

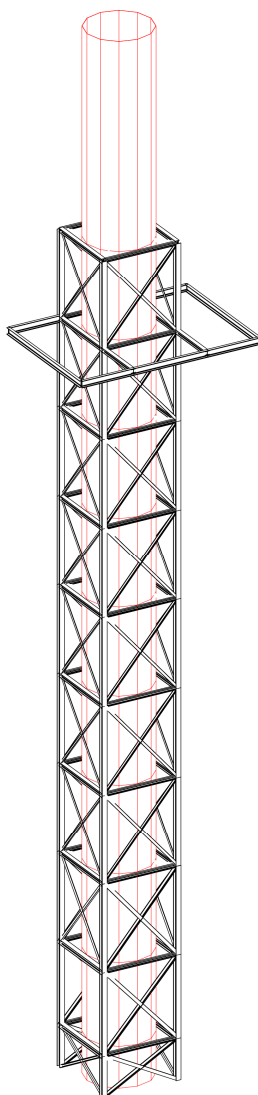
REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI TRAVERSETOLO

STRUTTURA DI SOSTEGNO PER CAMINO

Relazione Tecnica e di Calcolo



Committente: **Mister Pet s.r.l.**

Il Progettista
Ing. Livio Catalani

Data: 19/05/2023

SOMMARIO

1.	GENERALITA'	4
1.1	Descrizione dell'opera.....	4
1.2	Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità.....	7
1.3	Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, proprietà dei materiali, efficacia del modello.....	8
1.4	Criteri per la misura della sicurezza	8
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
2.1	Struttura.....	9
2.2	Carichi e Sovraccarichi	10
3	SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	11
3.1	Peso Proprio	11
3.2	Carichi permanenti portati.....	11
3.3	Carichi Variabili	13
3.4	Neve	14
3.5	Vento.....	15
3.6	Azioni Eccezionali	20
3.7	Azioni Sismiche	20
3.8	Condizioni di carico	23
3.9	Combinazioni di carico	24
4	PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E SUE PROPRIETA'	25
4.1	Metodologie di calcolo, tipo di analisi e strumenti utilizzati.....	25
4.1.1	I Nodi	26
4.1.2	I Materiali	26
4.1.3	Le Sezioni	26
4.1.4	I Carichi	27
4.1.5	Gli Elementi Finiti	27
4.1.6	I Metodi di Calcolo	28
4.1.7	Presentazione dei Risultati dell'Analisi Strutturale	29
4.1.8	Verifiche di Opere in Acciaio con il Metodo dell'Eurocodice 3	30
4.2	Modello di calcolo.....	32
5	VERIFICHE SLU	38
5.1	Piano Ballatoio in Grigliato.....	38
5.2	Travi Piano Ballatoio	39
5.3	Montanti Traliccio.....	46
5.4	Correnti Traliccio	66
5.5	Diagonali Traliccio.....	84
6	VERIFICHE COLLEGAMENTI	89

6.1	Collegamento Diagonali e Correnti 2 UNP 65.....	89
6.2	Collegamenti Correnti in profili a doppio T.....	98
6.3	Collegamento Mensole Ballatoio	104
6.4	Giunzione Saldata Montanti.....	106
6.5	Giunzione Bullonata Montanti	108
6.6	Collegamento Montante –Fondazione.....	110
7	VERIFICHE SLS.....	113
7.1	Verifica di deformabilità Ballatoio.....	113
7.2	Verifica Spostamenti Orizzontali	114
8	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO SULLA LORO ATTENDIBILITA'	117
8.1	Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo	117
8.1.1	Affidabilità del Codice di Calcolo	119

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

(Ai sensi del D.M. 17.01.2018, Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”)

1. GENERALITA’

1.1 DESCRIZIONE DELL’OPERA

La presente relazione si riferisce alla struttura in elevazione necessaria per vincolare orizzontalmente il camino di emissione dell’impianto scrubber per il trattamento fumi da produzione di pet food e, allo stesso tempo, per mezzo di un piccolo ballatoio a q. + 18,00 m circa, consentire il prelievo di campioni dal camino stesso. La struttura sarà realizzata nello stabilimento della ditta Mr Pet s.rl. situata all’interno del comparto produttivo di via Pedemontana n. 35 in località Mamiano di Traversatolo (PR).

Il camino è alto circa 25 ml ed è costituito da un tubo in polipropilene Ø 1600 mm.

La struttura è sostanzialmente un traliccio a base quadrata e dimensioni esterne 2000x2000 mm altezza 20,00 m circa.

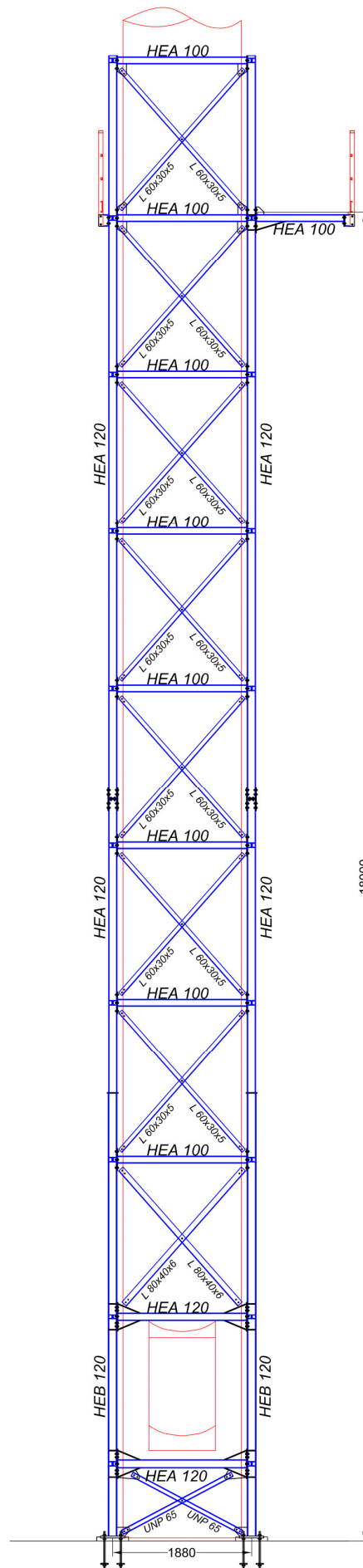
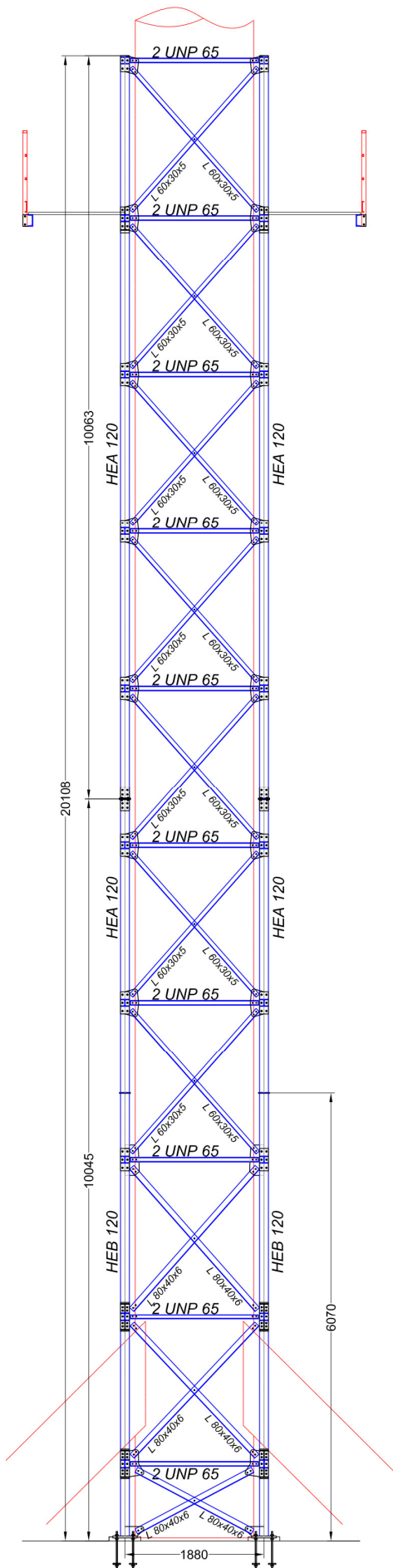
Il traliccio è formato da n° 4 colonne montanti in profili HEB 120 in acciaio S275 JR fino a q. +6,07 m e in profili HEA 120 da q. +6,07 a q. +20,00 m. Le colonne sono collegate fra loro su dieci livelli a passo di 2125 mm da correnti in profilo HEA 100 in acciaio S275 JR (nella direzione dell’asse forte delle colonne) oppure da coppie di profili UNP 65 in acciaio 275 JR (nella direzione dell’asse debole) e da diagonali disposti in ogni campo a croce di sant’Andrea in angolare L 80x40x6 in acciaio S275 JR (per i tre livelli più in basso) e in angolare L 60x30x5 (per il resto del traliccio). Fanno eccezione i tre livelli più in basso poiché nel secondo livello da q. + 1,045 m a q. +3,045 m per consentire l’ingresso dei condotti provenienti dai ventilatori su due facce non è possibile posizionare i diagonali come negli altri campi.

Pertanto per i due campi senza diagonali i correnti saranno realizzati con profili HEA 120 con opportuni rinforzi alle estremità in modo da realizzare dei telai rigidi, inoltre su questi due lati nel primo campo in basso i diagonali sono costituiti da profili UNP 65 in acciaio S275JR anziché L 80x40x6.

A q. +18,00 m è previsto un ballatoio, accessibile con scala alla marinara, per consentire di raggiungere le prese di campionamento dei fumi. Il ballatoio avente dimensioni 4,50 x 3,32 m è sostenuto da due mensole HEA 100 incastrate ai montanti del traliccio e da quattro travi perimetrali UNP 160. Il piano di calpestio è realizzato in grigliato maglia 25x76 piatto portante 30x2.

Il ballatoio è dotato su tutti i lati di parapetto altezza 1100 mm con montanti in piatto 60x10, mancorrente tub. 60x30x2, n° 2 tubi intermedi guardacorporo 30x20x2 e battipiede in profilo pressopiegato a “C” 150x20x15x2.

Per maggiore chiarezza si riportano due sezioni verticali del traliccio:

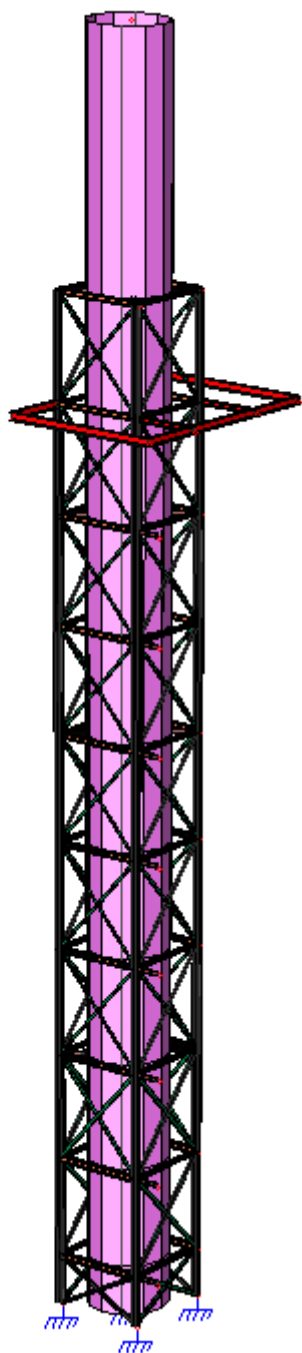


Tutti i collegamenti fra le colonne, i diagonali e i traversi sono bullonati con fazzoletti o con flange. Alla base le colonne del traliccio sono collegate alla platea di fondazione mediante piastre di base e tirafondi con rosette di ripartizione annegati nel getto.

Il trattamento di finitura per tutti gli elementi è la zincatura a caldo.

La presente relazione si occupa esclusivamente delle strutture in elevazione in acciaio. Le fondazioni sono trattate nell'apposita relazione dedicata redatta dal progettista delle fondazioni.

Nell'immagine seguente si riporta il modello tridimensionale utilizzato per la verifica della struttura:



Per quanto riguarda le unioni bullonate si utilizza bulloneria strutturale **non a serraggio controllato** conforme alla norma EN 15048-1.

Le saldature sono previste tutte a cordone d'angolo con lato pari allo spessore minore da unire. Per i criteri di accettazione delle saldature si utilizza la norma EN ISO 5817 prevedendo qualità di livello C. I controlli non distruttivi saranno eseguiti in conformità al prospetto 24 della norma EN 1090-2.

Per determinare la classe di esecuzione della struttura secondo UNI EN 1090-2 si fa riferimento all'appendice C dell'eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014).

Innanzitutto occorre determinare la classe di conseguenze della struttura. Nel caso in esame si assume la classe **CC2** sulla base della norma UNI EN 1990: 2004 appendice B (Prospetto B.1) che assegna la classe CC2 se a seguito del collasso della struttura si hanno conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali.

Prospetto B.1 – Definizione della classe di conseguenze		
Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

Tabella tratta da Prospetto B.1 – UNI EN 1990:2006

Si definisce quindi la classe di esecuzione sulla base della seguente tabella 1:

Tabella 1 – Determinazione delle classi di esecuzione secondo UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014 (tab. C.1 Appendice C)

Classi di Affidabilità (RC) o Classi di Conseguenze (CC)	Tipo di carico	
	Quasi-statico e/o classe di duttilità sismica DCL (¹)	Soggette a fatica (²) e/o classe di duttilità sismica DCM o DCH (¹)
RC3 o CC3	EXC3(³)	EXC3(³)
RC2 o CC2	EXC2	EXC3
RC1 o CC1	EXC1	EXC2
(¹) Classi di duttilità definite in EN 1998-1; DCL=bassa, DCM=media, DCH=alta. (²) Vedi EN 1993-1-9. (³) Per strutture nelle quali il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose, può essere specificata la classe EXC4.		

Alla struttura in oggetto è stata assegnata la classe di conseguenza **CC2**; trattandosi di struttura soggetta a carichi quasi-statici con classe di duttilità bassa (nel calcolo si assume $q=1$) la classe di esecuzione risulta **EXC2**.

Nel seguito saranno indicati i metodi di calcolo, i carichi ipotizzati e le verifiche degli elementi più sollecitati.

1.2 PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

La classe d'uso della struttura è di tipo 2 secondo la classificazione delle NTC 2.4.2 (*Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali*). Trattandosi di opera ordinaria la vita nominale è stata ipotizzata pari a 50 anni.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

1.3 CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi “beam”, il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi “truss” oppure come elementi “beam” opportunamente svincolati. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli, incastri), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutati tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

E' stata impiegata un'analisi dinamica in campo lineare con adozione di spettro di risposta elastico conforme al D.M. 17.01.2018. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

1.4 CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti e l'eventuale insorgenza di effetti del secondo ordine.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 STRUTTURA

Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni” – D.M. 17/01/2018

Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi del cap. 12 del D.M. 17 gennaio 2018 per quanto con esse non in contrasto:

Circolare 21/01/2019 n° 7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (Circolare applicativa NTC 2018)

Eurocodice 0

UNI EN 1990: 2006 - Criteri generali di progettazione strutturale.

Eurocodice 1

UNI EN 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997 - Azioni sulla struttura.

Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.

UNI EN 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio.

UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-8 - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.

Eurocodice 8

UNI EN 1998-1- Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici – “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” –

Circ. MIN.LL.PP. N.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge N. 1086.

D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. MIN.LL.PP. N.37406 del 24 giugno 1993 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.

D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 09.01.1996.

