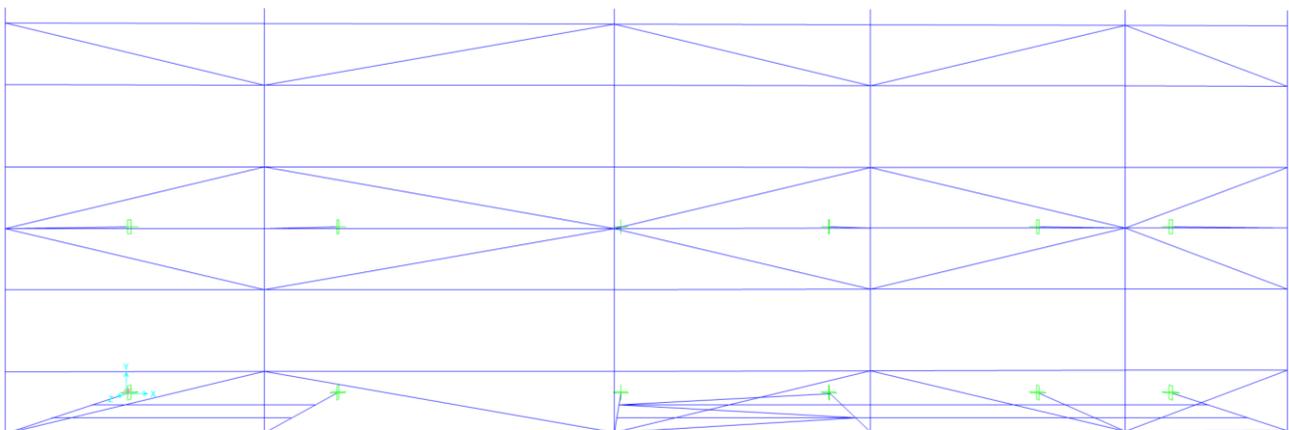


Figura 5- Modello SAP2000, vista in pianta

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	11 di 66

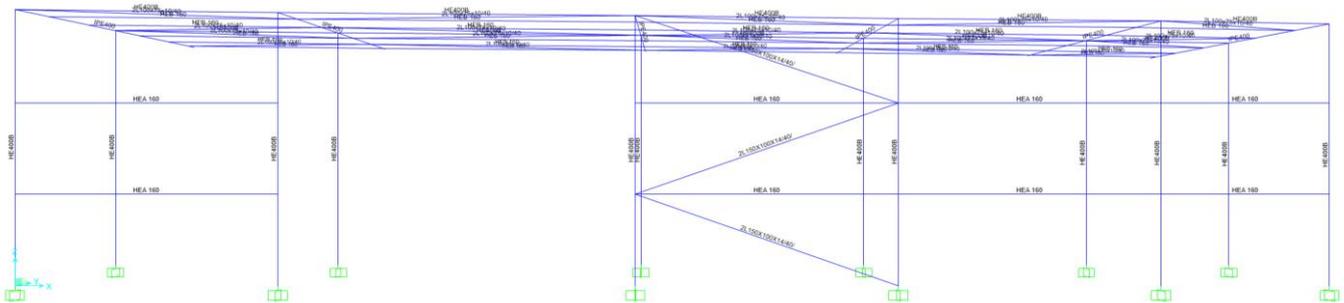


Figura 6- Modello SAP2000, vista prospetto longitudinale

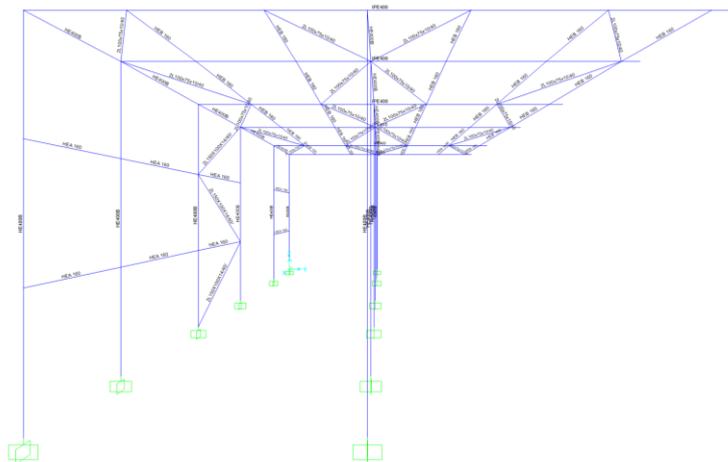


Figura 7- Modello SAP2000, vista prospetto trasversale

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 li irrigidenti, fazzoletti , piattebande , il peso proprio dell'acciaio non e stato introdotto 78.5 KN/m³ , ma 20 % in più , 94.2 kN/m³

3.2. Carichi permanenti non strutturali

Il peso della copertura e del controsoffitto: **1.5 kN/m²**.

Installazioni di copertura: **0.20 kN/m²**

I carichi (massimi) che la palina TE potrà trasmettere al montante sono:

$$M_x \text{ (trasversale al binario)} = 82.50 \quad [\text{kNm}];$$

$$T_x \text{ (trasversale al binario)} = 11.90 \quad [\text{kN}];$$

$$N \text{ (carico assiale)} = 17.10 \quad [\text{kN}];$$

I carichi trasmessi dalla TE sono da intendersi caratteristici e ai fini delle verifiche verranno incrementati da un coefficiente di combinazione $\gamma=1.5$.

3.3. Carico variabile sulla copertura

Il carico della manutenzione è di: **0.5 kN/m²**(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 ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_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 ΔT_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;

μ_i - coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

q_{sk} - valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], 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 $q_{sk} = 0.51 [1 + (a_s/481)^2]$ kN/m², $a_s < 200m \Rightarrow q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$

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):

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

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	15 di 66

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

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

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

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)

vb0 [m]	a0 [m]	ks
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 ritorni 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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	16 di 66

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

Pressione del vento sulle pareti

$$p=0.93 \text{ KN/m}^2$$

Pressione e depressione vento sulla copertura

$$p=\pm 1.2 \times 0.93 = 1.116 \text{ KN/m}^2$$

3.7. Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

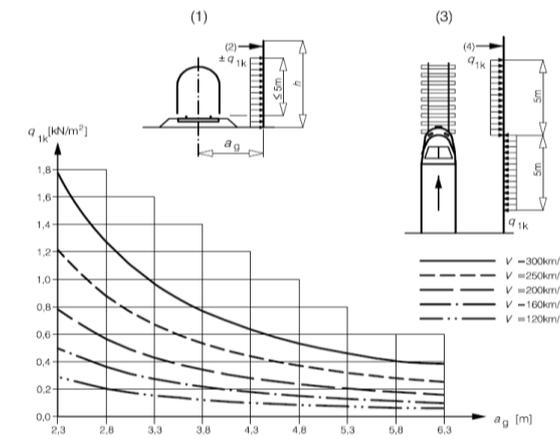
Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione secondo gli schemi riportati nel seguito.

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

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	18 di 66

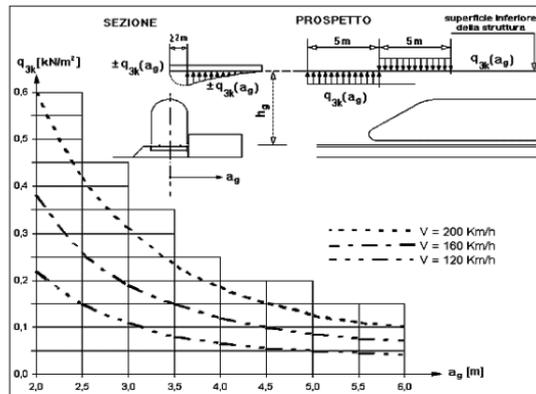


Figura 5.2.10 - Valori caratteristici delle azioni q_{3k} per superfici orizzontali adiacenti al binario

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

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	19 di 66

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

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ➔

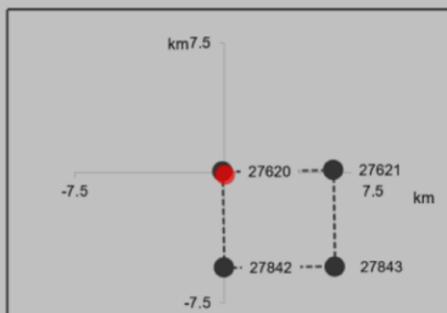
Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Reticolo di riferimento

Nodi del reticolo intorno al sito





Interpolazione

superficie rigata ▼

Controllo sul reticolo

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

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

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 **T₁**

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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	21 di 66

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 ξ (%) **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

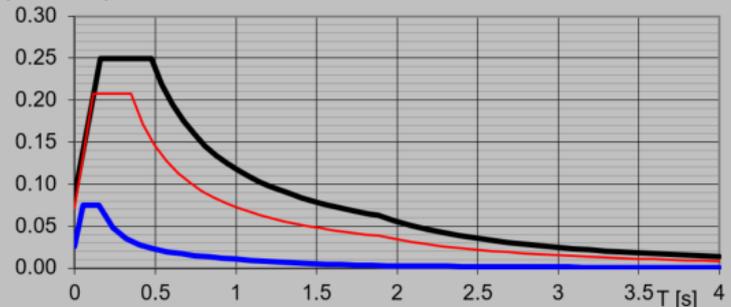
Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

$S_{d,o}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

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



INTRO

FASE 1

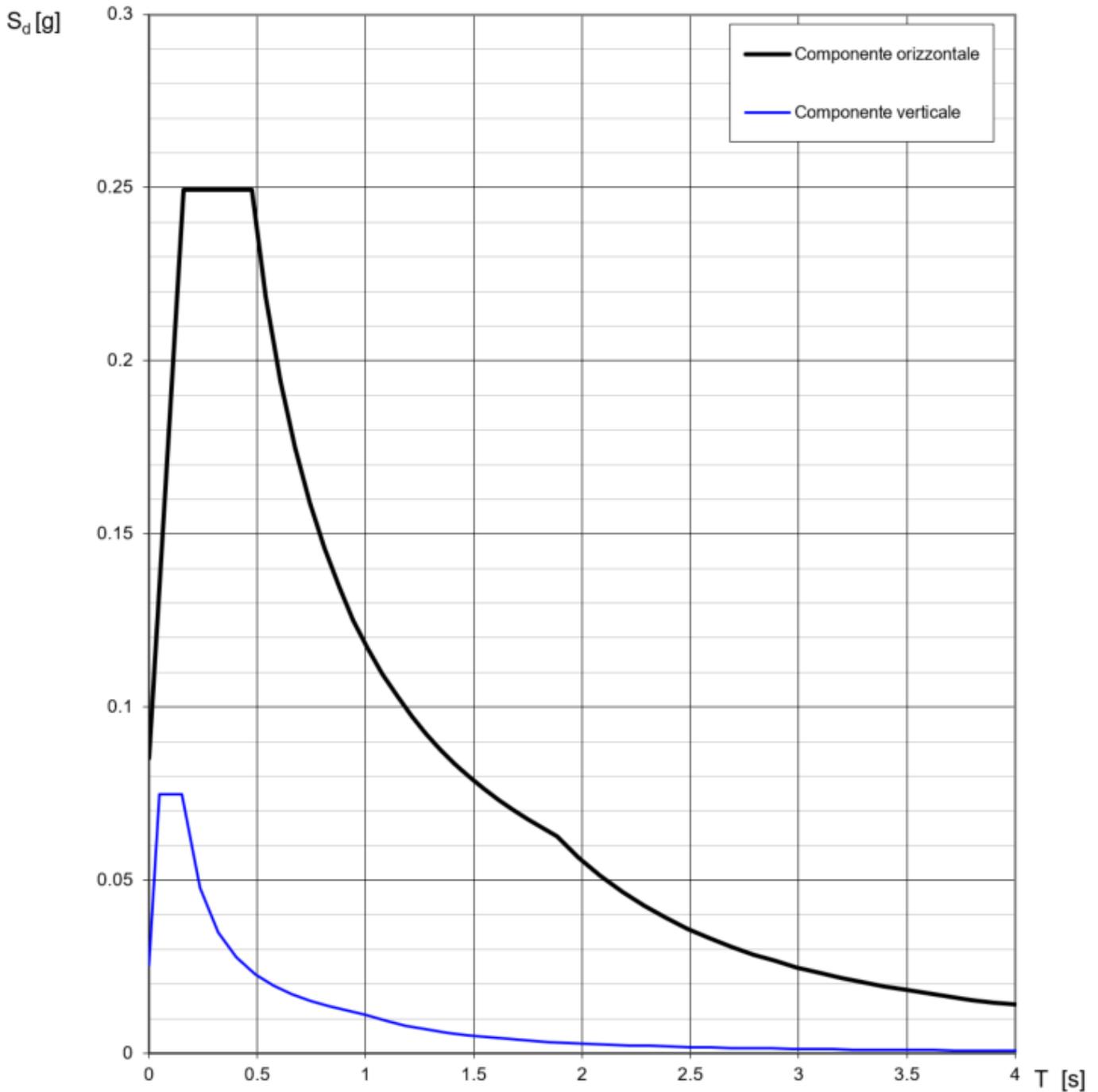
FASE 2

FASE 3

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	22 di 66

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_o	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
η	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)

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

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

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

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

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 η 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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	24 di 66

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

$S_s = 1.200$

$C_c = 1.425$ 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 ξ (%) **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

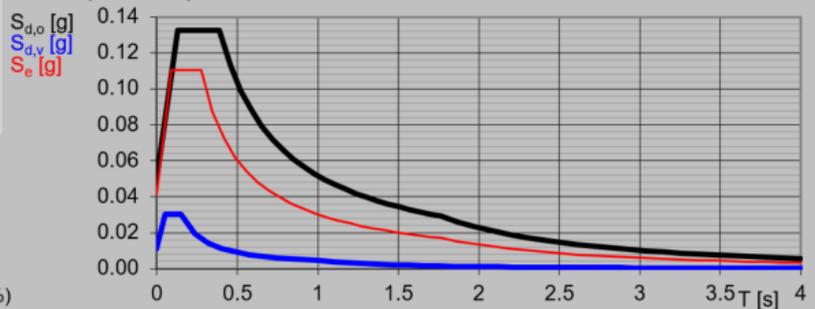
Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

- 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

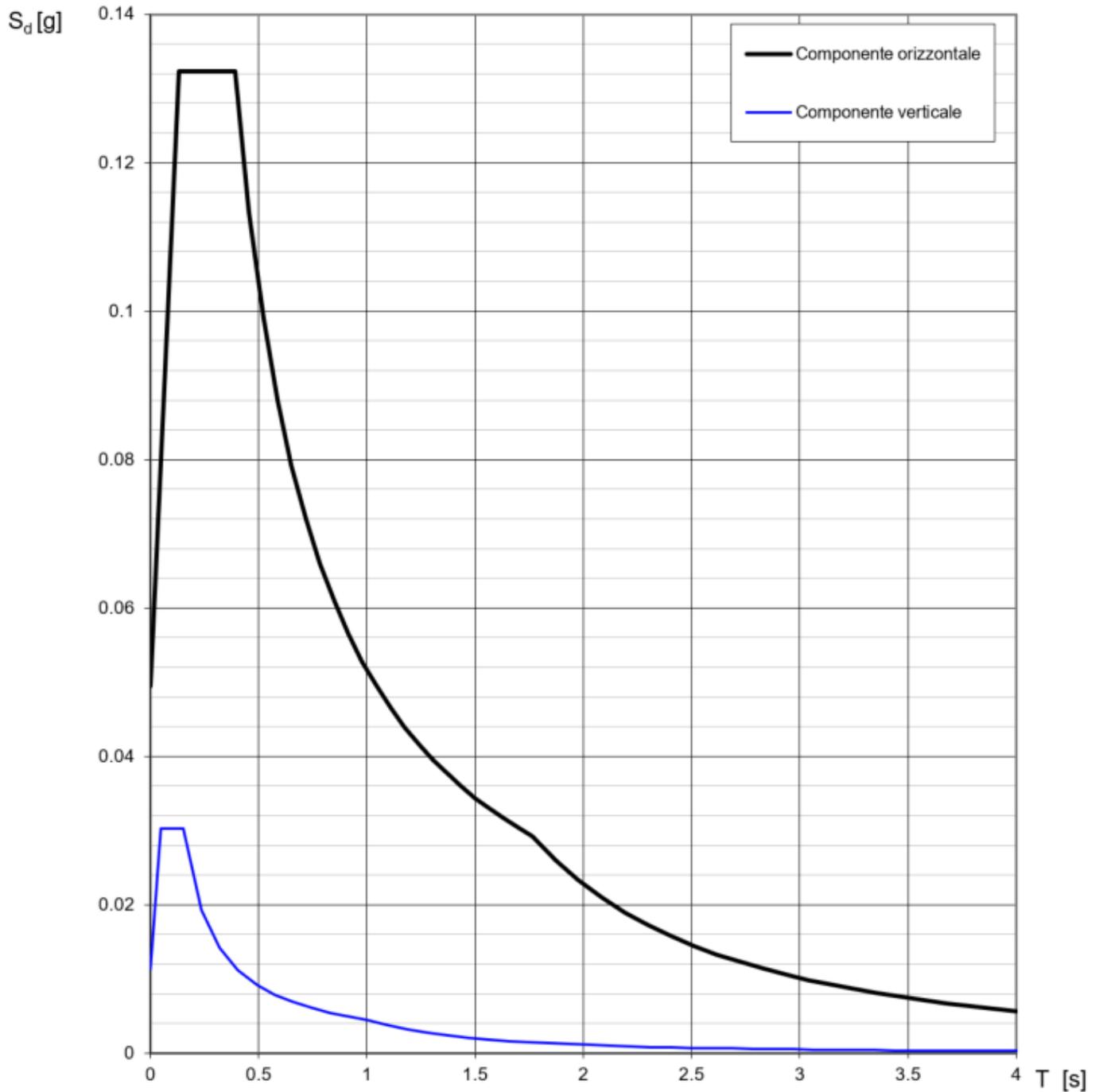
FASE 2

FASE 3

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	25 di 66

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
η	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 η 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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	27 di 66

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

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: info
 Categoria topografica: info
 $S_s =$ $C_c =$ info
 $h/H =$ $S_T =$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) ξ (%) $\eta =$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 Regol. in altezza info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q $\eta =$ info

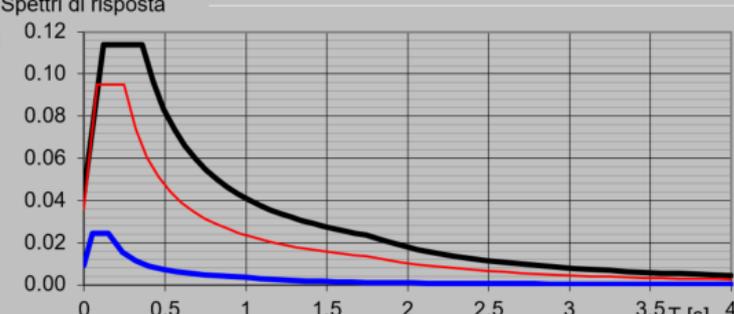
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

$S_{d,o}$ [g]

$S_{d,v}$ [g]

S_e [g]