2.2 CARICHI E SOVRACCARICHI

Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni” – D.M. 17/01/2018

Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi del cap. 12 del D.M. 17 gennaio 2018 per quanto con esse non in contrasto:

Circolare 21/01/2019 n° 7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (Circolare applicativa NTC 2018)

D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./STC del 4 luglio 1996 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996

CNR-DT 207 R1/2018 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni

3 SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate nelle due direzioni orizzontali e in una direzione diagonale. Le azioni sismiche, dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma. I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

3.1 *PESO PROPRIO*

Il peso proprio delle strutture metalliche è considerato automaticamente dal programma di calcolo, con il seguente peso specifico:

Acciaio	7850 daN/mc
---------	-------------

3.2 *CARICHI PERMANENTI PORTATI*

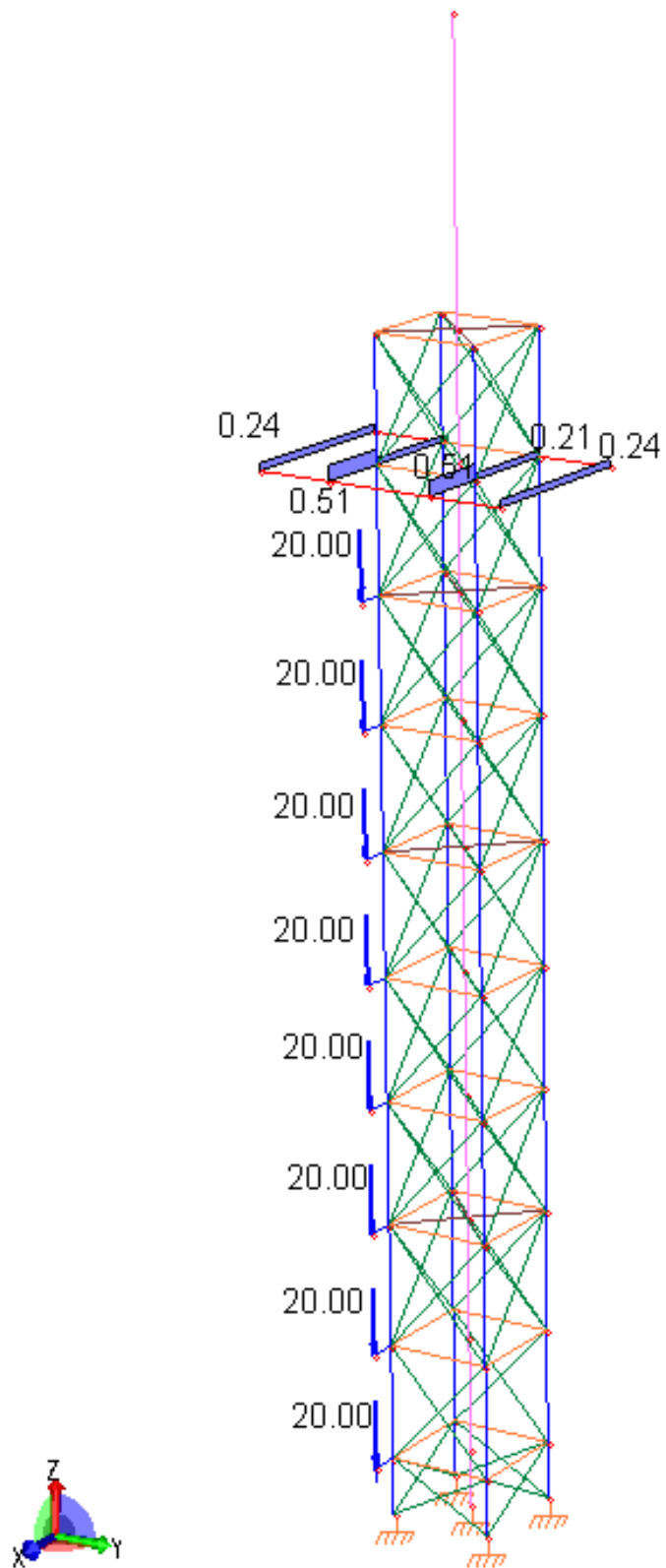
I carichi permanenti portati considerati nel modello di calcolo sono quelli dovuti al piano di calpestio del ballatoio in grigliato e alla scala alla marinara.

Il piano di calpestio della porzione di ballatoio pavimentata è realizzato in grigliato maglia 25x76 con piatto portante 30x2; il relativo carico è affidato alle travi trasversali del ballatoio:

Piano in grigliato maglia 25x76 piatto portante 30x2	30 daN/mq
--	-----------

Per quanto riguarda la scala alla marinara, essendo direttamente appoggiata alla platea, scarica gran parte del proprio peso direttamente in fondazione. Cautelativamente, per tener conto dell'eccentricità della scala con la gabbia, e della sua massa sismica, nel modello sono state inserite delle mensole fittizie a tutti i livelli alle cui estremità sono stati applicati carichi verticali concentrati di 20 daN.

Si riporta graficamente la condizione di carico relativa ai carichi permanenti portati applicati al modello:



Condizione di carico 1 – Carichi permanenti portati

3.3 CARICHI VARIABILI

Trattandosi di struttura monopiano senza solai intermedi e con il solo ballatoio accessibile saltuariamente per campionamenti, si potrebbe assimilare, secondo le categorie definite nelle NTC, come una copertura accessibile per sola manutenzione:

Cat. H1 – Coperture accessibili per sola manutenzione

In alternativa:

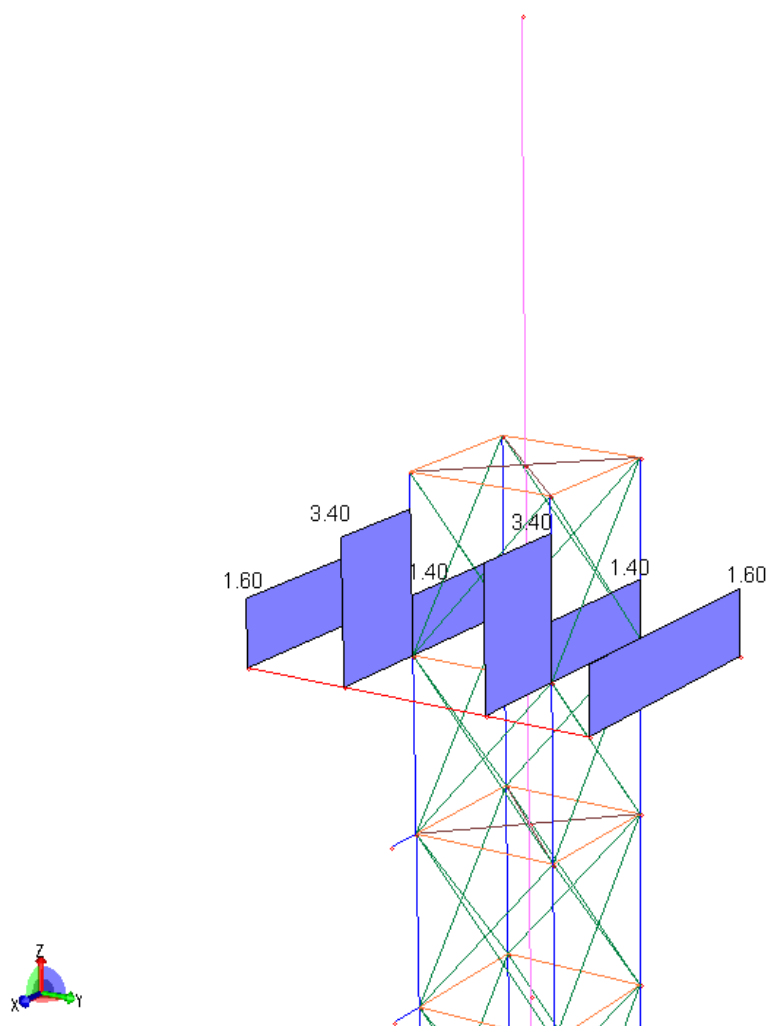
Carico uniformemente distribuito 50 daN/mq

Carico concentrato 120 daN

Carico orizzontale lineare 100 daN/m

Su richiesta del committente si assume cautelativamente il carico variabile pari a 200 daN/mq sulla parte pavimentata del ballatoio.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema con i carichi variabili considerati nel modello di calcolo:



Condizione di carico 2 – Carichi Variabili

3.4 NEVE

Normativa : D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie del ballatoio. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

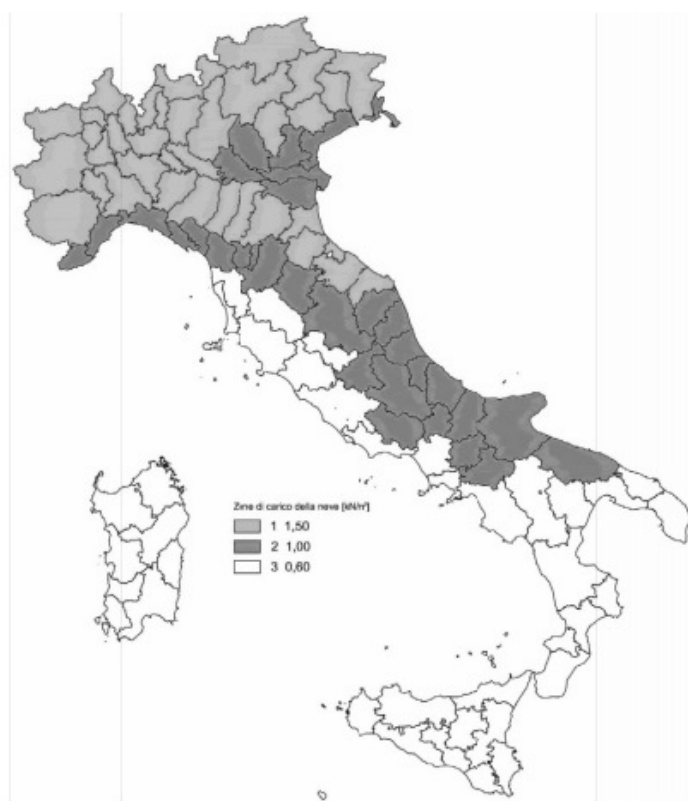


Fig. 3.4.1 – Zone di carico della neve

Provincia : Parma

Zona : I mediterranea

Altitudine : 177 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: Piana ($\alpha = 0^\circ$)

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 1,20 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

Essendo il carico neve meno gravoso e non concomitante con i carichi variabili nel modello di calcolo non è stato considerato.

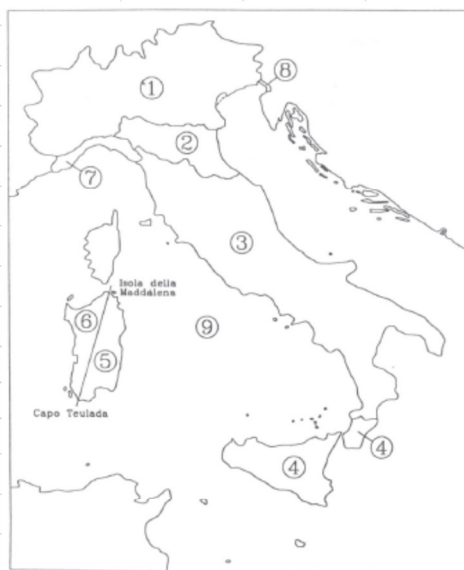
3.5 VENTO

Normativa: D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

VENTO NTC 2018			
Provincia	Parma		
Zona		2	
Altitudine	a _s =	177 <i>msm</i>	
Tempo di ritorno	T _r =	50 <i>anni</i>	
Velocità base di rif. a livello del mare	V _{b,0} =	25 <i>m/s</i>	
Coefficiente di altitudine	C _a =	1	
Velocità base di riferimento	V _b =	25 <i>m/s</i>	
Coefficiente di ritorno	C _r =	1	
Velocità di riferimento	V _r (T _r) =	25 <i>m/s</i>	
Pressione cinetica di riferimento	q _r =	391 <i>N/m²</i>	
Distanza dalla costa	oltre 40 km dalla costa		
Classe di rugosità del terreno		D	
Categoria di esposizione del sito		II	
Coefficiente topografico	C _t =	1	
Coefficiente dinamico	C _d =	1	
Fattore di terreno	k _r =	0,19	
Lunghezza di rugosità	z ₀ =	0,05 <i>m</i>	
Altezza minima	z _{min} =	4 <i>m</i>	
Altezza di riferimento	z =	25 <i>m</i>	
Coefficiente di esposizione	C _e (z) =	2,965	
Pressione cinetica di picco	q _p (z) =	1158 <i>N/m²</i>	



Trattandosi di un camino di forma cilindrica per la valutazione delle azioni derivanti dal vento si fa riferimento all'appendice G.10 “Strutture snelle ed elementi strutturali allungati” della norma CNR-DT 207 R1/2018. Più precisamente al paragrafo G.10.6 Strutture ed elementi a sezione circolare. La norma consente di valutare un'azione per unità di lunghezza nella direzione del flusso quantificata mediante il coefficiente di forza c_{fx} .

L'azione lineare da applicare vale:

$$f = q_p \cdot l \cdot c_{fx}$$

Questo coefficiente è funzione del numero di Reynolds e del rapporto fra il coefficiente di scabrezza k e il diametro della sezione b .

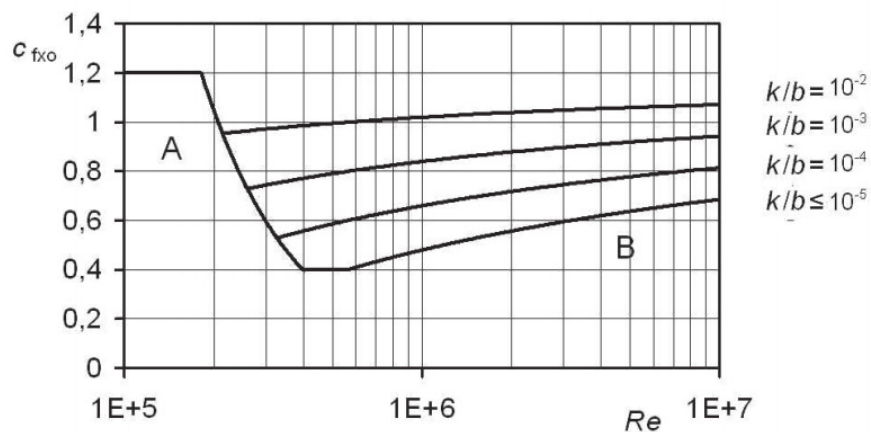


Figura G.53 – Coefficiente di forza c_{fx0} per strutture ed elementi a sezione circolare.

Cautelativamente si assume in valore massimo possibile:

$$c_{fx0} = 1,2$$

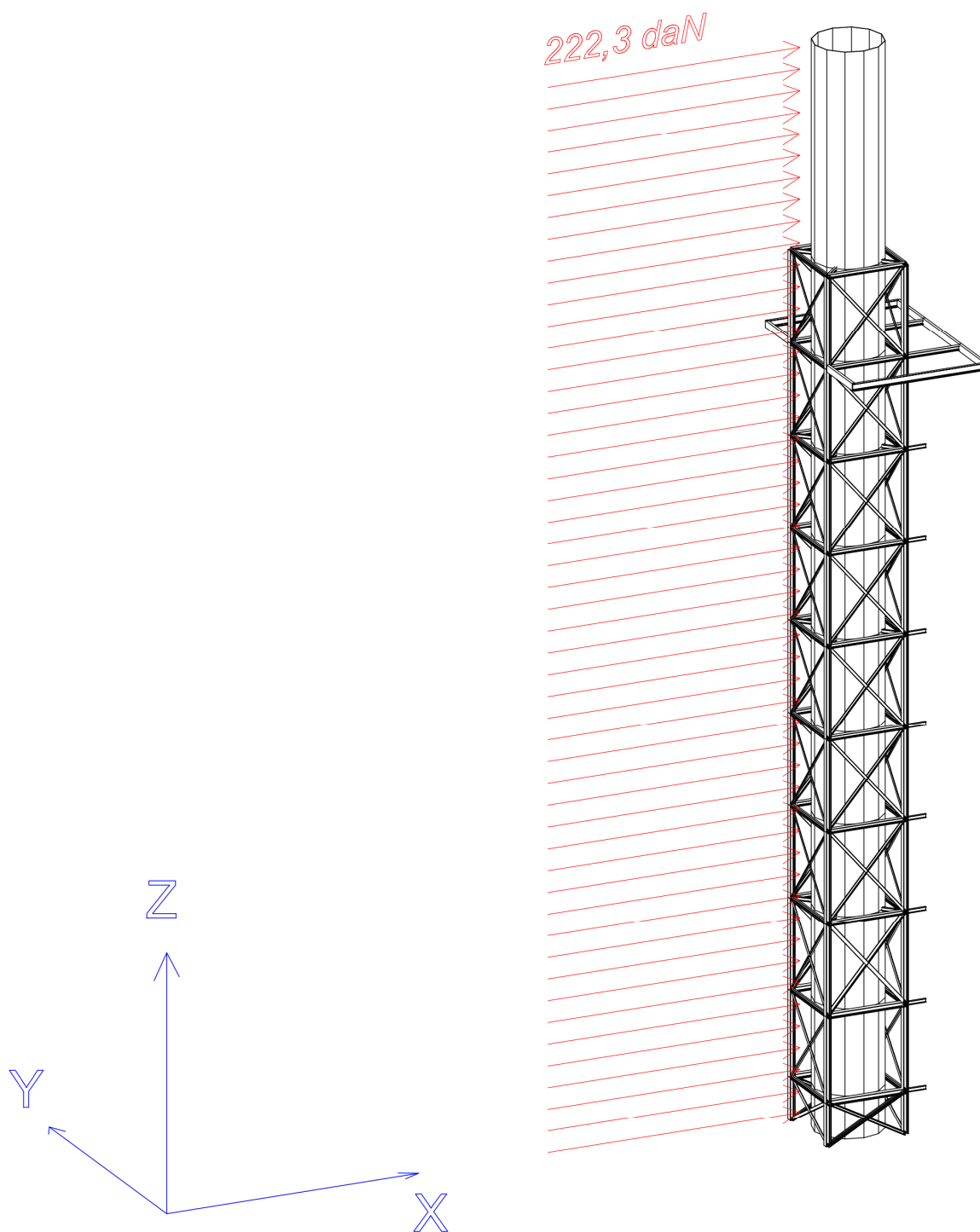
Tralasciando gli effetti riduttivi di bordo si assume

$$c_{fX} = c_{fx0} = 1,2$$

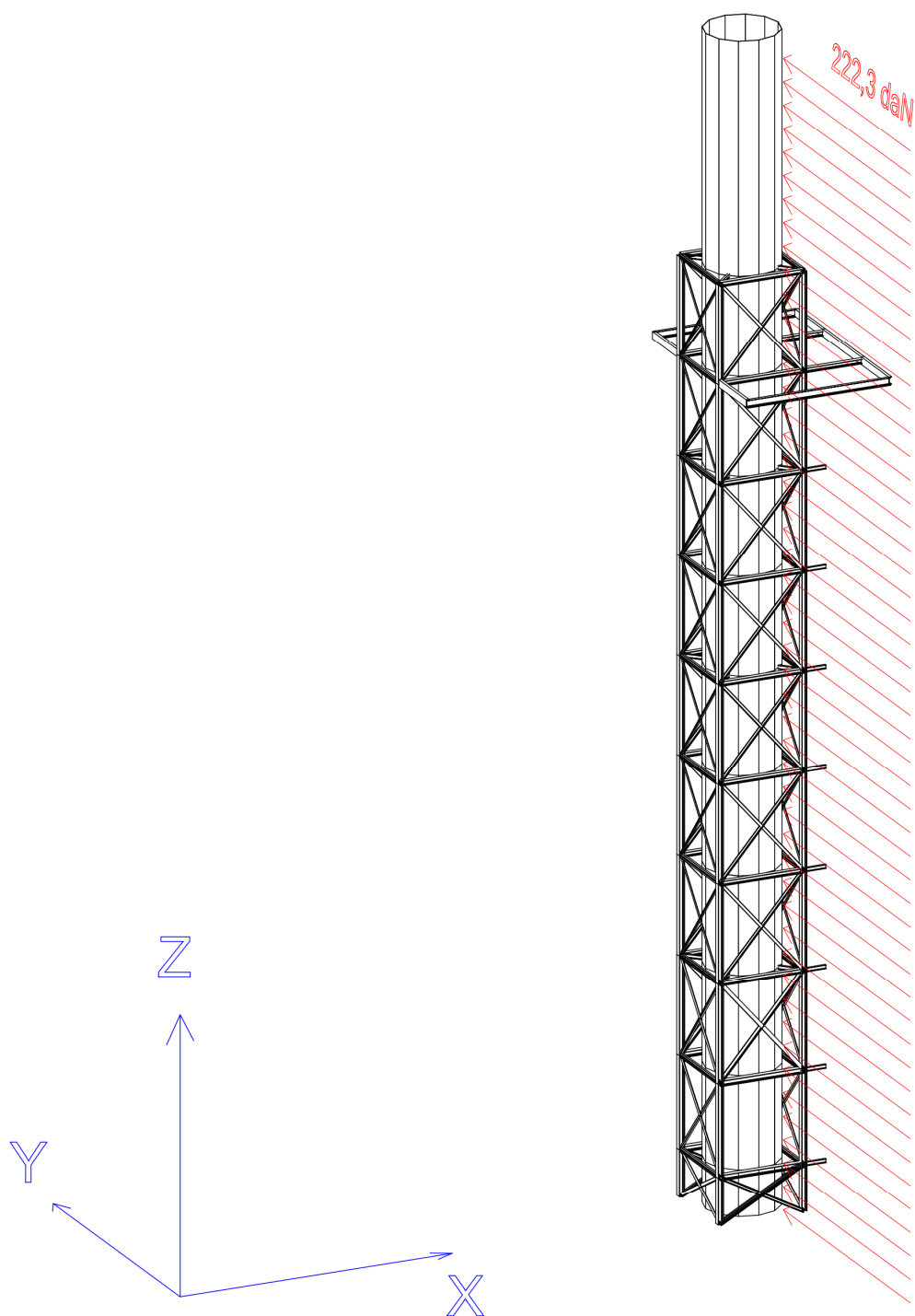
La dimensione di riferimento per elementi snelli a sezione circolare è il suo diametro b che in questo caso è pari a 1,60 m; per cui l'azione del vento a ml risulta:

$$f = q_p \cdot b \cdot c_{fX} = 115,8 \cdot 1,6 \cdot 1,2 = 222,3 \text{ daN} / \text{m}$$

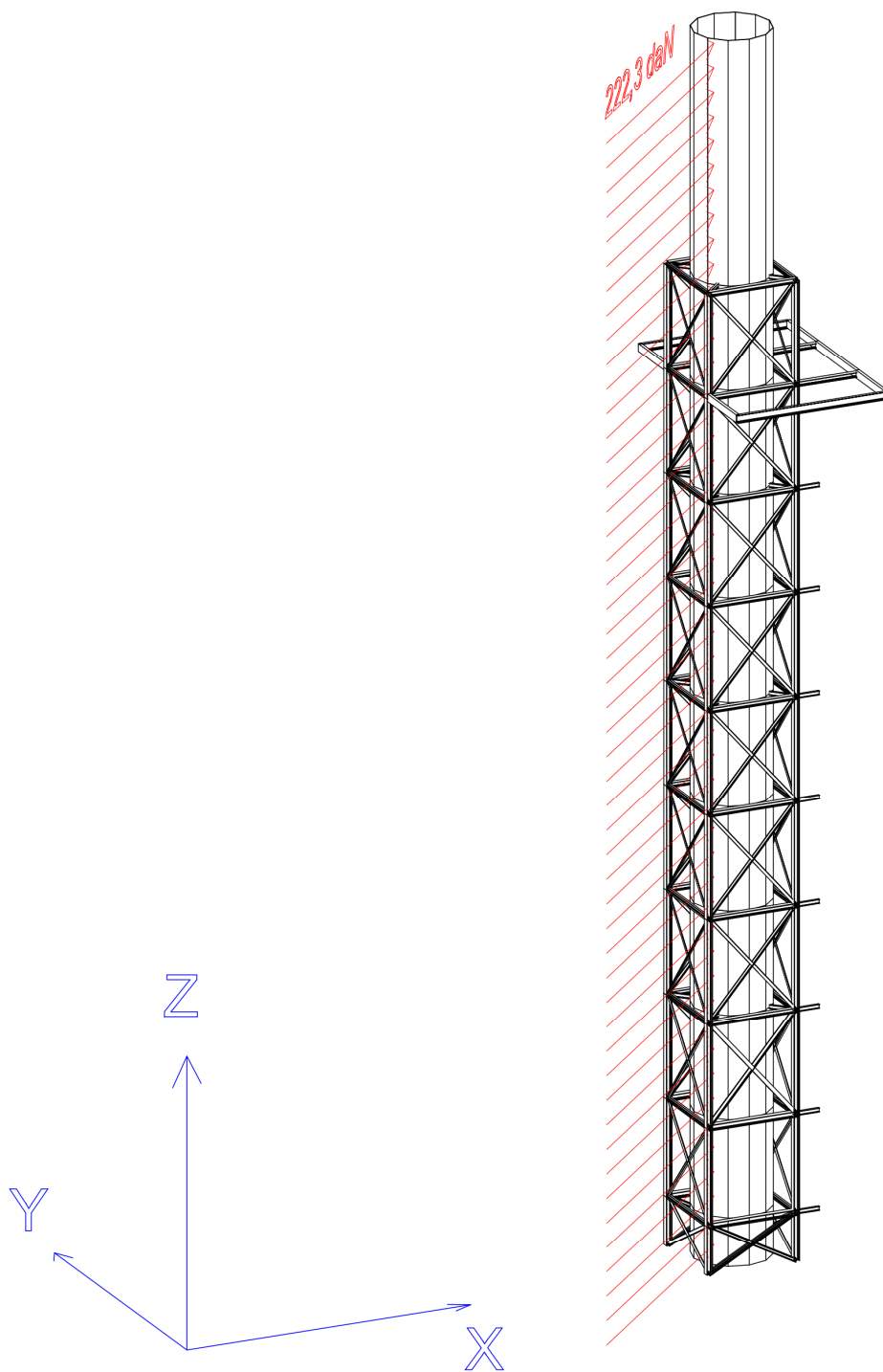
Si definiscono quindi n° 3 condizioni di carico indipendenti per il vento come rappresentate nelle figure seguenti:



Condizione di carico 3 – Vento in direzione $+X$



Condizione di carico 4 – Vento in direzione +Y



Condizione di carico 5 – Vento in direzione diagonale

3.6 AZIONI ECCEZIONALI

Per l'opera in progetto non è stato ritenuto opportuno tenere in conto esplicito azioni eccezionali quali urti, esplosioni etc. La concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali con i quali verrà realizzata la struttura sono comunque tali da evitare che la struttura stessa possa avere danneggiamenti sproporzionati rispetto ad eventuali cause legate a questo tipo di eventi.

3.7 AZIONI SISMICHE

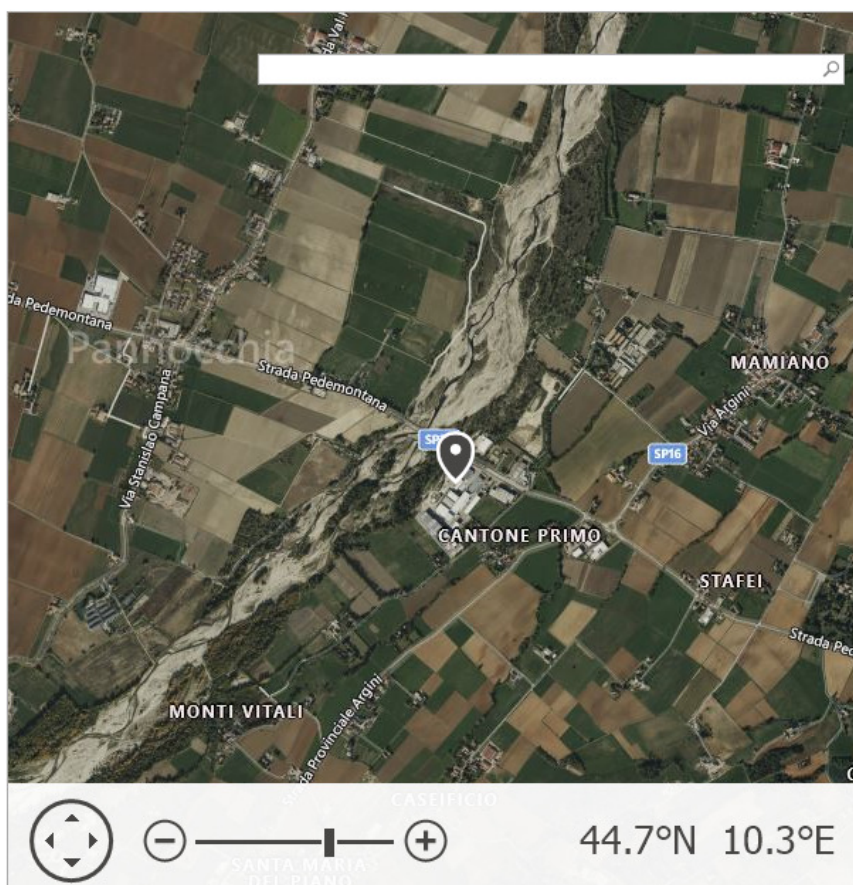
L'azione sismica è stata calcolata mediante analisi dinamica modale in campo elastico. E' stato quindi utilizzato come fattore di struttura $q=1$.

Dalla relazione geologica del geologo Arrigo Giusti datata ottobre 2018, si ricava che il terreno in esame appartiene alla categoria di sottosuolo **C**.

Dal punto di vista topografico si assume la categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante*)

Si riporta l'immagine con la localizzazione dell'area di intervento:

Selezione della località



Parametri

Latitudine (WGS84):	44.67195
Longitudine (WGS84):	10.32596
Latitudine (ED50):	44.67289
Longitudine (ED50):	10.32698

Banca dei comuni

Amministrazione comunale più vicina

Traversetolo
(Powered by Bing)

I parametri che determinano l'azione sismica sono i seguenti:

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Traliccio Mr PET 02
Intestazione del lavoro	Traliccio Mr PET 02
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

Normativa

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Localita'	Traversetolo - Strada Pedemontana-Mamiano 35
Longitudine (WGS84)	10.326
Latitudine (WGS84)	44.672
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	3%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	30	0.0512	2.4640	0.24	1.68	1.50	0.753
SLD	50	0.0640	2.4810	0.26	1.64	1.50	0.942
SLV	475	0.1560	2.4690	0.28	1.60	1.47	2.248
SLE	475	0.1560	2.4690	0.28	1.60	1.47	2.248
SLC	975	0.1968	2.4790	0.29	1.58	1.41	2.717

Stato limite ultimo

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=1
--	-------

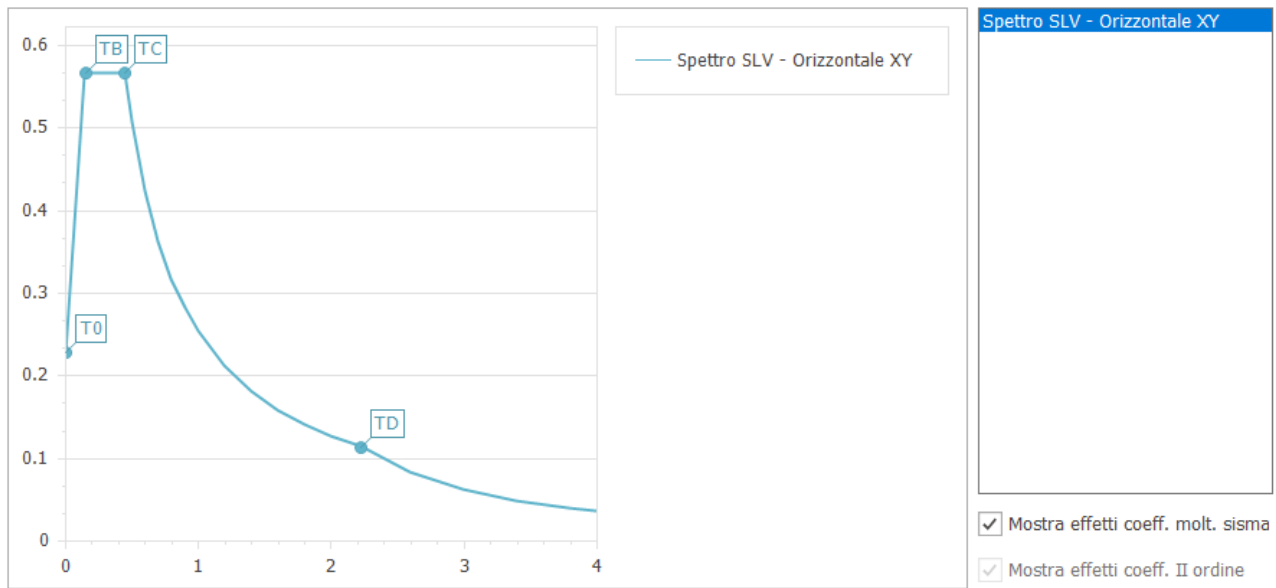
Parametri sismici

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3

Il grafico dello spettro di risposta allo SLU risulta:

Grafici spettri - Norme Tecniche delle Costruzioni 2018

✕



Spettro SLV - Orizzont...	T0	TB	TC												
Periodo	0	0.149	0.447	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Ampiezza	0.229	0.566	0.566	0.506	0.422	0.362	0.316	0.281	0.253	0.211	0.181	0.158	0.141	0.127	0.11

3.8 CONDIZIONI DI CARICO

Nel modello sono state definite le seguenti condizioni di carico indipendenti:

- Condizione 0: Peso proprio
- Condizione 1: Carichi permanenti portati
- Condizione 2: Carichi Variabili
- Condizione 3: Vento in direzione +X
- Condizione 4: Vento in direzione +Y
- Condizione 5: Vento in direzione diagonale

I codici di carico applicati agli elementi trave per le varie condizioni di carico sono i seguenti:

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento +X	4	Condizione 3	Variabile: Vento	2.223000	0.000	2.223000	0.000	0.0000	0.0000
Vento diagonale x	6	Condizione 5	Variabile: Vento	1.491000	0.000	1.491000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento +Y	5	Condizione 4	Variabile: Vento	2.223000	0.000	2.223000	0.000	0.0000	0.0000
Vento diagonale y	7	Condizione 5	Variabile: Vento	1.491000	0.000	1.491000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Piano in grigliato	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.300000	0.000	-0.300000	0.000	1.0000	1.0000
Carico Variabile	3	Condizione 2	Variabile: Domestici e residenziali	-2.000000	0.000	-2.000000	0.000	0.3000	0.3000

Forza concentrata con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore carico	Dist. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Scala alla marinara	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-20.000000	49.000	1.0000	1.0000

Tali carichi sono stati applicati agli elementi trave moltiplicandoli per i relativi fattori di incidenza che corrispondono alle larghezze di competenza degli elementi stessi.

3.9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico (rare, frequenti, quasi permanenti) introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, deformabilità).