Spettri di risposta



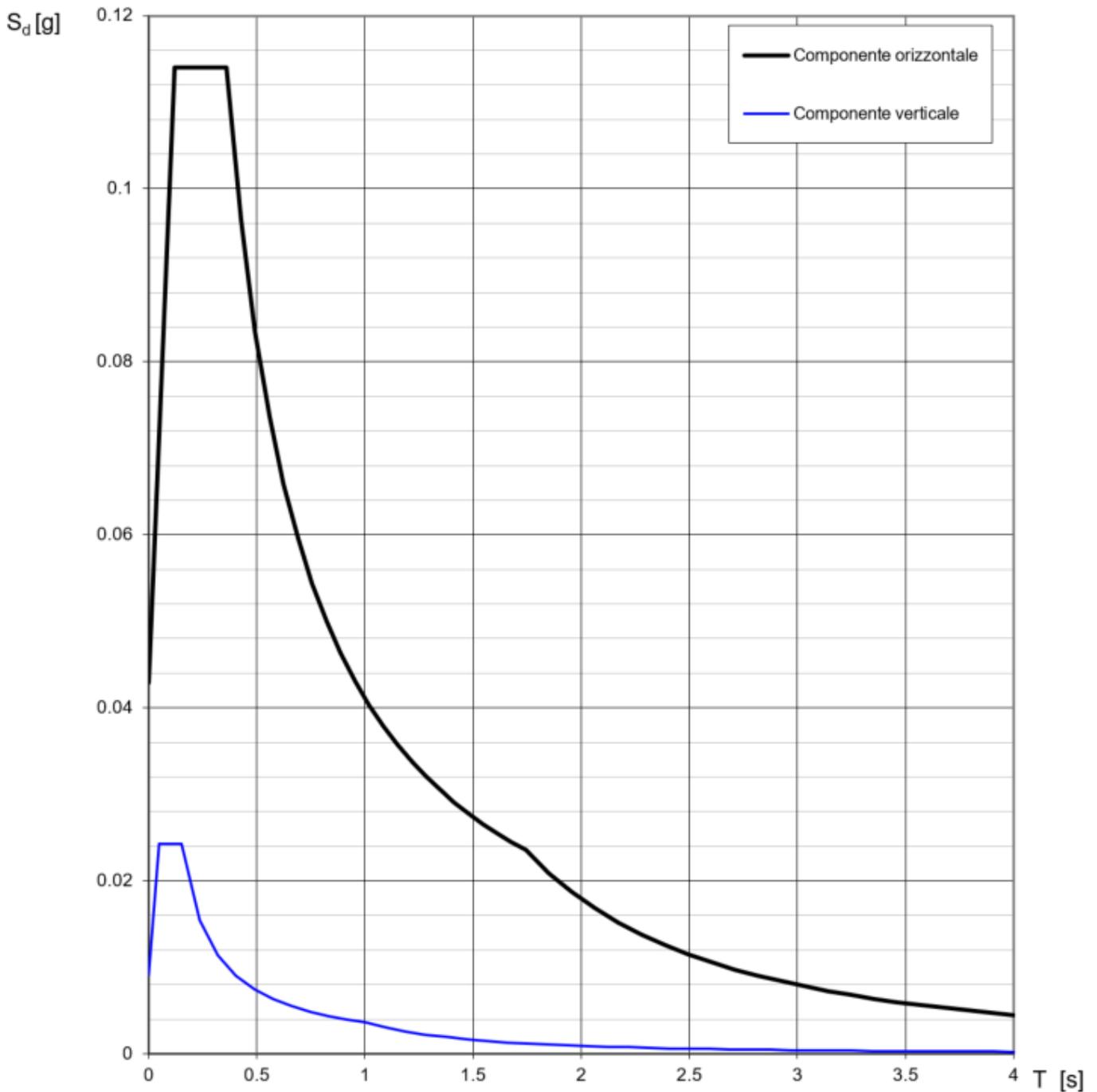
— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	28 di 66

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
η	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 η 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):

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

<u>Peso proprio</u>		$\gamma_g=1.3$			
$g_1 =$	Pilastri				
	Travi - Longitudinali				
	Travi - Transversali				
	Travi - Secondari				
<u>Permanenti non strutturali</u>		$\gamma_{\Delta g}=1.5$			
$\Delta g =$	Copertura				
	Installazioni di copertura				
	Pannelli				
	Controsoffitti				
	Installazione elettrica - Catenaria				
<u>Variabili</u>		$\gamma_{Qi} = 1.5$	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
$q_1 =$	Vento ₁		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
<u>Temperature changes</u>					
$t^+ =$	$\Delta t^+ + t^{o+}$		0.6	0.6	0.5
$t^- =$	$t^o = -25^\circ\text{C}$		0.6	0.6	0.5
<u>Eccezionale</u>		$\gamma_{Ei} = 1.0$			
Urto-x	$F_{ux} = 50\text{kN}$		0.0	0.0	0.0
Urto-y	$F_{uy} = 50\text{kN}$		0.0	0.0	0.0
<u>Seismic</u>					
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 Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	33 di 66

STATO LIMITE ESERCIZIO

CARATTERISTICA

$$G_1 + \Delta G + P + Q_{k1} + \psi_{0i} * Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t	u _x	u _y
K ₁	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₂	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₃	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₄	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₅	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₆	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₇	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₈	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₉	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0.6	0	0	0
K ₁₀	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0	0.6	0	0
K ₁₁	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0.6	0	0	0
K ₁₂	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0	0.6	0	0
K ₁₃	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0.6	0	0	0
K ₁₄	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0	0.6	0	0
K ₁₅	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0.6	0	0	0
K ₁₆	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0	0.6	0	0
K ₁₇	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	1	0	0	0
K ₁₈	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	1	0	0	0
K ₁₉	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	0	1	0	0
K ₂₀	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	0	1	0	0

FREQUENTE

$$G_1 + \Delta G + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{2i} * Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t	u _x	u _y
F ₁	1	1	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	0
F ₂	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0
F ₃	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0
F ₄	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0
F ₅	1	1	0	0	0.2	0	0	0.5	0	0	0

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	34 di 66

F ₆	1	1	0	0	0.2	0	0	0	0.5	0	0
F ₇	1	1	0	0	0	0	0.8	0.5	0	0	0
F ₈	1	1	0	0	0	0	0.8	0	0.5	0	0
F ₉	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0
F ₁₀	1	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0

QUASI PERMANENTE

$$G_1 + \Delta G + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
QP ₁	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
QP ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0

STATO LIMITE ULTIMO

FONDAMENTALE

$$\gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta G + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q_i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
U ₁	1.3	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₂	1.3	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₃	1.3	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₄	1.3	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₅	1.3	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₆	1.3	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₇	1.3	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₈	1.3	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₉	1.3	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0.9	0	0	0
U ₁₀	1.3	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0	0.9	0	0
U ₁₁	1.3	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0.9	0	0	0
U ₁₂	1.3	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0	0.9	0	0
U ₁₃	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0.9	0	0	0
U ₁₄	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0	0.9	0	0
U ₁₅	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0.9	0	0	0
U ₁₆	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0	0.9	0	0
U ₁₇	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	1.5	0	0	0
U ₁₈	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	1.5	0	0	0

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	35 di 66

U ₁₉	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	0	1.5	0	0
U ₂₀	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	0	1.5	0	0

ECCEZIONALE

$$G1 + \Delta G + P + Ad + \psi_{21} \cdot Qk1 + \psi_{2i} \cdot Qki$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t	u _x	u _y
E ₁	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0
E ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1

COMBINAZIONE SISMICA

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \cdot Qk1 + \psi_{22} \cdot Qk2 + \dots$$

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
g ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Δg	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
t ⁺	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
t	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5
SLV _x	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLV _y	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLV _z	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0	0	0	0	0	0
SLD _x	0	0	0	0	0	0	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
SLD _y	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
SLD _z	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 g_1 + permanenti portati g_2) 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	0.376	69%	0%	0%
Mode	2	0.260	0%	16%	13%
Mode	6	0.197	1%	46%	2%
Mode	7	0.175	1%	19%	3%
Mode	12	0.091	18%	0%	0%

5.3. Principali forme modali

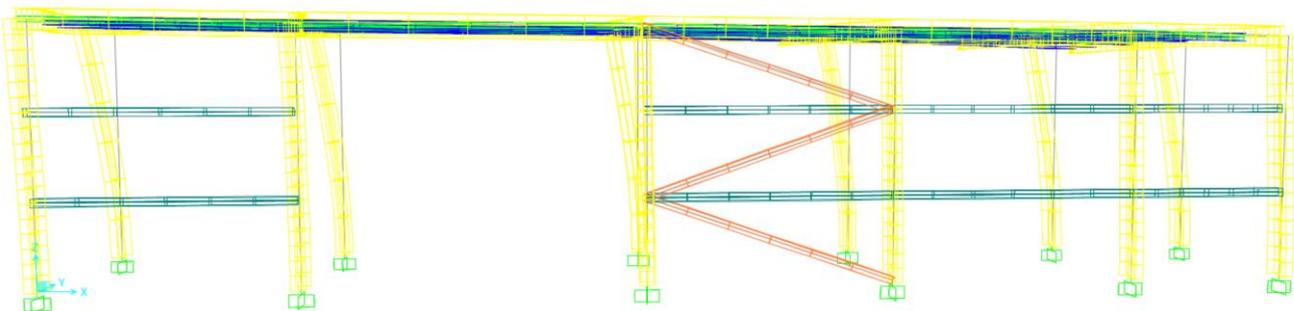


Figura 8- Modo 1, longitudinale (T=0.376 sec)

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	37 di 66

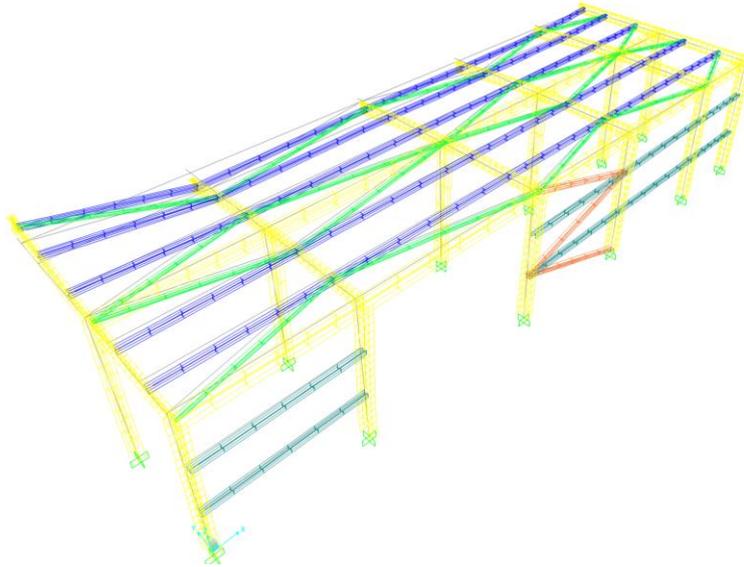


Figura 9- Modo 6, trasversale (T=0.197 sec)