Si riportano di seguito le combinazioni di carico considerate:

COMBINAZIONI DI CARICO

Normativa: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 Italia

Combinazioni per le verifiche allo stato limite ultimo

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
2	Azione base vento +X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.050
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.500
3	Azione base vento +Y	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.050
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
4	Azione base vento diagonale	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.050
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
5	Azione base Carico variabile con vento +X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.900

Combinazioni per le verifiche allo stato limite d'esercizio

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	Rara vento +X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.000
7	Rara Vento +Y	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
8	Rara vento diagonale	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.000
9	Rara carico variabile con vento +X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.600

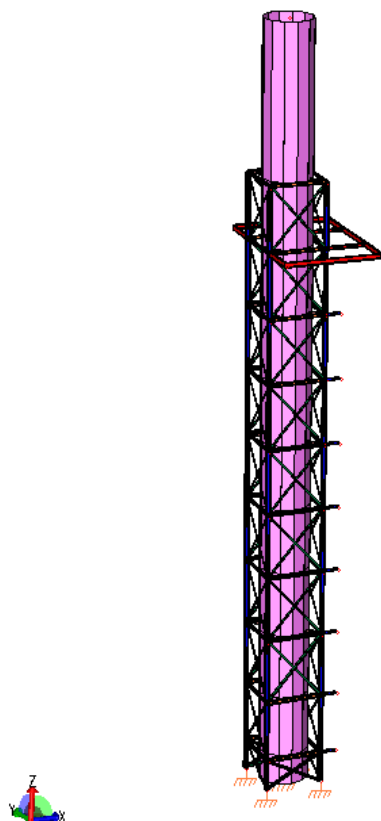
4 PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E SUE PROPRIETA'

4.1 METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stata utilizzata un'analisi lineare dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo degli stati limite ultimo /esercizio secondo quanto previsto dal DM 17.01.2018, Norme Tecniche per le Costruzioni.

ELABORATORE UTILIZZATO

Computer	DELL
	Inspiron 15 5000
	Intel core i7- 1065 G7 1,5 Ghz
	8.00 Gb di RAM DD3
Sistema	Microsoft Windows 10 Home 64 bit
	Registrato a nome di: Catalani Livio
	Licenza n°: 00325-96641-28126-AAOEM



Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

4.1.1 I NODI

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

4.1.2 I MATERIALI

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

4.1.3 LE SEZIONI

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);
- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);

- Generica (Ge).

4.1.4 I CARICHI

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da una azione, una categoria, una condizione e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_X, f_Y, f_Z, f_V) e locali (f_x, f_y, f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_X, F_Y, F_Z, F_V) o locali (F_x, F_y, F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x, M_y, M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x, t_y, t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

4.1.5 GLI ELEMENTI FINITI

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

ELEMENTO FRAME (TRAVE E PILASTRO, TRAVE DI FONDAZIONE)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z . L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

1. deformabilità da taglio (travi tozze);
2. sconnessioni totali o parziali alle estremità;
3. connessioni elastiche alle estremità;
4. offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
5. suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

1. carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
2. sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
3. forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
4. carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, eventuali offset strutturali o conci rigidi applicati. Un'ulteriore tabella riporta anche eventuali valori di offset architettonici.

Per ogni asta vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe. È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita

automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale t_z convergente ai suoi nodi, il cui valore di rigidezza viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito f_z , f_v , f_y . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$; $d_i = d_f = 0$, ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

4.1.6 I METODI DI CALCOLO

ANALISI STATICA LINEARE

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

ANALISI DINAMICA MODALE

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare può essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti dalla normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

4.1.7 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

DEFORMATE

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo.

Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involuppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- F_x = forza assiale nella direzione locale x;
- F_y = taglio nella direzione locale y;
- F_z = taglio nella direzione locale z;
- M_x = momento torcente attorno all'asse locale x;
- M_y = momento flettente attorno all'asse locale y;
- M_z = momento flettente attorno all'asse locale z,

con le seguenti convenzioni sui segni:

- forze positive se concordi con gli assi locali (F);
- momenti positivi se antiorari rispetto agli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ($F \cdot L$).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- F_y = taglio nella direzione locale y (F);

- M_x = momento torcente attorno asse locale x ($F \cdot L$);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z ($F \cdot L$);
- U_z = spostamento lungo Z (L);
- r_x = rotazione intorno X (rad);
- r_y = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo (F/L^2).

VINCOLI

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura F) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ($F \cdot L$) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modali. Nella stampa degli involucri viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

4.1.8 VERIFICHE DI OPERE IN ACCIAIO CON IL METODO DELL'EUROCODICE 3

I RISULTATI PER ASTE RETICOLARI

Il tabulato riporta una descrizione dei parametri di progetto e successivamente, in sequenza per ogni asta:

- numero combinazione di carico;
- sforzo normale N (corrispondente a F_x), positivo se di trazione;
- classe della sezione; non viene riportata se agisce la trazione;
- A_{net} oppure A_{eff} : viene riportato il valore della sezione (cm^2) utilizzata in fase di verifica;
- snellezza adimensionale; dipende dalla snellezza dell'asta nei due piani di e quella ulteriore, eventuale, derivante da assi principali di inerzia della sezione non coincidenti con gli assi locali y e z (come avviene per la sezione a L); viene ovviamente determinata solo per aste compresse;
- χ_{minimo} : rappresenta il minimo fra i coefficienti di riduzione del modo di instabilità intorno agli assi coinvolti nella verifica, che possono riguardare anche gli assi principali di inerzia;
- I.R., indice di resistenza: viene determinato l'indice di verifica a resistenza, ottenuto come rapporto fra la sollecitazione esterna N_{sd} e la resistenza di progetto, comunemente indicate con il termine $N_{t.Rd}$ (nel caso trazione) oppure $N_{c.Rd}$ (nel caso compressione);
- I.S., indice di stabilità: viene determinato l'indice all'instabilità flessionale, ottenuto come rapporto fra la sollecitazione esterna N_{sd} e la resistenza di progetto all'instabilità $N_{b.Rd}$ nei piani di flessione sopra specificati.

A fine riga compaiono due note; la prima indica il piano di massima snellezza e il suo valore; la seconda, eventuali informazioni di commento.

Se è abilitata la verifica di stabilità per aste consecutive (superelementi) viene riportato un ulteriore tabulato riguardante la verifica globale delle aste che costituiscono il superelemento; la sola differenza con il precedente riguarda l'indicazione, nel prospetto, della lunghezza totale che influisce sul valore di snellezza e quindi sul risultato finale della verifica.

I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI

Il tabulato riporta:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F), M_x , M_y , M_z ($F \cdot m$).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Vengono poi riportate:

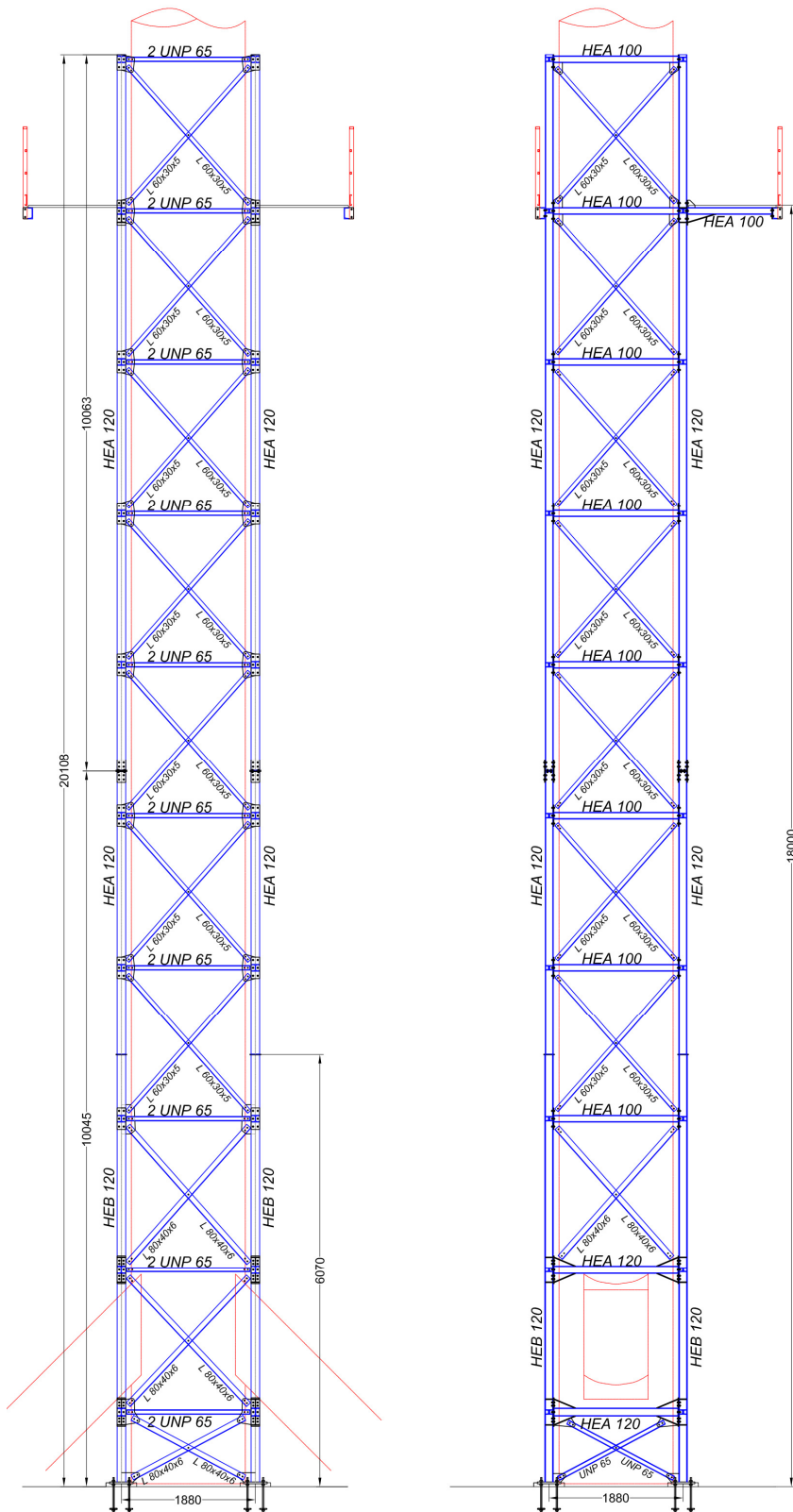
- classe: rappresenta la classe della sezione; qualora i singoli componenti della sezione (ad esempio ala e anima) abbiano classi diverse viene presa quella più alta; non viene riportata in caso di trazione o taglio puro.

Il potenziale svergolamento viene indagato solo per sezioni a I. Viene riportato il valore di χ_{LT} , che determina il momento resistente di progetto. La stabilità euleriana comporta la determinazione di tre coefficienti χ_{min} , χ_y , χ_z . Il tabulato propone:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale F_x (compressione più elevata trovata);
- momento flettente M_y più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
- momento flettente M_z più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
- classe: rappresenta la classe della sezione;
- χ_{minimo} : rappresenta il minimo fra i coefficienti di riduzione del modo di instabilità intorno agli assi coinvolti nella verifica.

4.2 MODELLO DI CALCOLO

La struttura in esame è costituita da un traliccio a base quadrata formato da n° 4 montanti in profilo HEB 120, nella parte bassa fino a q. +6,07 m e in profilo HEA 120 da tale quota alla sommità. Le colonne sono collegate sulle quattro facce da correnti disposti su n° 10 livelli a formare 10 campi su ogni lato. Ogni campo è stabilizzato con diagonali a croce di sant'Andrea in profili angolari. Fanno eccezione due campi al secondo livello che sono privi di diagonali per consentire l'ingresso dei condotti provenienti dai ventilatori.



Le colonne montanti sono schematizzate come continue con collegamenti articolati alla base e alla sommità. Di conseguenza i collegamenti alla platea trasmettono solo forze e non momenti.

Tutti i diagonali ed i correnti realizzati con 2 UNP 65 (correnti nel piano di inerzia debole delle colonne montanti) sono modellati come bielle con cerniere alle due estremità e conseguentemente sono verificati come aste di strutture reticolari.

I correnti realizzati con profili HEA 120 e HEA 100 (disposti nel piano di inerzia forte delle colonne) sono schematizzati come incastrati alle colonne; il collegamento è realizzato con flange bullonate alle ali delle colonne. In particolare per i correnti HEA 120 disposti ai bordi dei due campi non controventati, e quindi meno rigidi, il collegamento è realizzato con flange estese rinforzate con nervature inclinate sia all'intradosso sia all'estradosso.

Il ballatoio a quota +18,00 m circa è sostenuto da due mensole in profilo HEA 100, collegate rigidamente alle colonne con flange bullonate rinforzate, e con travi perimetrali continue UNP 160.

Nel modello di calcolo è stato inserito anche l'intero camino di emissione con le sue dimensioni reali allo scopo di poter trasmettere correttamente alla struttura (tramite collegamenti su più livelli) i carichi del vento e del sisma. Il camino, schematizzato come tubo con sezione circolare diametro 1600 mm è vincolato con una cerniera fissa alla base e con bielle diagonali fittizie alle colonne alle quote; +5,12 m; +11,50 m; +15,76 m; e +20,00 m. In questo modo il camino trasmette alla struttura i carichi orizzontali derivanti dal vento e dal sisma senza trasmettere carichi verticali.

Nel modello sono state inserite anche delle mensole lunghe 50 cm collegate alla colonna ove è previsto il posizionamento della scala alla marinara per applicare i carichi derivanti da quest'ultima.

Tutte le facce del traliccio sono formate da montanti tipo HE, correnti in doppi UNP 65 o profili HE e diagonali in profili angolari disposti a croce di sant'Andrea. Data la snellezza dei diagonali e la loro configurazione, in entrambe le direzioni la struttura è del tipo a controventi concentrici a diagonale tesa attiva. Pertanto si ipotizza che sia efficace solo il diagonale teso mentre quello compresso vada "in bando". Per questo motivo sono stati predisposti oltre a quello generale altri tre modelli di calcolo in funzione della direzione del vento considerato. In ognuno di questi ulteriori modelli (ciascuno utilizzato per le sole combinazioni aventi una ben precisa direzione del vento) sono state disattivate le aste diagonali che, dall'analisi, risultavano compresse.

Per la combinazione dinamica, essendo l'analisi modale un'analisi lineare, è stato utilizzato il modello generale con tutti i diagonali attivi eseguendo però le verifiche dei diagonali con sollecitazioni doppie rispetto a quelle scaturite dal modello di calcolo per tener conto dell'inefficacia dei diagonali compressi.

Nell'analisi dinamica sono stati elaborati 20 modi di vibrare per ottenere masse eccitate superiori all'85% per la presenza di alcuni modi propri secondari che eccitano singoli elementi o piccole porzioni della struttura. Nella tabella seguente sono riportate le masse eccitate per i vari modi e i periodi.

TABELLA MASSE ECCITATE

FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo
1	1.188e+01	1.890e+00	5.290e-01
2	1.283e+01	2.043e+00	4.896e-01
3	2.581e+01	4.108e+00	2.434e-01
4	2.669e+01	4.248e+00	2.354e-01
5	4.058e+01	6.458e+00	1.549e-01
6	4.557e+01	7.252e+00	1.379e-01
7	4.925e+01	7.839e+00	1.276e-01
8	5.409e+01	8.608e+00	1.162e-01
9	6.028e+01	9.593e+00	1.042e-01
10	6.396e+01	1.018e+01	9.824e-02
11	6.749e+01	1.074e+01	9.310e-02
12	6.953e+01	1.107e+01	9.036e-02
13	1.002e+02	1.595e+01	6.269e-02
14	1.206e+02	1.919e+01	5.212e-02
15	1.306e+02	2.079e+01	4.810e-02

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo
16	1.482e+02	2.358e+01	4.241e-02
17	1.692e+02	2.693e+01	3.714e-02
18	1.705e+02	2.713e+01	3.686e-02
19	1.711e+02	2.723e+01	3.672e-02
20	1.714e+02	2.727e+01	3.667e-02