6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

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

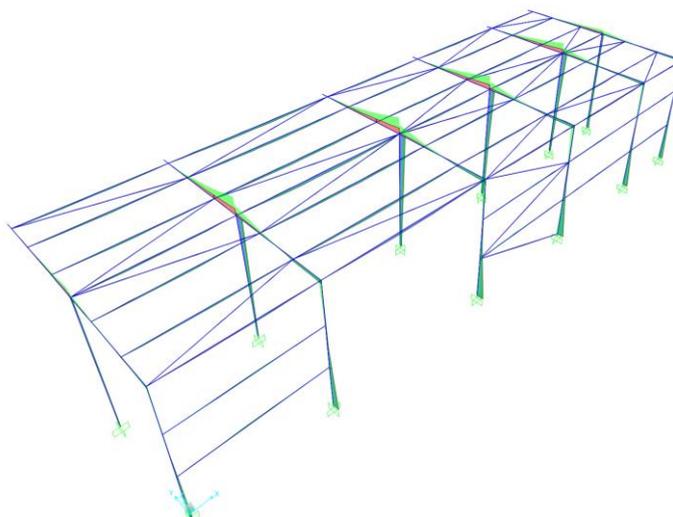


Figura 10- Diagramma momento M33, Involuppo SLU

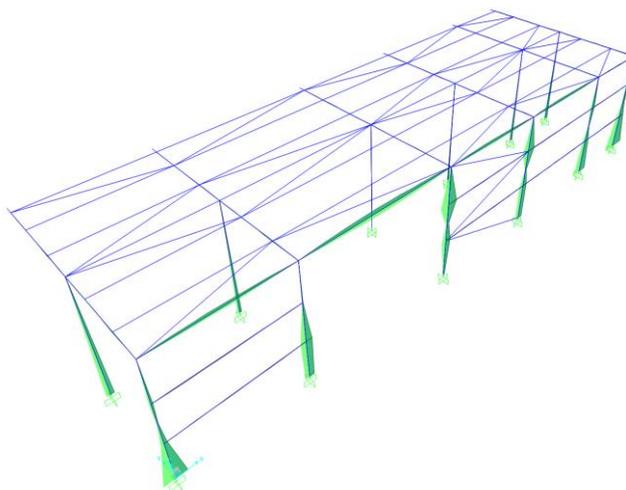


Figura 11- Diagramma momento M22, Involuppo SLU

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	39 di 66

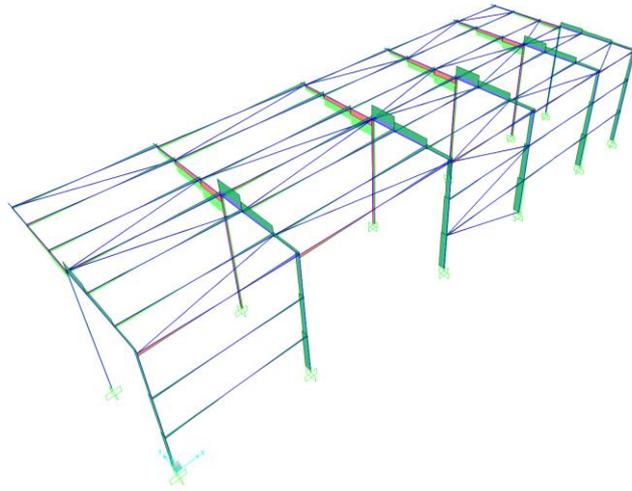


Figura 12- Diagramma taglio V22, Inviluppo SLU

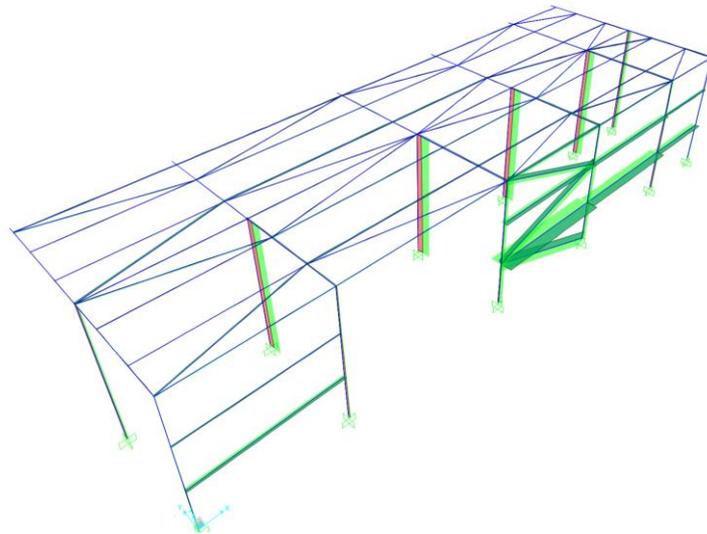


Figura 13- Diagramma sforzo assiale N, Inviluppo SLU

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	40 di 66

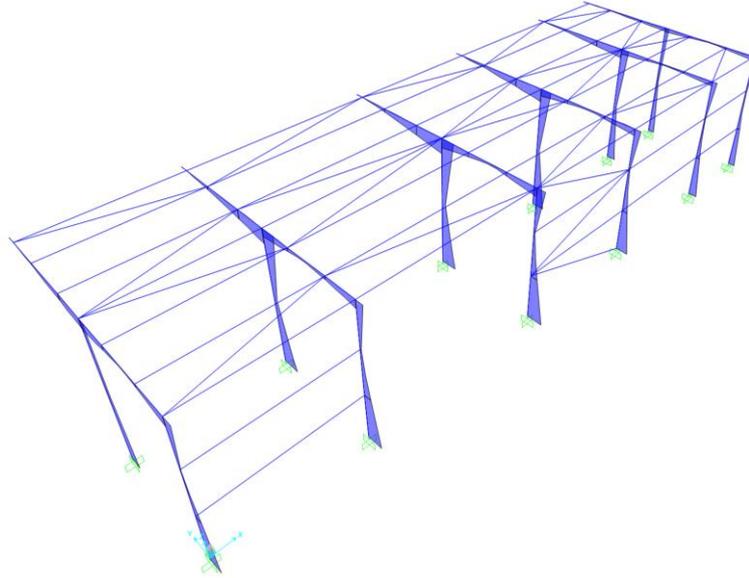


Figura 14- Diagramma momento, Combinazione modale sisma trasversale

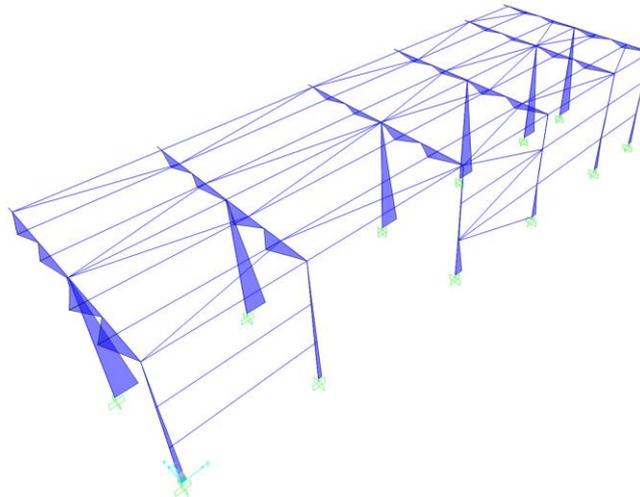


Figura 15- Diagramma momento, Combinazione modale sisma longitudinale

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	41 di 66

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

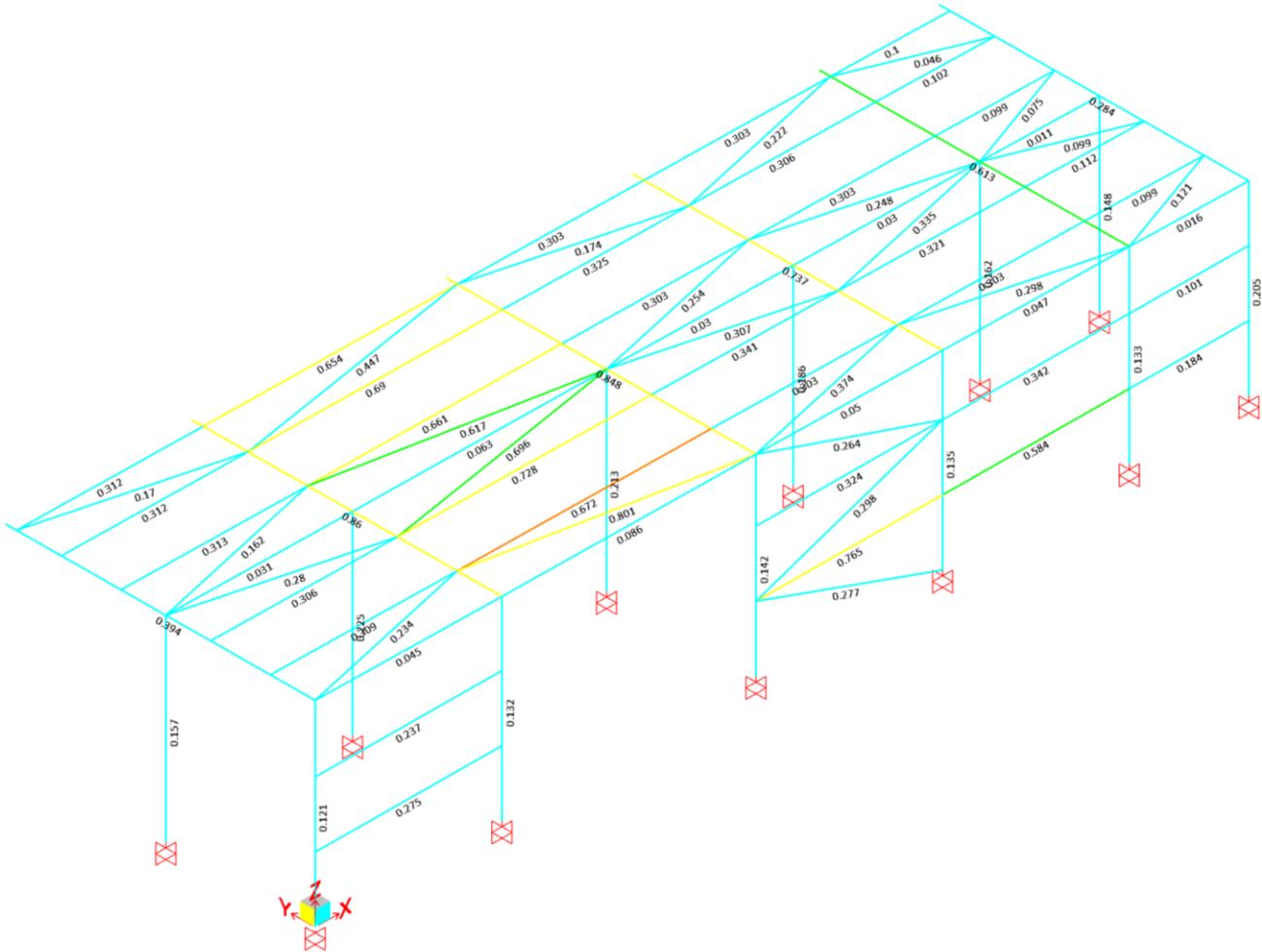
Item	Value
1 Design Code	Italian NTC 2018
2 Method Used for Buckling in P-M-M	Method B
3 Multi-Response Case Design	Envelopes
4 Framing Type	DCL-CBF
5 Behavior Factor, q0	1.
6 System Overstrength Factor, Omega	1.
7 Consider P-Delta Done?	No
8 Consider Torsion?	No
9 GammaM0	1.05
10 GammaM1	1.05
11 GammaM2	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

Set To Default Values Reset To Previous Values

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	42 di 66

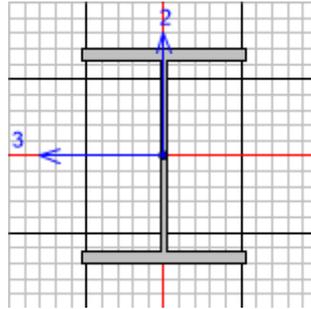
7.1. Verifiche di resistenza di tutti gli elementi



FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	43 di 66

7.2. Verifiche di resistenza delle colonne HEB400



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

Frame : 370	X Mid: 5.	Combo: SLU_10	Design Type: Column
Length: 5.228	Y Mid: 4.	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.5	Z Mid: 2.614	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.	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyy=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
0.5	-300.695	7.839	-5.025	-31.768	-1.063	0.008

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

D/C Ratio: 0.225 = 0.07 + 0.145 + 0.01 < 0.95 OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-300.695	6694.286	6694.286

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	6694.286	7270.56	16810.407	16810.407	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	43739.431	0.401	0.601	0.953	6376.673
MajorB (y-y)	a	0.21	43739.431	0.401	0.601	0.953	6376.673

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	44 di 66

Minor (z-z)	b	0.34	8204.935	0.926	1.052	0.645	4315.966
MinorB(z-z)	b	0.34	8204.935	0.926	1.052	0.645	4315.966
Torsional TF	b	0.34	16810.407	0.647	0.785	0.813	5442.247

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	7.839	158.036	74.996	91.604
Minor (z-z)	-5.025	-5.556	-2.779	-3.334

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	1092.724	1092.724	1092.724	1065.117
Minor (z-z)	373.257	373.257	373.257	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b 0.34	0.54	0.703	0.975	1.804	3941.214

	kyy	kzy	kzz
Factors	0.585	0.391	0.652

SHEAR DESIGN

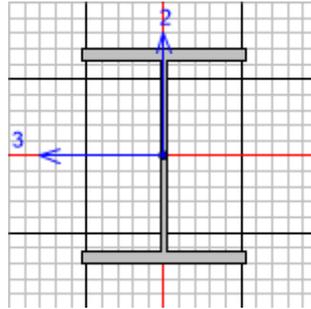
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	31.768	0.008	1370.299	0.023	OK
Minor (y)	1.063	0.008	2937.359	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1370.299	1.	0.362

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	45 di 66

7.3. Verifiche di resistenza delle travi HEB400



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

Frame : 188	X Mid: 8.4	Combo: SLU_01	Design Type: Beam
Length: 6.8	Y Mid: 0.	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 6.8	Z Mid: 5.2	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.	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyy=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
6.8	-16.061	0.	0.	21.535	8.16	-0.004

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
D/C Ratio: 0.086 = 0.005 + 0.046 + 0.036 < 0.95 OK
= $\frac{NEd}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(My, Ed + NEd eNy)}{(\chi_{LT} My, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(Mz, Ed + NEd eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma_{M1})}$ (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-16.061	6694.286	6694.286				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	6694.286	7270.56	13382.443	13382.443	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	25852.171	0.521	0.67	0.917	6141.907
MajorB (y-y)	a	0.21	25852.171	0.521	0.67	0.917	6141.907

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	46 di 66

Minor (z-z)	b	0.34	4849.523	1.204	1.395	0.476	3186.506
MinorB(z-z)	b	0.34	4849.523	1.204	1.395	0.476	3186.506
Torsional TF	b	0.34	13382.443	0.725	0.852	0.77	5151.641

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	36.611	0.	27.458
Minor (z-z)	0.	13.873	0.	10.405

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	1092.724	1092.724	1092.724	802.29
Minor (z-z)	373.257	373.257	373.257	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b 0.34	0.82	0.941	0.734	1.14	1707.487

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.951	0.574	0.999	0.957

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	21.535	0.004	1370.299	0.016	OK
Minor (y)	8.16	0.004	2937.359	0.003	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1370.299	1.	0.364

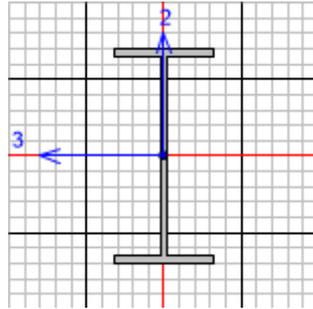
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	21.535	21.535

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	47 di 66

7.4. Verifiche di resistenza delle travi IPE400



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

Frame : 360	X Mid: 5.	Combo: SLU_09	Design Type: Beam
Length: 8.3	Y Mid: 4.15	Shape: IPE400	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.2	Z Mid: 5.228	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.	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=199947978.8	fy=344737.894	fu=448159.263	Wpl,zz=2.290E-04	Av,z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.2	-5.989	-188.086	0.852	-130.311	-0.898	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
D/C Ratio: 0.86 = 0.002 + 0.853 + 0.005 < 0.95 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-5.989	2774.319	2726.601				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	2774.319	2726.601	14477.845	14477.845	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	24686.271	0.344	0.574	0.967	2683.041
MajorB (y-y)	a	0.21	24686.271	0.344	0.574	0.967	2683.041

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	48 di 66

Minor (z-z)	b	0.34	10159.965	0.535	0.7	0.868	2408.565
MinorB(z-z)	b	0.34	10159.965	0.535	0.7	0.868	2408.565
Torsional TF	b	0.34	14477.845	0.449	0.643	0.906	2514.431

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-188.086	-345.19	-975.695	-345.19
Minor (z-z)	0.852	0.852	4.422	0.493

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	429.117	429.117	429.117	404.792
Minor (z-z)	75.186	75.186	75.186	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.49	0.429	0.648	0.943	1.186	2445.867

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.937	0.24	1.	0.4

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	130.311	0.	809.994	0.161	OK
Minor (y)	0.898	0.	993.694	0.001	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	809.994	1.	0.598

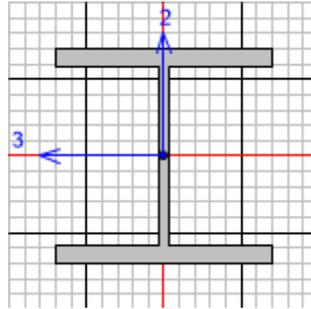
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	18.595	0.

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	49 di 66

7.5. Verifiche di resistenza delle travi HEB160



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

Frame : 244	X Mid: 8.4	Combo: SLU_10	Design Type: Beam
Length: 6.8	Y Mid: 1.2	Shape: HEB 160	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 6.8	Z Mid: 5.2	Class: Class 1	Rolled : No

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=0.005	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.005	Iyy=2.414E-05	iyy=0.068	Wel, yy=3.017E-04	Weff, yy=3.017E-04
It=0.	Izz=8.880E-06	izz=0.041	Wel, zz=1.110E-04	Weff, zz=1.110E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.16	Wpl, yy=3.417E-04	Av, y=0.004
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.685E-04	Av, z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
6.8	17.84	0.	0.	23.497	0.	4.864E-05

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

D/C Ratio: 0.672 = 0. + 0.672 + 0. < 0.95 OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(My, Ed + NEd eNy)}{(\chi_{LT} My, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(Mz, Ed + NEd eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	17.84	1768.914	1768.914				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	1768.914	1921.19	3468.358	3468.358	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.34	1081.776	1.31	1.547	0.422	746.372
MajorB (y-y)	b	0.34	1081.776	1.31	1.547	0.422	746.372

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	50 di 66

Minor (z-z)	c	0.49	398.019	2.16	3.314	0.172	303.622
MinorB(z-z)	c	0.49	398.019	2.16	3.314	0.172	303.622
Torsional TF	c	0.49	3468.358	0.732	0.898	0.705	1246.948

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	39.947	0.	29.96
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	115.518	115.518	115.518	59.47
Minor (z-z)	56.984	56.984	56.984	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c 0.49	1.068	1.283	0.515	1.14	106.359

	kyy	kzy	kzz
Factors	0.95	0.6	1.