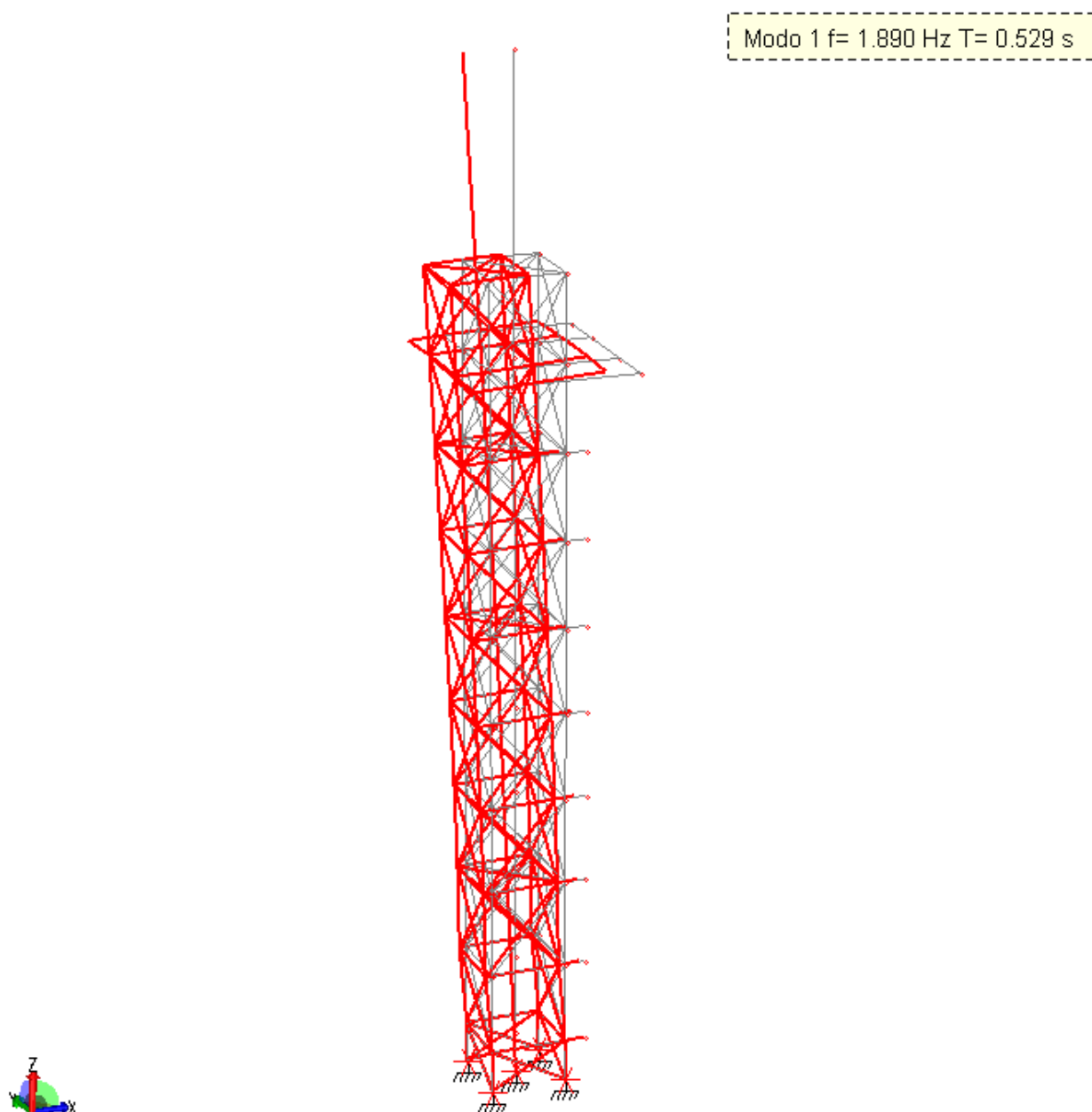
MASSA ECCITATA per quota Z maggiore di :0.00

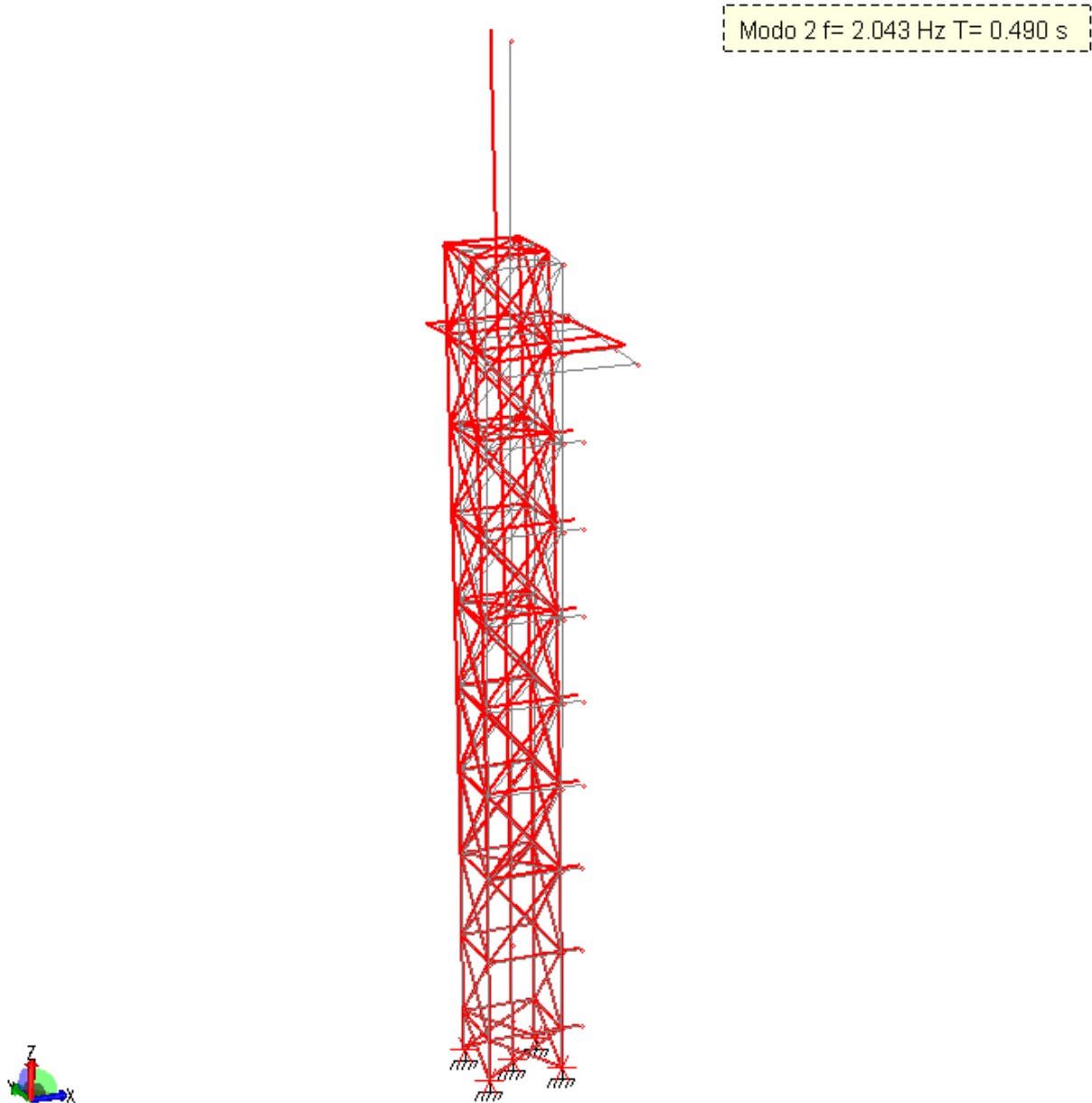
Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+7.61e+00	74	+3.10e-06	0	+1.50e-03	0
Progressiva	+7.61e+00	74	+3.10e-06	0	+1.50e-03	0
Modo: 2	+2.13e-06	0	+6.70e+00	65	+1.04e-05	0
Progressiva	+7.61e+00	74	+6.70e+00	65	+1.51e-03	0
Modo: 3	+5.97e-06	0	+1.27e-02	0	+1.96e-08	0
Progressiva	+7.61e+00	74	+6.71e+00	65	+1.51e-03	0
Modo: 4	+8.84e-05	0	+4.23e-02	0	+3.32e-08	0
Progressiva	+7.61e+00	74	+6.75e+00	66	+1.51e-03	0
Modo: 5	+1.24e+00	12	+4.33e-07	0	+2.62e-01	3
Progressiva	+8.85e+00	86	+6.75e+00	66	+2.63e-01	3
Modo: 6	+6.68e-01	6	+2.89e-07	0	+3.46e-01	3
Progressiva	+9.52e+00	92	+6.75e+00	66	+6.09e-01	6
Modo: 7	+1.31e-02	0	+3.14e-08	0	+1.94e-02	0
Progressiva	+9.53e+00	93	+6.75e+00	66	+6.29e-01	6
Modo: 8	+1.29e-05	0	+5.25e-03	0	+2.16e-06	0
Progressiva	+9.53e+00	93	+6.76e+00	66	+6.29e-01	6
Modo: 9	+7.97e-09	0	+1.01e+00	10	+7.79e-08	0
Progressiva	+9.53e+00	93	+7.76e+00	75	+6.29e-01	6
Modo: 10	+2.51e-03	0	+1.88e-07	0	+3.50e-01	3
Progressiva	+9.53e+00	93	+7.76e+00	75	+9.79e-01	10
Modo: 11	+5.37e-06	0	+7.58e-01	7	+5.68e-07	0
Progressiva	+9.53e+00	93	+8.52e+00	83	+9.79e-01	10
Modo: 12	+2.46e-04	0	+4.44e-03	0	+8.06e-07	0
Progressiva	+9.53e+00	93	+8.53e+00	83	+9.79e-01	10
Modo: 13	+1.23e-01	1	+1.28e-07	0	+2.92e-06	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+8.53e+00	83	+9.79e-01	10
Modo: 14	+1.66e-04	0	+2.30e-08	0	+4.58e-02	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+8.53e+00	83	+1.02e+00	10
Modo: 15	+1.75e-09	0	+7.78e-01	8	+1.00e-05	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.31e+00	90	+1.02e+00	10
Modo: 16	+5.37e-05	0	+6.17e-03	0	+1.69e-05	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.31e+00	90	+1.02e+00	10
Modo: 17	+1.01e-07	0	+2.39e-02	0	+3.46e-08	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.34e+00	91	+1.02e+00	10
Modo: 18	+2.19e-08	0	+1.05e-03	0	+1.53e-07	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.34e+00	91	+1.02e+00	10
Modo: 19	+1.61e-08	0	+1.88e-05	0	+4.83e-10	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.34e+00	91	+1.02e+00	10
Modo: 20	+1.25e-07	0	+5.24e-04	0	+2.46e-08	0
Progressiva	+9.66e+00	94	+9.34e+00	91	+1.02e+00	10

PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Periodo principale	T1	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+5.29e-01	+7.61e+00	73	1	--
Direzione Y	+4.90e-01	+6.70e+00	65	2	--

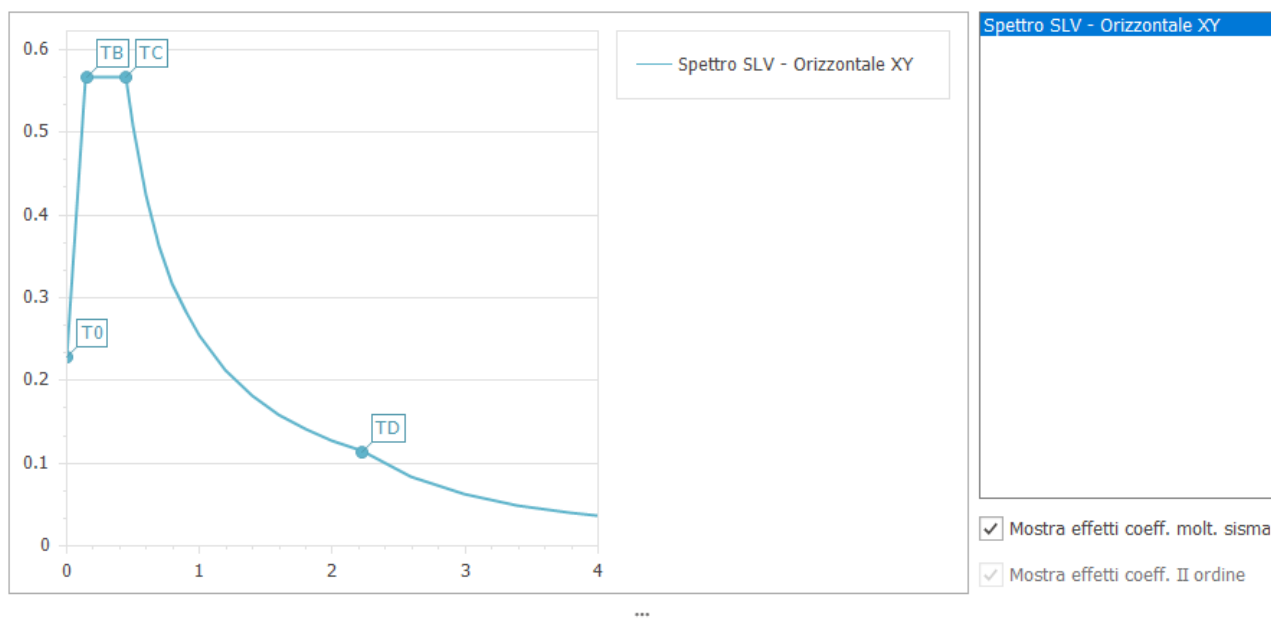
Si riportano di seguito le forme dei modi più significative; il modo 1 che eccita il 73 % della massa in direzione X e il modo 2 che eccita il 65 % della massa in direzione Y:





Riprendendo lo spettro di progetto si rileva che i modi 1 e 2 hanno un periodo immediatamente oltre T_C e pertanto molto vicino al plateau; per cui un'eventuale sottostima delle rigidezze della struttura non porterebbe a sostanziali differenze nelle azioni sismiche peraltro poco influenti su una struttura così leggera.

Grafici spettri - Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Spettro SLV - Orizzont...	T0	TB	TC												
Periodo	0	0.149	0.447	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Ampiezza	0.229	0.566	0.566	0.506	0.422	0.362	0.316	0.281	0.253	0.211	0.181	0.158	0.141	0.127	0.11

Spettro di Progetto

Con queste ipotesi è stato realizzato il modello di calcolo per le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di servizio.

Avendo considerato per il sisma il fattore di struttura $q=1$ ed il comportamento non dissipativo è sufficiente eseguire le verifiche riportate nel capitolo 4 delle NTC.

5 VERIFICHE SLU


Si riportano nel seguito le verifiche agli stati limite ultimi degli elementi strutturali con il modello di calcolo per le varie combinazioni di carico.

5.1 PIANO BALLATOIO IN GRIGLIATO

Il piano di calpestio del ballatoio è realizzato in grigliato maglia 25x76 con piatto portante 30x2. E' appoggiato sulle travi perimetrali del telaio UNP 160 e sulle mensole HEA 100. Si comporta come trave su due appoggi con luci massime di 120 cm. Si riporta di seguito la tabella di portata fornita dal produttore.

Portata per carichi uniformemente distribuiti (kg/mq)

carico uniformemente distribuito



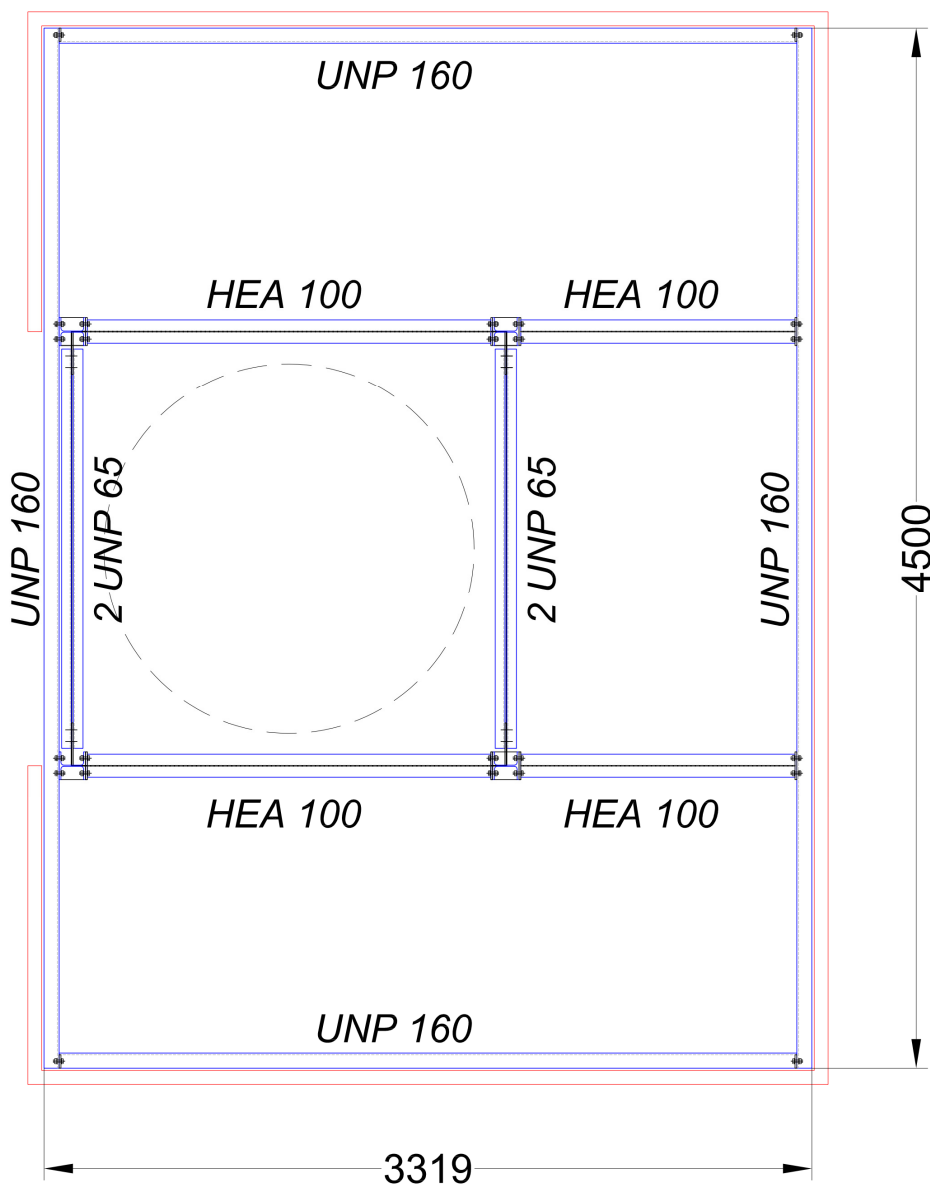
maglia	piatto	peso kg/mq	distanza netta tra gli appoggi (mm)												
			300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
15 x 76	20 x 2	22,6	6500	3500	2900	2500	2000	1500	1000						
	25 x 2	28,1	19000	10500	6700	4700	3300	2200	1550	1150	650				
	30 x 2	33,4	27000	15000	10000	7000	5000	3800	2700	2000	1200	800	500		
	40 x 2	44,0	47000	27000	17000	12000	10000	7000	5500	4500	2600	1700	1100	800	500
22 x 76	25 x 2	19,8	12700	7200	4600	3200	2300	1500	1050	800					
	30 x 2	23,5	18300	10300	6600	4600	3400	2600	1850	1350	750	500			
	25 x 3	28,9	20000	11000	7000	4900	3400	2300	1600	1200	700				
	30 x 3	34,4	28000	16000	10000	7000	5100	4000	2900	2000	1150	750	500		
	40 x 3	45,3	50000	28000	18000	12500	9000	7000	5500	4500	2800	1800	1200	900	600
25 x 76	20 x 2	14,5	6000	3300	2200	1500	1000	700							
	25 x 2	17,7	11300	6450	4150	2800	1900	1350	900	700					
	30 x 2	21,0	16300	9400	6000	4000	2800	2150	1500	1200	680	450			
	25 x 3	25,8	17100	9500	6000	4000	2800	1900	1400	1000	620				
	30 x 3	30,6	24400	14000	9000	6100	4200	3200	2200	1800	1000	680			
	40 x 3	40,3	44000	25000	16000	11000	8000	6300	4700	3700	2400	1600	1000	700	580
	40 x 4	53,1	58000	33000	21000	14000	10000	8400	6200	4900	3200	2100	1300	900	770
	50 x 4	65,9	90000	51000	33000	22000	16000	13000	10000	8000	5400	4000	2800	2100	1400
	60 x 4	78,8	145000	81000	52000	36000	26000	20000	16000	13000	9000	6000	5000	3600	2600
	70 x 4	91,7	174000	98000	62000	43000	32000	24000	20000	16000	11000	8000	6200	4900	3700

Dalla tabella si evince che per luci di 120 cm la portata del grigliato in oggetto è pari a 680 daN/m² quindi ampiamente maggiore di quella richiesta pari a 200 daN/m². Pertanto non sono necessarie ulteriori verifiche.