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	23.497	4.864E-05	209.254	0.112	OK
Minor (y)	0.	4.864E-05	812.029	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	209.254	1.	0.236

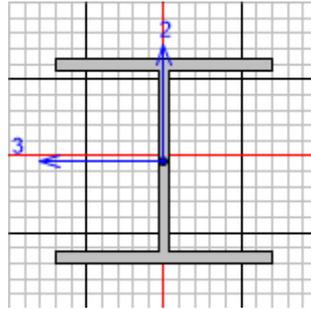
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	23.497	23.497

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	51 di 66

7.6. Verifiche di resistenza delle travi HEA160



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

Frame : 189	X Mid: 14.3	Combo: SLU_18	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 0.	Shape: HEA 160	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.	Z Mid: 1.75	Class: Class 2	Rolled : No

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.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=1.595E-05	iyy=0.066	Wel,yy=2.098E-04	Weff,yy=2.098E-04
It=0.	Izz=6.146E-06	izz=0.041	Wel,zz=7.683E-05	Weff,zz=7.683E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.152	Wpl,yy=2.329E-04	Av,y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.164E-04	Av,z=8.040E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.	-214.32	0.	0.	-3.6	-1.106	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
D/C Ratio: 0.765 = 0.607 + 0.096 + 0.062 < 0.95 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1) + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-214.32	1245.543	1245.543				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	1245.543	1352.765	1570.899	1570.899	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	1321.979	0.995	1.13	0.6	747.867
MajorB (y-y)	b	0.34	1321.979	0.995	1.13	0.6	747.867

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	52 di 66

Minor (z-z)	c	0.49	509.566	1.602	2.127	0.284	353.29
MinorB(z-z)	c	0.49	509.566	1.602	2.127	0.284	353.29
Torsional TF	c	0.49	1570.899	0.912	1.091	0.592	737.624

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	-4.5	0.	3.375
Minor (z-z)	0.	-1.382	0.	1.037

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	78.727	78.727	73.164	42.671
Minor (z-z)	39.356	39.356	39.356	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c 0.49	1.022	1.223	0.542	1.143	79.164

	kyy	kzy	kzz
Factors	1.166	1.054	1.757

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	3.6	0.	156.94	0.023	OK
Minor (y)	1.106	0.	562.174	0.002	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	156.94	1.	0.314

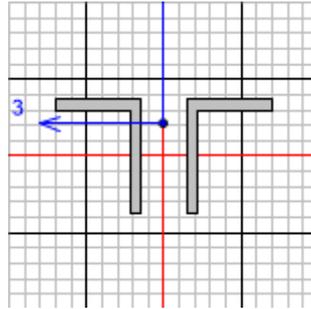
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	6.	6.

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	53 di 66

7.7. Verifiche di resistenza delle travi 2L 100*75*10



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

Frame : 21	X Mid: 8.4	Combo: Sism 02	Design Type: Beam
Length: 6.905	Y Mid: 0.6	Shape: 2L100x75x10/40	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.	Z Mid: 5.2	Class: Class 3	Rolled : No

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=0.003	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.003	Iyy=3.273E-06	iyy=0.031	Wel,yy=4.833E-05	Weff,yy=4.833E-05
It=0.	Izz=6.803E-06	izz=0.045	Wel,zz=7.161E-05	Weff,zz=7.161E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.1	Wpl,yy=8.738E-05	Av,y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.313E-04	Av,z=0.002

Iyz=0.	Imax=6.803E-06	imax=0.045	Wel,zz,maj=7.161E-05
Rot= 90. deg	Imin=3.273E-06	imin=0.031	Wel,zz,min=4.833E-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
0.	-61.427	0.	0.	-1.052	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.801 = 0.612 + 0.189 + 0. < 0.95 OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_y N_{Rk} / \Gamma_{M1})} + k_{yy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{yz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	-73.793	1115.714	1115.714		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	54 di 66

1115.714 1211.76 2235.69 287.377 1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Minor (y-y)	b	0.34	142.264	2.87	5.071	0.108	120.587
MinorB(y-y)	b	0.34	142.264	2.87	5.071	0.108	120.587
Major (z-z)	b	0.34	295.681	1.99	2.785	0.211	235.688
MajorB(z-z)	b	0.34	295.681	1.99	2.785	0.211	235.688
Torsional TF	b	0.34	287.377	2.019	2.848	0.206	229.788

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	1.817	0.	1.363
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	16.339	16.339	16.339	12.511
Major (z-z)	24.209	24.209	24.209	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0.76	0.548	0.783	0.766	1.14	57.09

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	1.299	1.188	0.978	1.188

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1.052	0.	390.399	0.003	OK
Minor (y)	0.	0.	292.799	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	390.399	1.	0.127

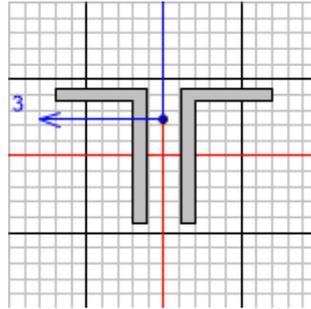
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1.368	1.368

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	55 di 66

7.8. Verifiche di resistenza delle travi 2L 150*100*14



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

Frame : 44	X Mid: 14.3	Combo: Sism 02	Design Type: Brace
Length: 5.297	Y Mid: 0.	Shape: 2L150X100X14/40	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.297	Z Mid: 2.625	Class: Class 3	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=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.487E-05	iyy=0.047	Wel,yy=1.482E-04	Weff,yy=1.482E-04
It=0.	Izz=1.872E-05	izz=0.053	Wel,zz=1.560E-04	Weff,zz=1.560E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.15	Wpl,yy=2.695E-04	Av,y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=2.987E-04	Av,z=0.004

Iyz=0.	Imax=1.872E-05	imax=0.053	Wel,zz,maj=1.560E-04
Rot= 90. deg	Imin=1.487E-05	imin=0.047	Wel,zz,min=1.482E-04

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
5.297	-195.922	0.	0.	1.534	0.	-0.003

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.298 = 0.246 + 0.052 + 0. < 0.95 OK

$$= \frac{NED}{(\chi_y NRk / \Gamma_{M1})} + k_{yy} \frac{(M_y, Ed + NED eNy)}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{yz} \frac{(M_z, Ed + NED eNz)}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	-195.922	2246.305	2246.305

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

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	56 di 66

2246.305 2439.677 5050.783 1268.694 1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Minor (y-y)	b	0.34	1098.256	1.465	1.789	0.355	797.996
MinorB(y-y)	b	0.34	1098.256	1.465	1.789	0.355	797.996
Major (z-z)	b	0.34	1382.606	1.306	1.541	0.424	952.318
MajorB(z-z)	b	0.34	1382.606	1.306	1.541	0.424	952.318
Torsional TF	b	0.34	1268.694	1.363	1.627	0.398	892.924

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	2.032	0.	1.524
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	50.119	50.119	50.119	42.579
Major (z-z)	52.743	52.743	52.743	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0.76	0.427	0.677	0.85	1.316	288.901

	kyy	kzy	kzz
Factors	1.09	1.123	1.123

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1.534	0.002	819.837	0.002	OK
Minor (y)	0.	0.002	453.643	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	819.837	1.	0.137

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-195.922	2853.93

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

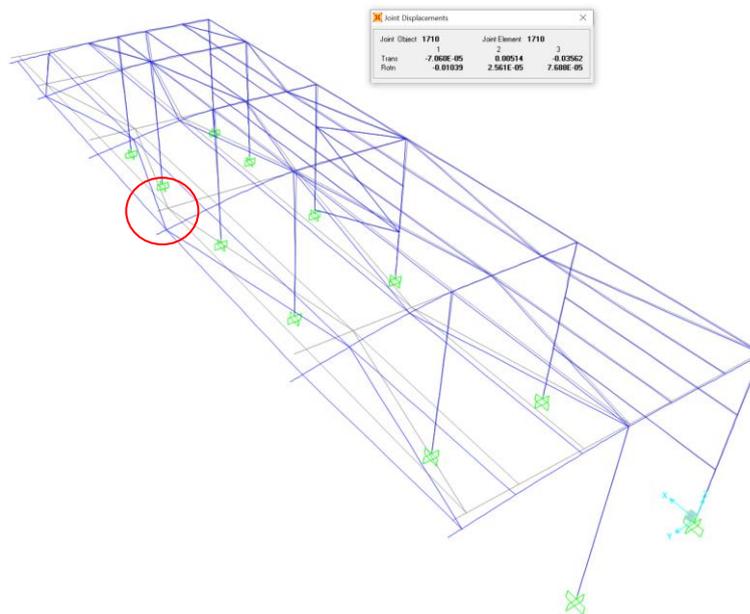
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	57 di 66

8. VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA

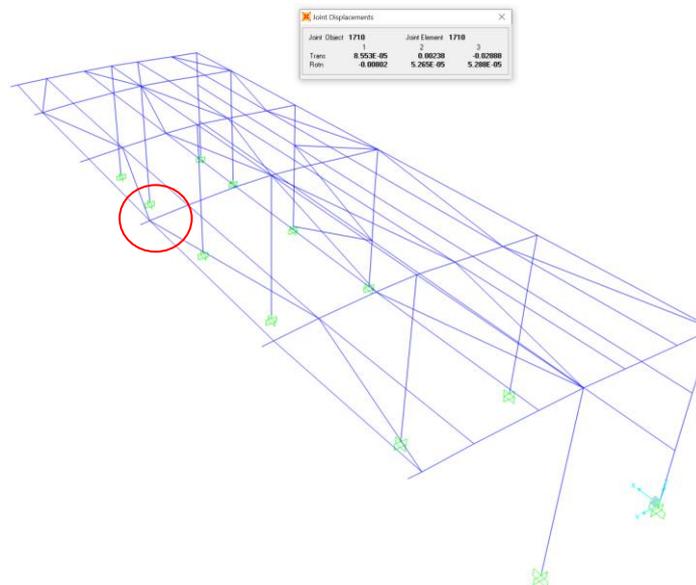
8.1. Travi della copertura- spostamenti verticali

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

- **f = 35.7 mm** combinazioni caratteristica **SLE RARA 09** $L/f=4300/35.7=120$



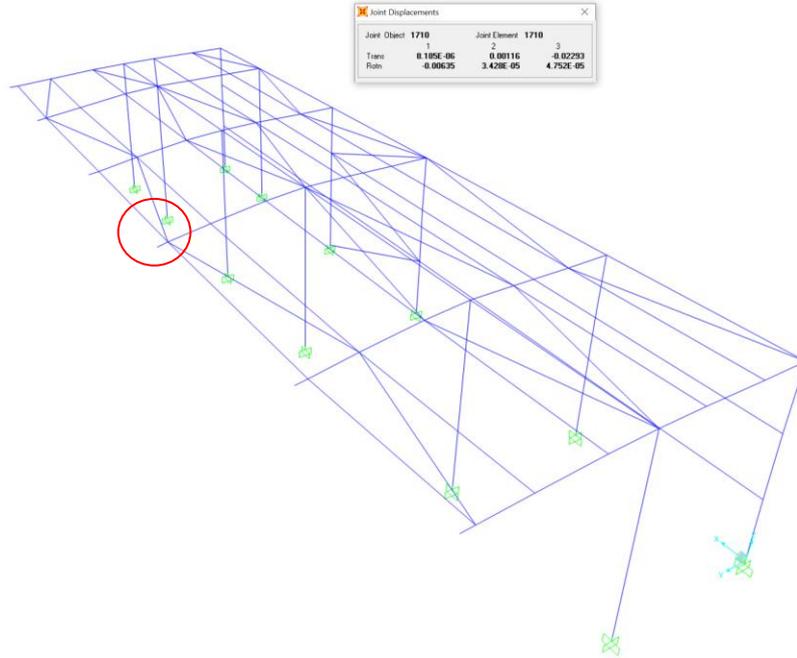
- **f = 28.9 mm** combinazioni frequenti **SLE FREQ 02** $L/f=4300/28.9=148$



FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	58 di 66

- $f = 22.9 \text{ mm}$ combinazioni quasi permanenti SLE QP2 $L/f=4300/22.9=188$



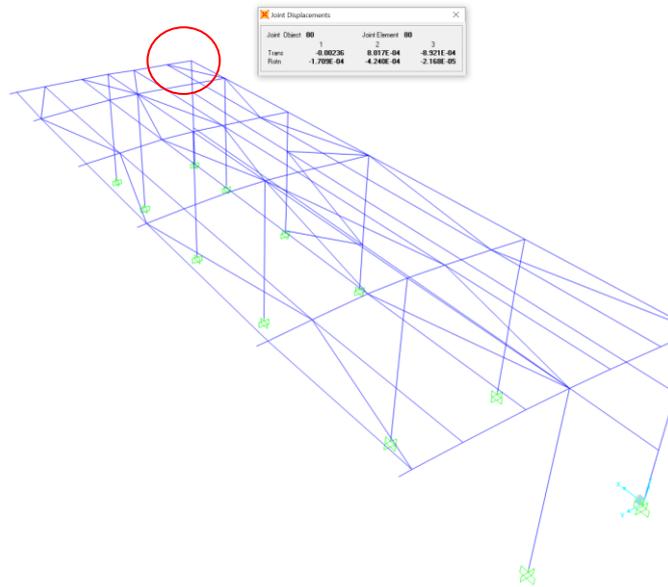
FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	59 di 66

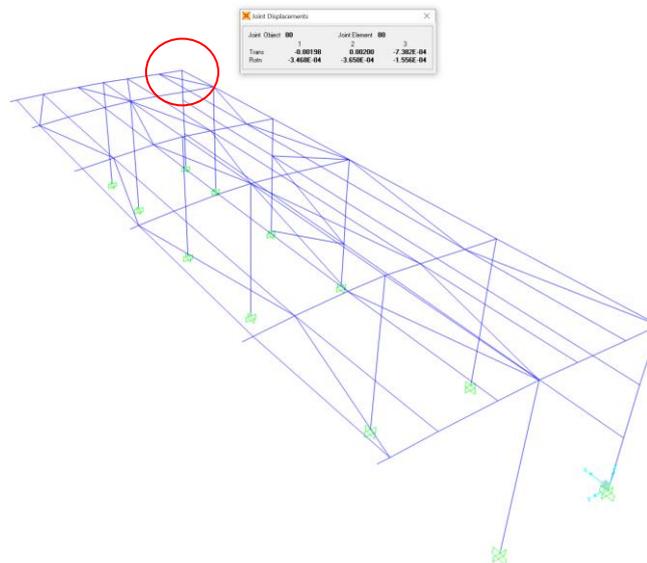
8.2. Colonne – spostamenti orizzontali

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

- $\delta=2.2$ mm combinazioni caratteristica **SLE RARA16** Si ha $H/\delta=5000/2.2=2272$



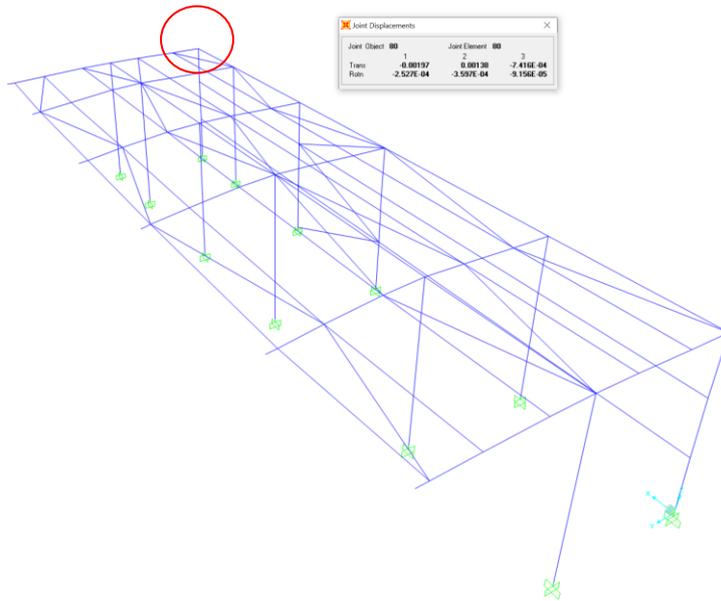
- $\delta=2.0$ mm combinazioni frequenti **SLE FREQ 02** Si ha $H/\delta=5000/2.0=2500$



FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	60 di 66

- $\delta=2.0\text{mm}$ combinazioni quasi permanenti SLE QP2 Si ha $H/\delta=5000/2.0=2500$

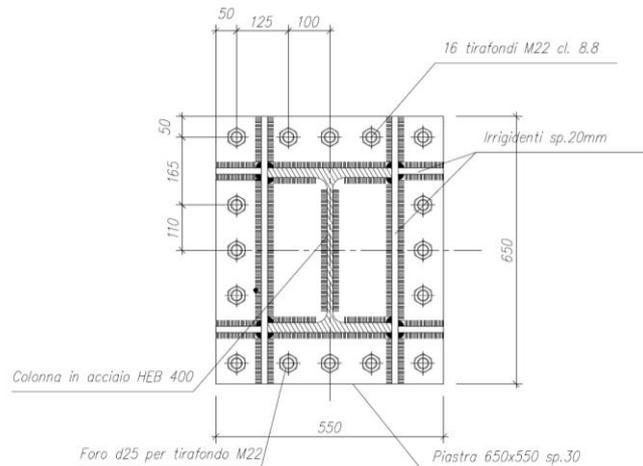


FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	61 di 66

9. VERIFICA GIUNTO DI BASE

Verifica nodo di base e colonna HEB400.



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:

SLU	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
max	F1	1	SLU_17	75	-24	14	67	98
max	F2	193	SLU_10	-1	31	302	-4	-5
max	F3	191	SLU_09	0	24	303	22	-1
max	M1	31	SLU_02	13	-57	36	153	8
max	M2	1	SLU_17	75	-24	14	67	98
max	M3	76	SLU_01	-40	-23	9	65	-48

SLU	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
min	F1	1	SLU_20	-75	-4	28	24	-98
min	F2	31	SLU_02	13	-57	36	153	8
min	F3	76	SLU_02	40	-28	9	82	48
min	M1	191	SLU_04	0	25	115	-48	0
min	M2	1	SLU_20	-75	-4	28	24	-98
min	M3	1	SLU_02	-45	-38	9	112	-59

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	62 di 66

Condizioni sismiche:

SLV	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	F1	46	Sism_01	130	-3	172	47	0
<i>max</i>	F2	193	Sism_04	1	40	161	59	7
<i>max</i>	F3	31	Sism_01	1	0	182	68	8
<i>max</i>	M1	31	Sism_04	10	7	91	106	9
<i>max</i>	M2	1	Sism_01	29	12	36	88	41
<i>max</i>	M3	46	Sism_01	130	-3	172	47	0

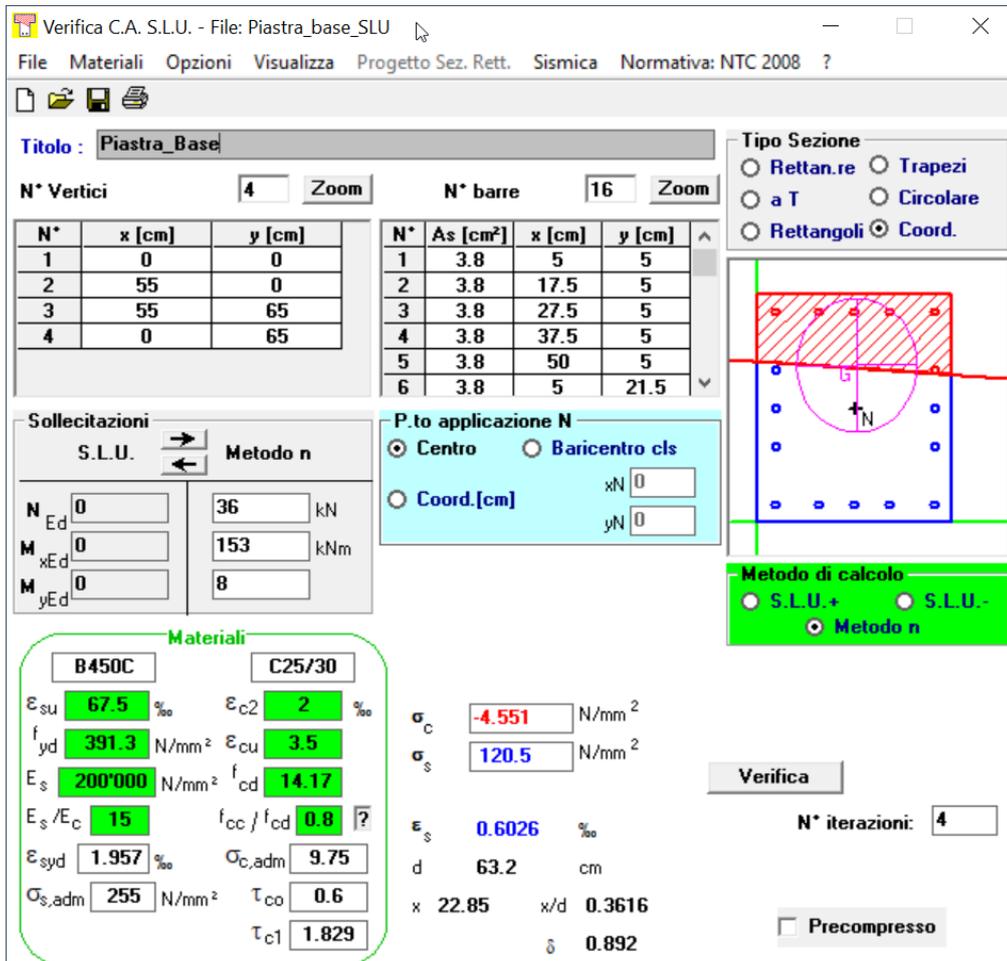
SLV	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	F1	46	Sism_02	-130	-17	-105	17	0
<i>min</i>	F2	31	Sism_04	4	-33	-21	-22	0
<i>min</i>	F3	46	Sism_01	-112	-15	-110	8	-19
<i>min</i>	M1	193	Sism_03	-1	-11	46	-92	-7
<i>min</i>	M2	1	Sism_02	-29	-29	-3	-32	-41
<i>min</i>	M3	16	Sism_02	-16	-24	22	-4	-26

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 a taglio- trazione del tirafondo

Il calcolo della tensione agente nei tirafondi viene eseguito mediante il programma VcaSLU del Prof. Piero Gelfi, del quale di riportano le schermate a seguire, con riferimento alle tre condizioni di carico più gravose.