5.2 TRAVI PIANO BALLATOIO

L'impalcato che forma il ballatoio a quota +18,00 m è costituito, oltre che dai correnti del traliccio a tale quota, da due mensole HEA 100 in acciaio S275 JR e da quattro travi perimetrali UNP 160 in acciaio S275 JR. Lo schema statico per le travi UNP 160 è di semplice appoggio sui lati corti e di travi appoggiate con sbalzi sui due lati lunghi.

Per maggiore chiarezza si riporta di seguito la pianta del ballatoio.



Tutti questi profili sono prevalentemente soggetti a flessione retta. La tabella di verifica utilizzata per le travi del ballatoio è la seguente:

Tipo elemento: Travi Unità di misura tensioni: kg/cm²=daN/cm²

Travi EC3

Tabella: Travi Ballatoio Modifica...

Struttura: Nuova Fatt. confidenza: 1

Classe: S 275 ...

Dimensionamento a torsione: No

Instabilità flessione torsionale: No Comb. perm.+var.: No

Coeff. k: 1 Coeff. kw: 1

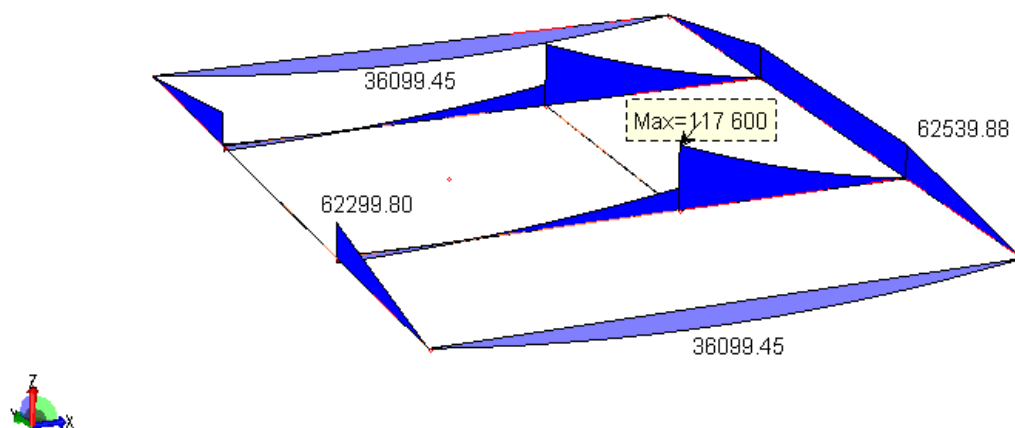
Posizione carico: All' estradosso

Numero scansioni: 10

Tipo verifica: Resistenza e stabilità

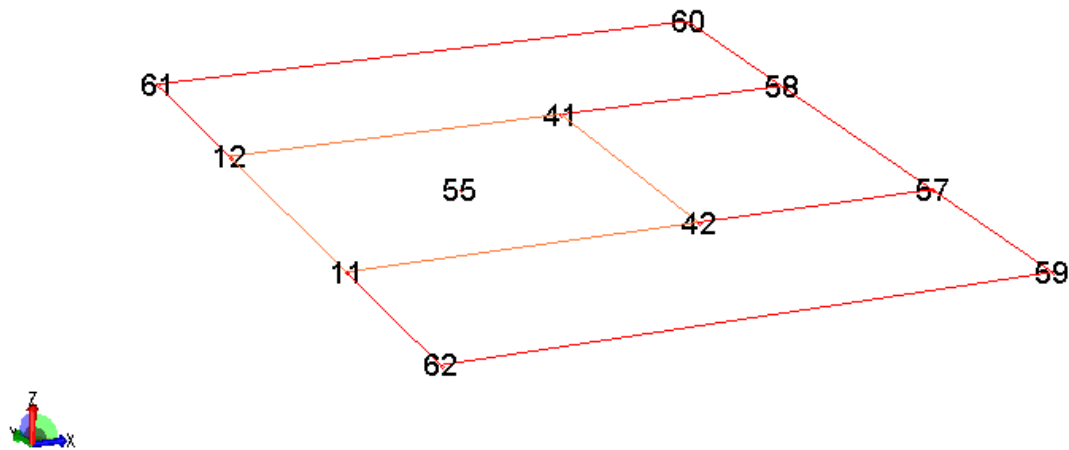
β_{yx} : 1 β_{zx} : 1

Nell'immagine seguente sono riportati i diagrammi involuppo del momento flettente M_z dovuto essenzialmente ai carichi verticali permanenti e variabili:



Travi Ballatoio – Involuppo Momento Flettente M_z

Si riporta il tabulato con le verifiche per gli elementi più sollecitati (con entrambe le sezioni utilizzate) premettendo per una migliore comprensione l'immagine con la numerazione dei nodi:



Travi Ballatoio – Numerazione dei nodi

Lavoro: **Traliccio Mr PET 02** Intestazione lavoro: **Traliccio Mr PET 02**
 Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
 Gruppo: **6** Descrizione: **Pianerottolo**
 Tabella: **Travi Ballatoio** Struttura: **Nuova**
 Tipo acciaio: **S 275** Beta piano 'yx': **1.000** Beta piano 'zx': **1.000**
 Tipologia sismica: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 γ_{M0} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** γ_{M1}' : **1.050** γ_{M2} : **1.250** γ_{rv} : **0.000** γ_{M0} Pf: **1.000** γ_{M1} Pf: **1.000**
 Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1 NI 42 NF 57 Lungh. 130.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.

qy medio: 0.1664 0.5100 3.4000 4.0764 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	cm	daN			daN*m							
<hr/>												
1A	0	-195	203	92	0	41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1B	0	-195	607	92	0	41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1C	0	-195	203	-92	0	-41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1D	0	-195	607	-92	0	-41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1E	0	195	203	92	0	41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1F	0	195	607	92	0	41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1G	0	195	203	-92	0	-41	-120	1	0.02	0.00	0.05	
1H	0	195	607	-92	0	-41	-644	1	0.05	0.00	0.29	
1I	0	-140	271	197	0	117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1J	0	-140	539	197	0	117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1K	0	-140	271	-197	0	-117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1L	0	-140	539	-197	0	-117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1M	0	140	271	197	0	117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1N	0	140	539	197	0	117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
1O	0	140	271	-197	0	-117	-209	1	0.02	0.00	0.12	
1P	0	140	539	-197	0	-117	-555	1	0.05	0.00	0.25	
2	0	-0	985	-1	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
3	0	0	984	-0	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
4	0	0	984	-0	0	-0	-900	1	0.08	0.00	0.41	
5	0	-0	1297	-0	0	-0	-1176	1	0.11	0.00	0.53	
<hr/>												
1A	65	-195	93	92	0	-25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1B	65	-195	497	92	0	-25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1C	65	-195	93	-92	0	25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1D	65	-195	497	-92	0	25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1E	65	195	93	92	0	-25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1F	65	195	497	92	0	-25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1G	65	195	93	-92	0	25	-24	1	0.01	0.00	0.02	
1H	65	195	497	-92	0	25	-285	1	0.04	0.00	0.13	
1I	65	-140	161	197	0	-13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1J	65	-140	429	197	0	-13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1K	65	-140	161	-197	0	13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1L	65	-140	429	-197	0	13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1M	65	140	161	197	0	-13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1N	65	140	429	197	0	-13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
1O	65	140	161	-197	0	13	-68	1	0.01	0.00	0.03	
1P	65	140	429	-197	0	13	-241	1	0.04	0.00	0.11	
2	65	-0	695	-1	0	-0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
3	65	0	695	-0	0	0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
4	65	0	695	-0	0	-0	-354	1	0.06	0.00	0.16	
5	65	-0	908	-0	0	-0	-459	1	0.08	0.00	0.21	
<hr/>												
1A	130	-195	-17	92	0	-92	1	1	0.00	0.00	0.08	
1B	130	-195	387	92	0	-92	2	1	0.03	0.00	0.08	
1C	130	-195	-17	-92	0	92	1	1	0.00	0.00	0.08	
1D	130	-195	387	-92	0	92	2	1	0.03	0.00	0.08	

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

1E	130	195	-17	92	0	-92	1	1	0.00	0.00	0.08
1F	130	195	387	92	0	-92	2	1	0.03	0.00	0.08
1G	130	195	-17	-92	0	92	1	1	0.00	0.00	0.08
1H	130	195	387	-92	0	92	2	1	0.03	0.00	0.08
1I	130	-140	51	197	0	-143	0	1	0.01	0.00	0.13
1J	130	-140	319	197	0	-143	3	1	0.03	0.00	0.13
1K	130	-140	51	-197	0	143	0	1	0.01	0.00	0.13
1L	130	-140	319	-197	0	143	3	1	0.03	0.00	0.13
1M	130	140	51	197	0	-143	0	1	0.01	0.00	0.13
1N	130	140	319	197	0	-143	3	1	0.03	0.00	0.13
1O	130	140	51	-197	0	143	0	1	0.01	0.00	0.13
1P	130	140	319	-197	0	143	3	1	0.03	0.00	0.13
2	130	-0	406	-1	0	0	4	1	0.04	0.00	0.00
3	130	0	406	-0	0	0	3	1	0.04	0.00	0.00
4	130	0	406	-0	0	0	3	1	0.04	0.00	0.00
5	130	-0	519	-0	0	0	5	1	0.04	0.00	0.00

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
1A	-195	-92	-120	1	0.7846	0.9972	1.0014	--	--	0.00	--	0.14	Snell. 'zx'= 52
1B	-195	-92	-644	1	0.7846	0.9972	1.0003	--	--	0.00	--	0.38	Snell. 'zx'= 52
1C	-195	92	-120	1	0.7846	0.9972	1.0014	--	--	0.00	--	0.14	Snell. 'zx'= 52
1D	-195	92	-644	1	0.7846	0.9972	1.0003	--	--	0.00	--	0.38	Snell. 'zx'= 52
1I	-140	-143	-209	1	0.7846	0.9973	1.0006	--	--	0.00	--	0.23	Snell. 'zx'= 52
1J	-140	-143	-555	1	0.7846	0.9973	1.0002	--	--	0.00	--	0.38	Snell. 'zx'= 52
1K	-140	143	-209	1	0.7846	0.9973	1.0006	--	--	0.00	--	0.23	Snell. 'zx'= 52
1L	-140	143	-555	1	0.7846	0.9973	1.0002	--	--	0.00	--	0.38	Snell. 'zx'= 52
2	-0	-0	-900	1	0.7846	1.0000	1.0000	--	--	0.00	--	0.41	Snell. 'zx'= 52
5	-0	-0	-1176	1	0.7846	1.0000	1.0000	--	--	0.00	--	0.53	Snell. 'zx'= 52

ASTA NUM. 3 NI 59 NF 57 Lungh. 130.0 cm SEZ. 9 Ps UNP 160

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1884 0.1884 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x -- cm	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
1A	0	-63	-263	104	0	55	0	1	0.01	0.00	0.06	
1B	0	-63	-23	104	0	55	-0	1	0.00	0.00	0.06	
1C	0	-63	-263	-104	0	-55	0	1	0.01	0.00	0.06	
1D	0	-63	-23	-104	0	-55	-0	1	0.00	0.00	0.06	
1E	0	63	-263	104	0	55	0	1	0.01	0.00	0.06	
1F	0	63	-23	104	0	55	-0	1	0.00	0.00	0.06	
1G	0	63	-263	-104	0	-55	0	1	0.01	0.00	0.06	
1H	0	63	-23	-104	0	-55	-0	1	0.00	0.00	0.06	
1I	0	-108	-206	57	0	25	0	1	0.01	0.00	0.03	
1J	0	-108	-80	57	0	25	-0	1	0.00	0.00	0.03	
1K	0	-108	-206	-57	0	-24	0	1	0.01	0.00	0.03	
1L	0	-108	-80	-57	0	-24	-0	1	0.00	0.00	0.03	
1M	0	108	-206	57	0	25	0	1	0.01	0.00	0.03	
1N	0	108	-80	57	0	25	-0	1	0.00	0.00	0.03	
1O	0	108	-206	-57	0	-24	0	1	0.01	0.00	0.03	
1P	0	108	-80	-57	0	-24	-0	1	0.00	0.00	0.03	
2	0	-0	-352	0	0	0	-0	1	0.02	0.00	0.00	
3	0	0	-352	-0	0	-0	-0	1	0.02	0.00	0.00	
4	0	0	-352	0	0	0	-0	1	0.02	0.00	0.00	
5	0	-0	-465	0	0	0	-0	1	0.02	0.00	0.00	
1A	65	-63	-275	104	0	-13	-175	1	0.01	0.00	0.06	
1B	65	-63	-35	104	0	-13	-19	1	0.00	0.00	0.02	
1C	65	-63	-275	-104	0	13	-175	1	0.01	0.00	0.06	
1D	65	-63	-35	-104	0	13	-19	1	0.00	0.00	0.02	
1E	65	63	-275	104	0	-13	-175	1	0.01	0.00	0.06	
1F	65	63	-35	104	0	-13	-19	1	0.00	0.00	0.02	
1G	65	63	-275	-104	0	13	-175	1	0.01	0.00	0.06	
1H	65	63	-35	-104	0	13	-19	1	0.00	0.00	0.02	
1I	65	-108	-218	57	0	-13	-137	1	0.01	0.00	0.05	
1J	65	-108	-92	57	0	-13	-56	1	0.00	0.00	0.03	
1K	65	-108	-218	-57	0	13	-137	1	0.01	0.00	0.05	
1L	65	-108	-92	-57	0	13	-56	1	0.00	0.00	0.03	
1M	65	108	-218	57	0	-13	-137	1	0.01	0.00	0.05	
1N	65	108	-92	57	0	-13	-56	1	0.00	0.00	0.03	
1O	65	108	-218	-57	0	13	-137	1	0.01	0.00	0.05	
1P	65	108	-92	-57	0	13	-56	1	0.00	0.00	0.03	
2	65	-0	-368	0	0	-0	-234	1	0.02	0.00	0.06	
3	65	0	-368	-0	0	0	-234	1	0.02	0.00	0.06	
4	65	0	-368	0	0	-0	-234	1	0.02	0.00	0.06	
5	65	-0	-481	0	0	-0	-308	1	0.03	0.00	0.08	
1A	130	-63	-287	104	0	-80	-357	1	0.02	0.00	0.18	
1B	130	-63	-47	104	0	-80	-46	1	0.00	0.00	0.10	
1C	130	-63	-287	-104	0	80	-357	1	0.02	0.00	0.18	
1D	130	-63	-47	-104	0	80	-46	1	0.00	0.00	0.10	
1E	130	63	-287	104	0	-80	-357	1	0.02	0.00	0.18	
1F	130	63	-47	104	0	-80	-46	1	0.00	0.00	0.10	
1G	130	63	-287	-104	0	80	-357	1	0.02	0.00	0.18	
1H	130	63	-47	-104	0	80	-46	1	0.00	0.00	0.10	
1I	130	-108	-230	57	0	-51	-283	1	0.01	0.00	0.13	
1J	130	-108	-105	57	0	-51	-120	1	0.01	0.00	0.09	
1K	130	-108	-230	-57	0	51	-283	1	0.01	0.00	0.13	
1L	130	-108	-105	-57	0	51	-120	1	0.01	0.00	0.09	
1M	130	108	-230	57	0	-51	-283	1	0.01	0.00	0.13	
1N	130	108	-105	57	0	-51	-120	1	0.01	0.00	0.09	

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

1O	130	108	-230	-57	0	51	-283	1	0.01	0.00	0.13
1P	130	108	-105	-57	0	51	-120	1	0.01	0.00	0.09
2	130	-0	-384	0	0	-0	-478	1	0.02	0.00	0.13
3	130	0	-384	-0	0	0	-478	1	0.02	0.00	0.13
4	130	0	-384	0	0	-0	-478	1	0.02	0.00	0.13
5	130	-0	-497	0	0	-0	-625	1	0.03	0.00	0.17

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1A	-63	-80	-357	1	0.6603	0.9987	0.9999	--	--	0.00	--	0.18	Snell. 'zx'= 69
1B	-63	-80	-46	1	0.6603	0.9987	0.9999	--	--	0.00	--	0.10	Snell. 'zx'= 69
1C	-63	80	-357	1	0.6603	0.9987	0.9999	--	--	0.00	--	0.18	Snell. 'zx'= 69
1D	-63	80	-46	1	0.6603	0.9987	0.9999	--	--	0.00	--	0.10	Snell. 'zx'= 69
1I	-108	-51	-283	1	0.6603	0.9978	0.9999	--	--	0.00	--	0.13	Snell. 'zx'= 69
1J	-108	-51	-120	1	0.6603	0.9978	0.9999	--	--	0.00	--	0.09	Snell. 'zx'= 69
1K	-108	51	-283	1	0.6603	0.9978	0.9999	--	--	0.00	--	0.13	Snell. 'zx'= 69
1L	-108	51	-120	1	0.6603	0.9978	0.9999	--	--	0.00	--	0.09	Snell. 'zx'= 69
2	-0	-0	-478	1	0.6603	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	Snell. 'zx'= 69
5	-0	-0	-625	1	0.6603	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	Snell. 'zx'= 69

ASTA NUM. 4 NI 57 NF 58 Lungh. 184.0 cm SEZ. 9 Ps UNP 160

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1884 0.1884 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
1A	0	-70	5	35	0	48	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1B	0	-70	30	35	0	48	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1C	0	-70	5	-35	0	-48	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1D	0	-70	30	-35	0	-48	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1E	0	70	5	35	0	48	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1F	0	70	30	35	0	48	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1G	0	70	5	-35	0	-48	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1H	0	70	30	-35	0	-48	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1I	0	-21	-24	109	0	105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1J	0	-21	58	109	0	105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1K	0	-21	-24	-109	0	-105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1L	0	-21	58	-109	0	-105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1M	0	21	-24	109	0	105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1N	0	21	58	109	0	105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1O	0	21	-24	-109	0	-105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1P	0	21	58	-109	0	-105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
2	0	1	23	-0	0	0	-478	1	0.00	0.00	0.13	
3	0	0	22	0	0	0	-477	1	0.00	0.00	0.13	
4	0	0	22	0	0	0	-477	1	0.00	0.00	0.13	
5	0	0	23	-0	0	0	-624	1	0.00	0.00	0.17	
1A	92	-70	-13	35	0	1	-38	1	0.00	0.00	0.01	
1B	92	-70	13	35	0	1	-349	1	0.00	0.00	0.10	
1C	92	-70	-13	-35	0	-1	-38	1	0.00	0.00	0.01	
1D	92	-70	13	-35	0	-1	-349	1	0.00	0.00	0.10	
1E	92	70	-13	35	0	1	-38	1	0.00	0.00	0.01	
1F	92	70	13	35	0	1	-349	1	0.00	0.00	0.10	
1G	92	70	-13	-35	0	-1	-38	1	0.00	0.00	0.01	
1H	92	70	13	-35	0	-1	-349	1	0.00	0.00	0.10	
1I	92	-21	-41	109	0	0	-113	1	0.00	0.00	0.03	
1J	92	-21	41	109	0	0	-274	1	0.00	0.00	0.07	
1K	92	-21	-41	-109	0	-0	-113	1	0.00	0.00	0.03	
1L	92	-21	41	-109	0	-0	-274	1	0.00	0.00	0.07	
1M	92	21	-41	109	0	0	-113	1	0.00	0.00	0.03	
1N	92	21	41	109	0	0	-274	1	0.00	0.00	0.07	
1O	92	21	-41	-109	0	-0	-113	1	0.00	0.00	0.03	
1P	92	21	41	-109	0	-0	-274	1	0.00	0.00	0.07	
2	92	1	0	-0	0	0	-467	1	0.00	0.00	0.13	
3	92	0	-0	0	0	0	-467	1	0.00	0.00	0.13	
4	92	0	-0	0	0	0	-467	1	0.00	0.00	0.13	
5	92	0	0	-0	0	0	-614	1	0.00	0.00	0.17	
1A	184	-70	-30	35	0	-47	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1B	184	-70	-5	35	0	-47	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1C	184	-70	-30	-35	0	47	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1D	184	-70	-5	-35	0	47	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1E	184	70	-30	35	0	-47	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1F	184	70	-5	35	0	-47	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1G	184	70	-30	-35	0	47	-46	1	0.00	0.00	0.06	
1H	184	70	-5	-35	0	47	-357	1	0.00	0.00	0.15	
1I	184	-21	-58	109	0	-105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1J	184	-21	24	109	0	-105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1K	184	-21	-58	-109	0	105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1L	184	-21	24	-109	0	105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1M	184	21	-58	109	0	-105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1N	184	21	24	109	0	-105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
1O	184	21	-58	-109	0	105	-121	1	0.00	0.00	0.14	
1P	184	21	24	-109	0	105	-282	1	0.00	0.00	0.19	
2	184	1	-23	-0	0	0	-478	1	0.00	0.00	0.13	
3	184	0	-23	0	0	-0	-478	1	0.00	0.00	0.13	
4	184	0	-23	0	0	-0	-478	1	0.00	0.00	0.13	
5	184	0	-23	-0	0	0	-624	1	0.00	0.00	0.17	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1A	-70	48	-46	1	0.4652	0.9980	1.0005	--	--	0.00	--	0.07 Snell.	'zx'= 98
1B	-70	48	-357	1	0.4652	0.9980	1.0005	--	--	0.00	--	0.15 Snell.	'zx'= 98
1C	-70	-48	-46	1	0.4652	0.9980	1.0005	--	--	0.00	--	0.07 Snell.	'zx'= 98
1D	-70	-48	-357	1	0.4652	0.9980	1.0005	--	--	0.00	--	0.15 Snell.	'zx'= 98
1I	-21	105	-121	1	0.4652	0.9994	1.0001	--	--	0.00	--	0.15 Snell.	'zx'= 98
1J	-21	105	-282	1	0.4652	0.9994	1.0001	--	--	0.00	--	0.19 Snell.	'zx'= 98
1K	-21	-105	-121	1	0.4652	0.9994	1.0001	--	--	0.00	--	0.15 Snell.	'zx'= 98
1L	-21	-105	-282	1	0.4652	0.9994	1.0001	--	--	0.00	--	0.19 Snell.	'zx'= 98

ASTA NUM. 9 NI 61 NF 60 Lungh. 314.0 cm SEZ. 9 Ps UNP 160

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.

qy medio: 0.1884 0.2400 1.6000 2.0284 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

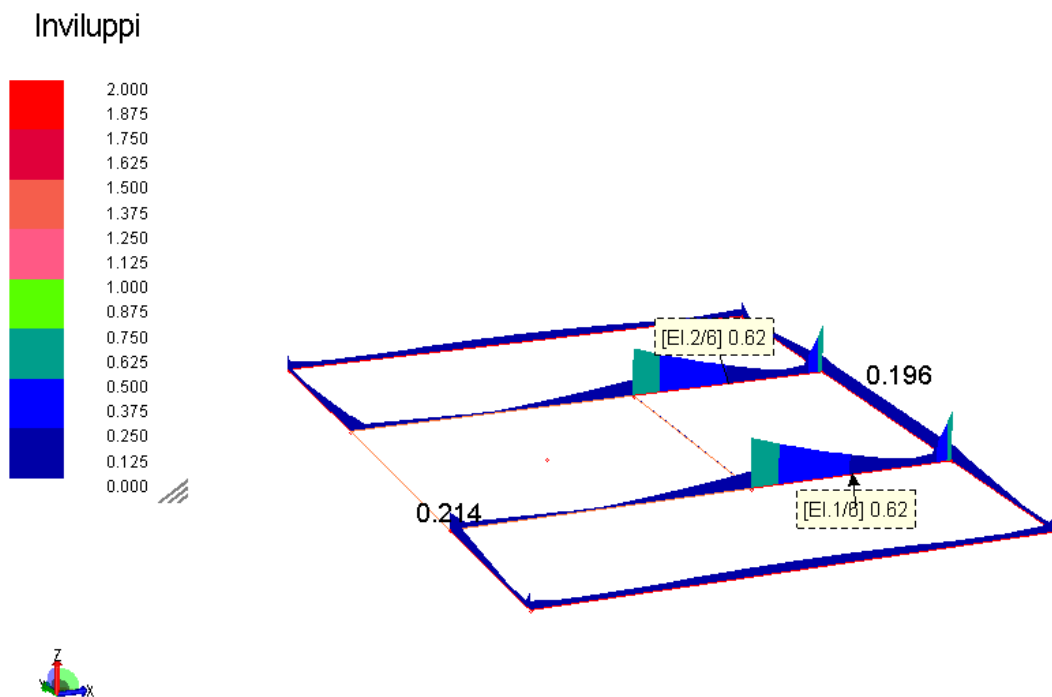
NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
1A	0	-16	142	34	0	54	-0	1	0.01	0.00	0.06	
1B	0	-16	142	34	0	54	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1C	0	-16	142	-34	0	-54	-0	1	0.01	0.00	0.06	
1D	0	-16	142	-34	0	-54	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1E	0	16	142	34	0	54	-0	1	0.01	0.00	0.06	
1F	0	16	142	34	0	54	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1G	0	16	142	-34	0	-54	-0	1	0.01	0.00	0.06	
1H	0	16	142	-34	0	-54	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1I	0	-35	142	15	0	24	-0	1	0.01	0.00	0.03	
1J	0	-35	143	15	0	24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1K	0	-35	142	-15	0	-24	-0	1	0.01	0.00	0.03	
1L	0	-35	143	-15	0	-24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1M	0	35	142	15	0	24	-0	1	0.01	0.00	0.03	
1N	0	35	143	15	0	24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1O	0	35	142	-15	0	-24	-0	1	0.01	0.00	0.03	
1P	0	35	143	-15	0	-24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
2	0	0	351	-0	0	-0	-2	1	0.02	0.00	0.00	
3	0	0	351	-0	0	-0	-2	1	0.02	0.00	0.00	
4	0	0	351	-0	0	-0	-2	1	0.02	0.00	0.00	
5	0	0	464	-0	0	-0	-2	1	0.02	0.00	0.00	
1A	157	-16	-0	34	0	-1	112	1	0.00	0.00	0.03	
1B	157	-16	-0	34	0	-1	110	1	0.00	0.00	0.03	
1C	157	-16	-0	-34	0	1	112	1	0.00	0.00	0.03	
1D	157	-16	-0	-34	0	1	110	1	0.00	0.00	0.03	
1E	157	16	-0	34	0	-1	112	1	0.00	0.00	0.03	
1F	157	16	-0	34	0	-1	110	1	0.00	0.00	0.03	
1G	157	16	-0	-34	0	1	112	1	0.00	0.00	0.03	
1H	157	16	-0	-34	0	1	110	1	0.00	0.00	0.03	
1I	157	-35	-0	15	0	0	111	1	0.00	0.00	0.03	
1J	157	-35	-0	15	0	0	110	1	0.00	0.00	0.03	
1K	157	-35	-0	-15	0	-0	111	1	0.00	0.00	0.03	
1L	157	-35	-0	-15	0	-0	110	1	0.00	0.00	0.03	
1M	157	35	-0	15	0	0	111	1	0.00	0.00	0.03	
1N	157	35	-0	15	0	0	110	1	0.00	0.00	0.03	
1O	157	35	-0	-15	0	-0	111	1	0.00	0.00	0.03	
1P	157	35	-0	-15	0	-0	110	1	0.00	0.00	0.03	
2	157	0	-1	-0	0	-0	273	1	0.00	0.00	0.07	
3	157	0	-1	-0	0	-0	273	1	0.00	0.00	0.07	
4	157	0	-1	-0	0	-0	273	1	0.00	0.00	0.07	
5	157	0	-1	-0	0	-0	361	1	0.00	0.00	0.10	
1A	314	-16	-143	34	0	-55	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1B	314	-16	-143	34	0	-55	-2	1	0.01	0.00	0.06	
1C	314	-16	-143	-34	0	55	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1D	314	-16	-143	-34	0	55	-2	1	0.01	0.00	0.06	
1E	314	16	-143	34	0	-55	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1F	314	16	-143	34	0	-55	-2	1	0.01	0.00	0.06	
1G	314	16	-143	-34	0	55	-1	1	0.01	0.00	0.06	
1H	314	16	-143	-34	0	55	-2	1	0.01	0.00	0.06	
1I	314	-35	-143	15	0	-24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1J	314	-35	-143	15	0	-24	-2	1	0.01	0.00	0.03	
1K	314	-35	-143	-15	0	24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1L	314	-35	-143	-15	0	24	-2	1	0.01	0.00	0.03	
1M	314	35	-143	15	0	-24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1N	314	35	-143	15	0	-24	-2	1	0.01	0.00	0.03	
1O	314	35	-143	-15	0	24	-1	1	0.01	0.00	0.03	
1P	314	35	-143	-15	0	24	-2	1	0.01	0.00	0.03	
2	314	0	-352	-0	0	-0	-4	1	0.02	0.00	0.00	
3	314	0	-352	-0	0	-0	-4	1	0.02	0.00	0.00	
4	314	0	-352	-0	0	-0	-4	1	0.02	0.00	0.00	
5	314	0	-465	-0	0	-0	-5	1	0.02	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1A	-16	-55	112	1	0.2068	0.9990	1.0005	--	--	0.00	--	0.09 Snell.	'zx'= 167
1B	-16	-55	110	1	0.2068	0.9990	1.0002	--	--	0.00	--	0.09 Snell.	'zx'= 167
1C	-16	55	112	1	0.2068	0.9990	1.0005	--	--	0.00	--	0.09 Snell.	'zx'= 167
1D	-16	55	110	1	0.2068	0.9990	1.0002	--	--	0.00	--	0.09 Snell.	'zx'= 167
1I	-35	24	111	1	0.2068	0.9977	1.0011	--	--	0.00	--	0.06 Snell.	'zx'= 167
1J	-35	24	110	1	0.2068	0.9977	1.0004	--	--	0.00	--	0.06 Snell.	'zx'= 167

1K	-35	-24	111	1	0.2068	0.9977	1.0011	--	--	0.00	--	0.06	Snell. 'zx'= 167
1L	-35	-24	110	1	0.2068	0.9977	1.0004	--	--	0.00	--	0.06	Snell. 'zx'= 167

A scopo riepilogativo si riporta il diagramma involucro degli indici di sfruttamento delle membrature relativamente alle travi del ballatoio:



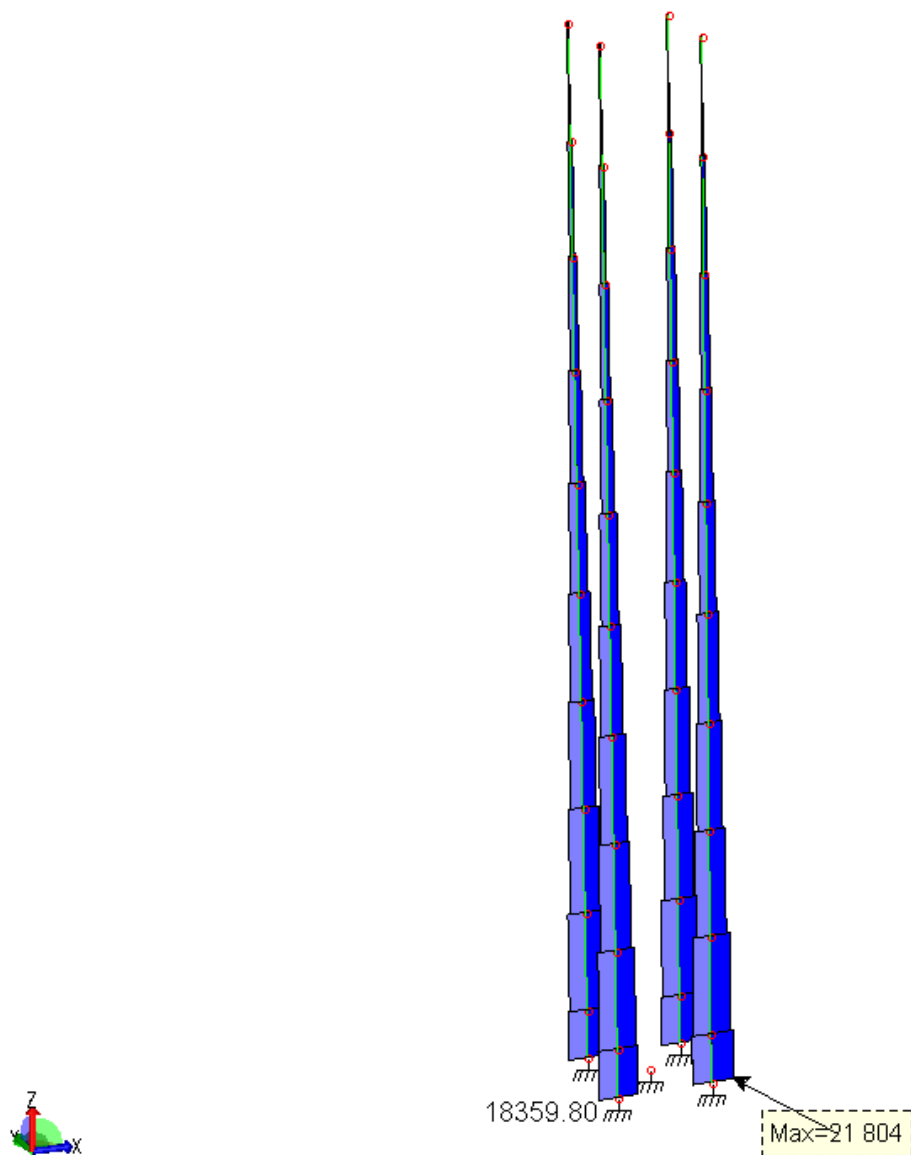
5.3 MONTANTI TRALICCIO

I montanti del traliccio sono realizzati nella parte bassa (fino a q. +6,07 m) con profili HEB 120 in acciaio S275 JR, nella parte alta con HEA 120 in acciaio S275 JR. Trattandosi di elementi che costituiscono un traliccio senza carichi diretti la sollecitazione principale è lo sforzo normale; per effetto della continuità e soprattutto in corrispondenza dei due campi non controventati, i montanti sono soggetti anche ad un non trascurabile momento flettente nel piano della massima inerzia (M_z).