Condizioni statiche:



Titolo: Piastra_Base

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

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 **36** kN
M_{xEd} 0 **153** kNm
M_{yEd} 0 **8**

Materiali: B450C C25/30

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

Verifica **N° iterazioni:** 4 Precompresso

σ_c -4.551 N/mm²
 σ_s 120.5 N/mm²
 ϵ_s 0.6026 ‰
 d 63.2 cm
 x 22.85 x/d 0.3616
 δ 0.892

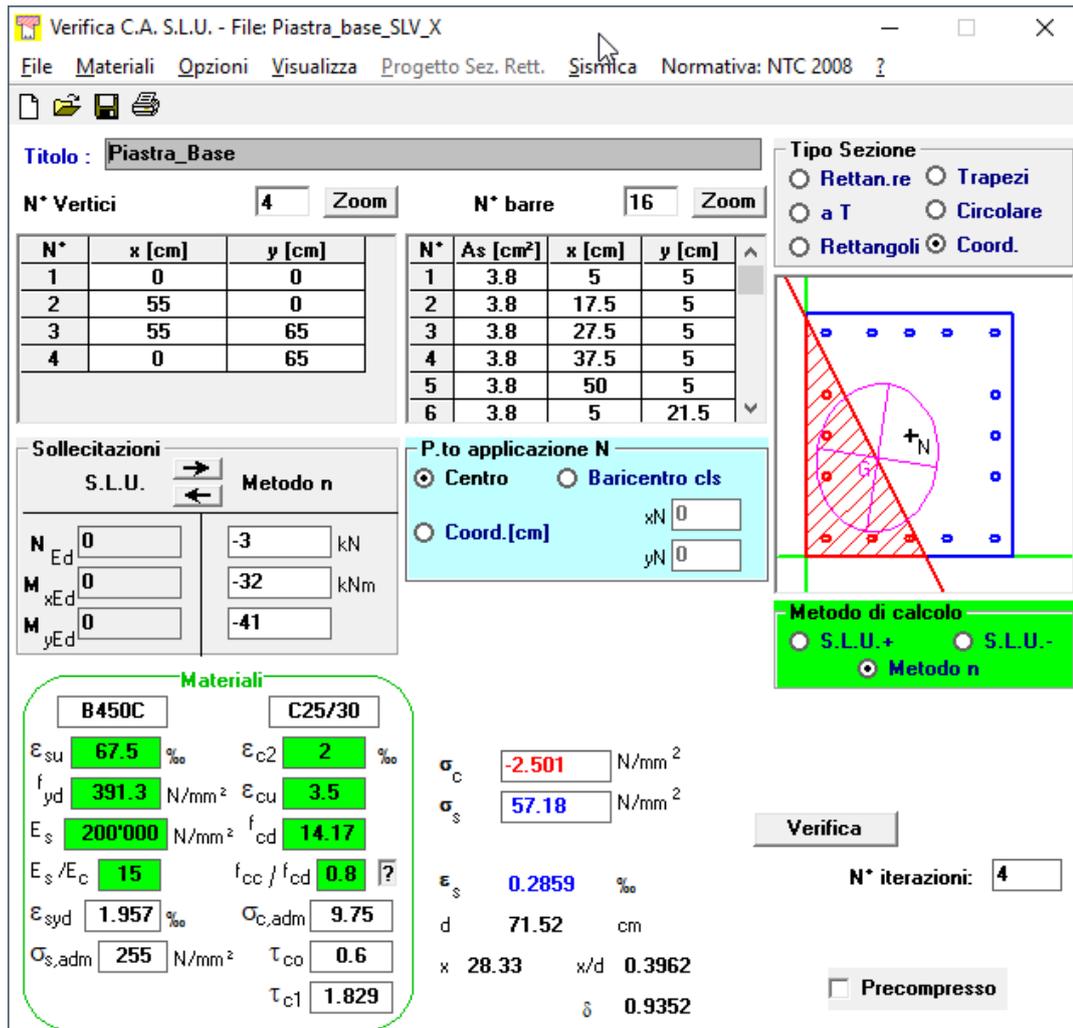
$F_{Ed} = 120.5 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 46.0 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

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

Condizioni sismiche:

In direzione longitudinale:



Titolo: Piastra_Base

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

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -3 kN
M_{xEd} 0 -32 kNm
M_{yEd} 0 -41

Materiali
B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{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

Verifica
N* iterazioni: 4
Precompresso

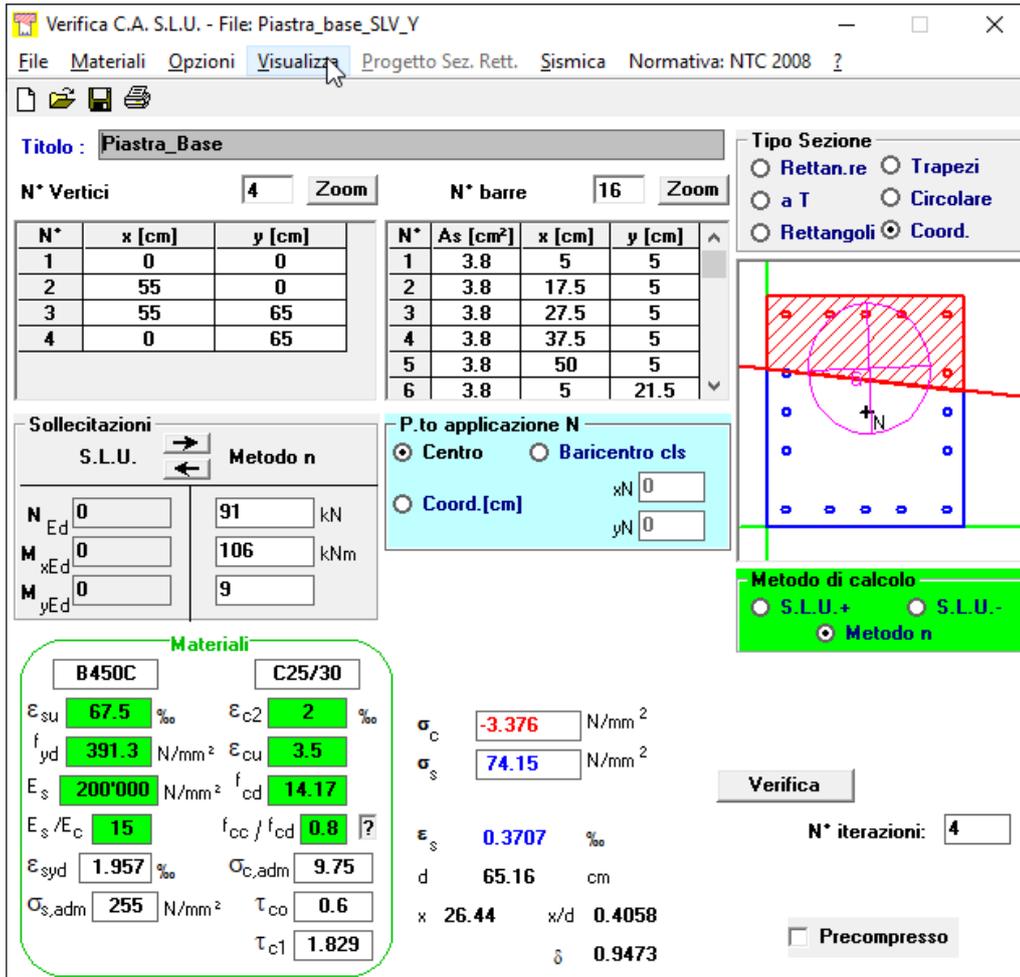
σ_c -2.501 N/mm²
σ_s 57.18 N/mm²
ε_s 0.2859 ‰
d 71.52 cm
x 28.33 x/d 0.3962
δ 0.9352

$F_{Ed} = 57 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 21.7 \text{ kN}$ 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).

In direzione trasversale:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLV_Y

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

Titolo: Piastra_Base

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 91 kN
 M_{xEd} 106 kNm
 M_{yEd} 9

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

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso

$F_{Ed} = 74 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 28.1 \text{ kN}$ 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).

FV02 – Stazione Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Pensilina – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0200102	B	66 di 66

Con riferimento alla condizione di più gravosa, si svolge a seguire la verifica del tirafondo più sollecitato, considerando l'azione contemporanea delle forze di trazione e taglio.

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:

$$F_{v,Ed} = (13 \text{ kN})^2 + (-57 \text{ kN})^2 = 59 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{02})$$

$$F_{t,Ed} = 46.0 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{02})$$

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

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

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 59 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 46.0 \text{ kN} / (1.4 * 174.5 \text{ kN}) = 0.50 + 0.19 = 0.69 < 1$$

quindi la verifica è soddisfatta.

Si calcola a seguire la resistenza a sfilamento del singolo tirafondo, assumendo una lunghezza di ancoraggio nel cls semplice (C25/30) pari a 600mm e trascurando la presenza dei bolzoni di ancoraggio (a vantaggio di sicurezza).

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

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

La resistenza allo sfilamento del singolo tassello è quindi pari a:

$$F_{t,Rd} = l_b * 3.14 * \text{diam} * f_{bd} = 600\text{mm} * 3.14 * 22\text{mm} * 2.68 \text{ MPa} = 112 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 46 \text{ kN} \quad (\text{F.S.} = 2.4)$$

quindi la verifica è soddisfatta.