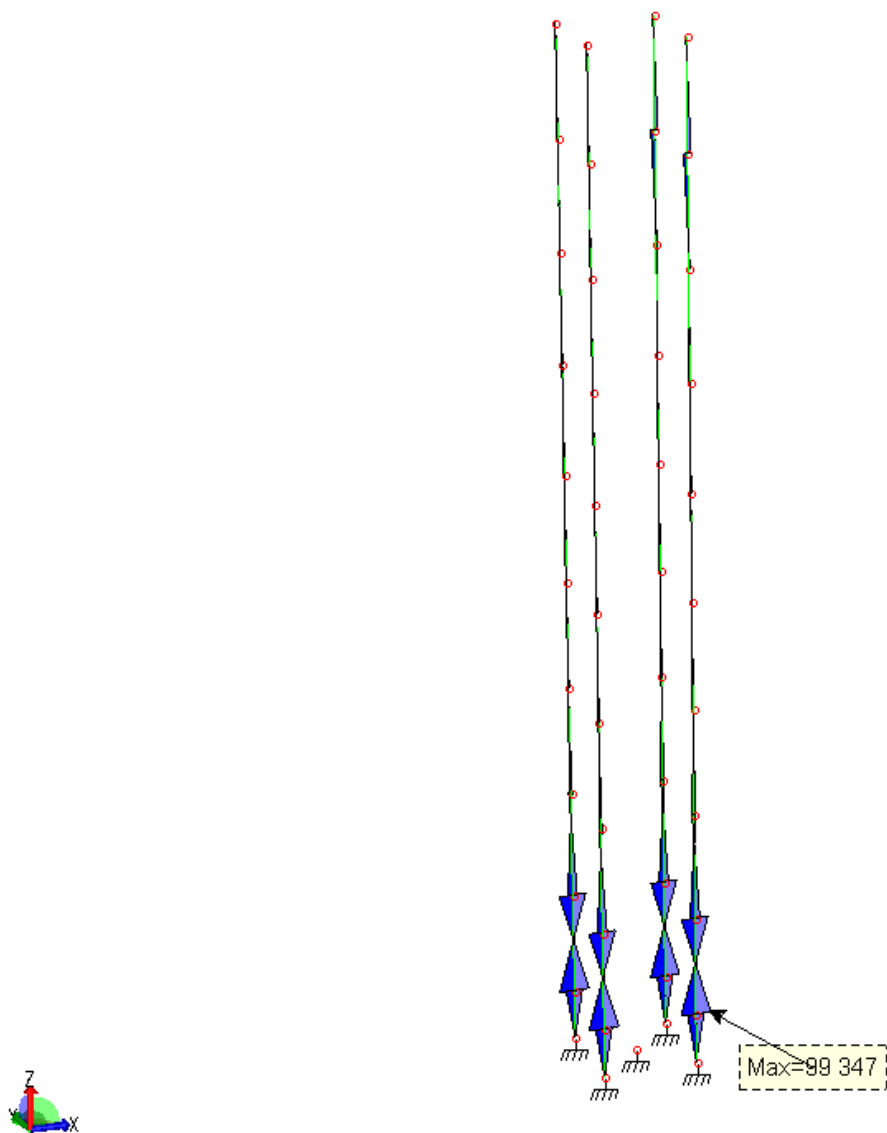
La tabella di verifica utilizzata per i montanti è la seguente:

Tipo elemento:		Pilastri		Unità di misura tensioni:		kg/cm ² =daN/cm ²	
Pilastri EC3							
Tabella:	Tabella pilastri (Attiva)					Modifica...	
Struttura:	Nuova			Fatt. confidenza:	1		
Classe:	S 275					...	
Dimensionamento a torsione:	No			Instab. flesso tors.:	No		
Coeff. k:	1			Coeff. kw:	1		
Posizione carico:	All' estradosso						
Numero scansioni:	2						
Tipo verifica:	Resistenza e stabilità						
β_{yx} :	1			β_{zx} :	1		

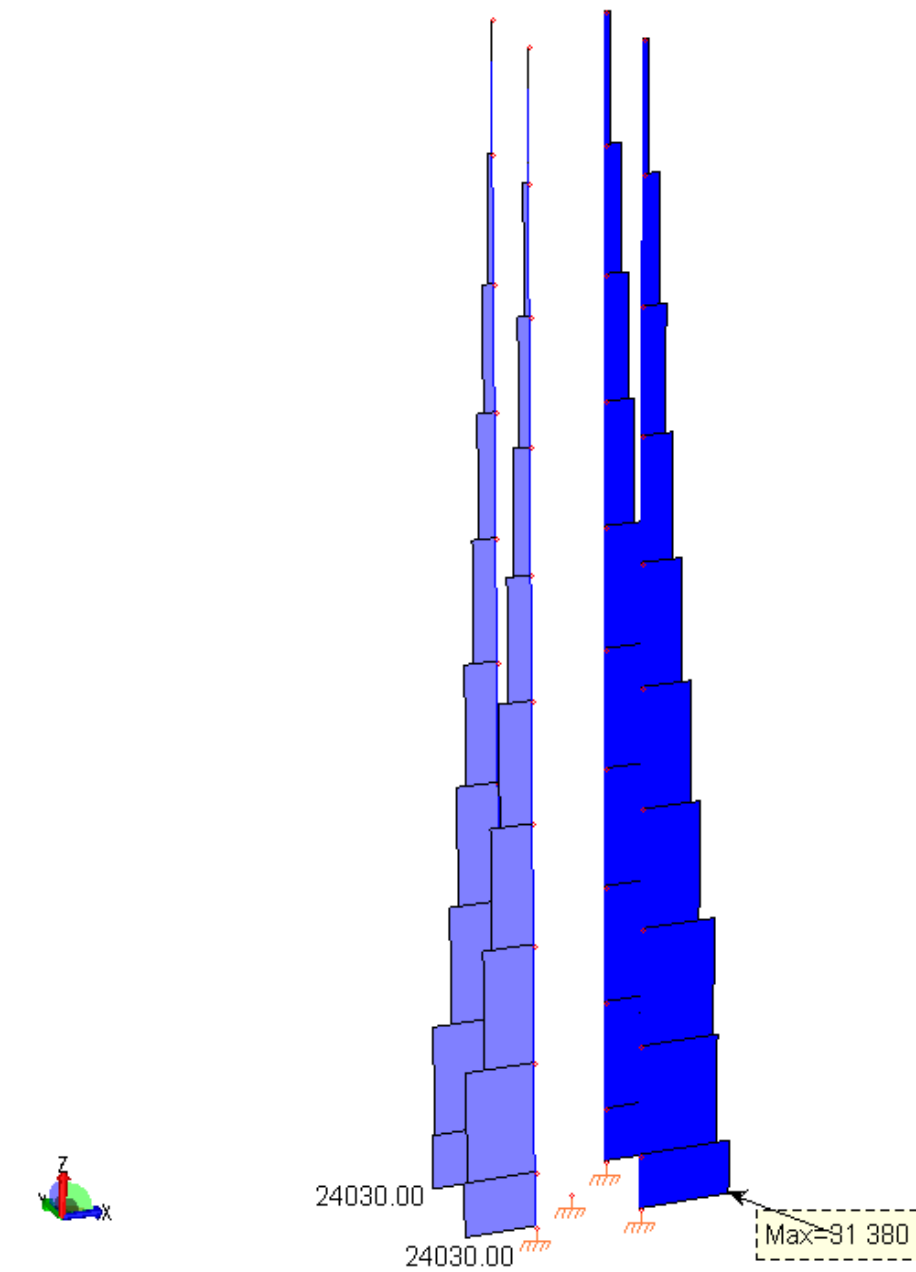
Per individuare gli elementi dei montanti più sollecitati si riportano i diagrammi involuppo dello sforzo normale e del momento flettente M_z con i quattro diversi modelli di calcolo ciascuno adattato per una determinata direzione del vento



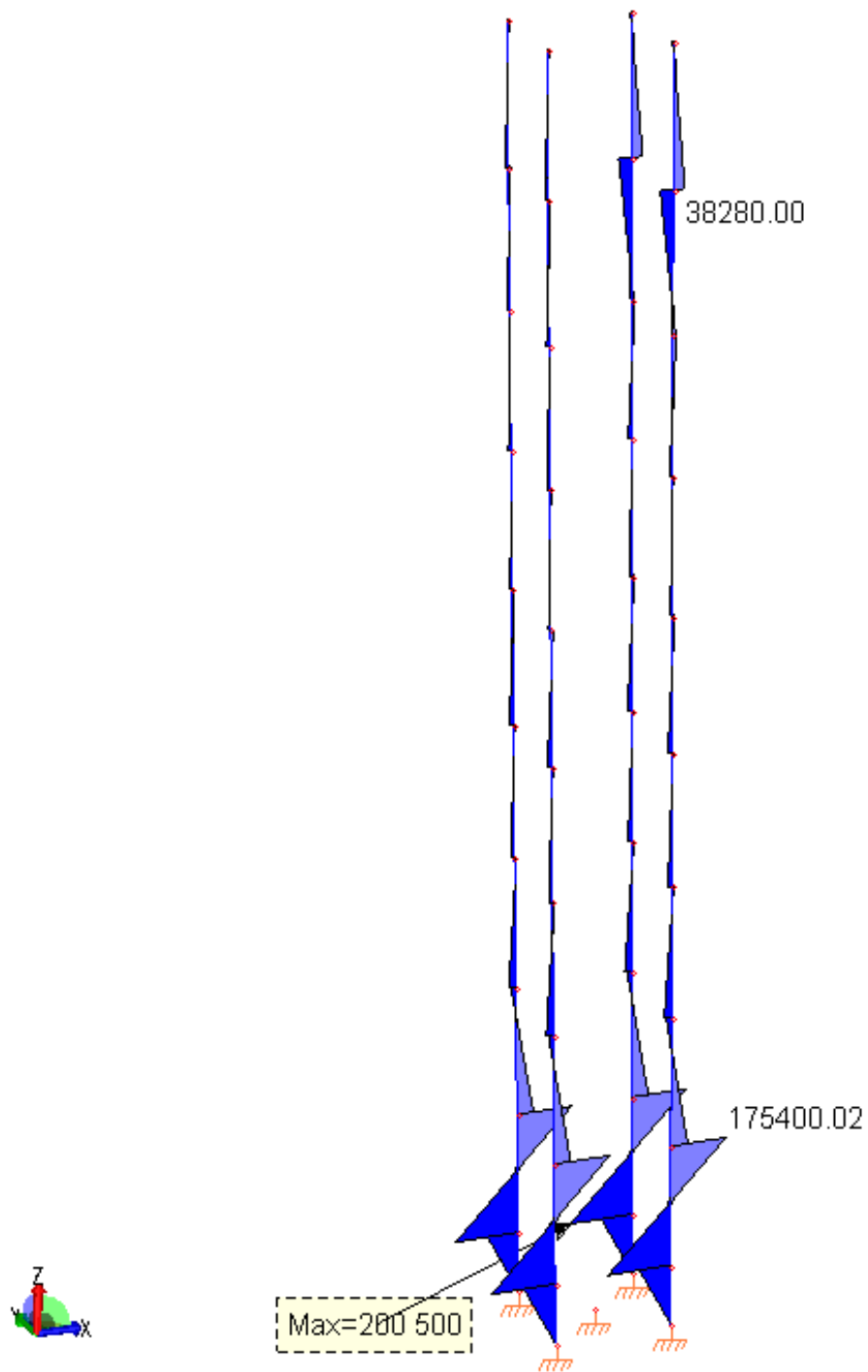
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Inviluppo Sforzo Normale F_x Montanti



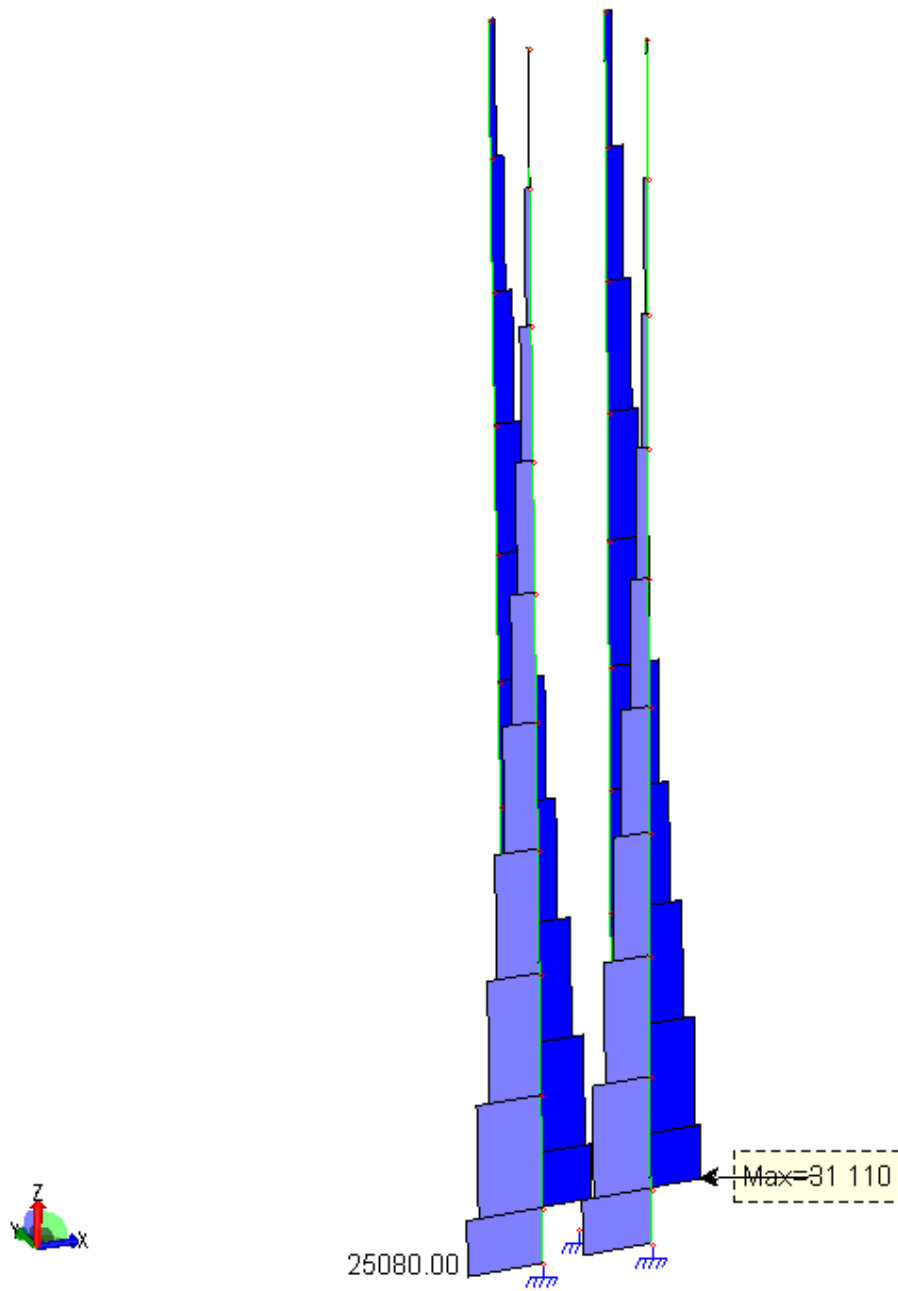
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Involuppo Momento Flettente M_z Montanti



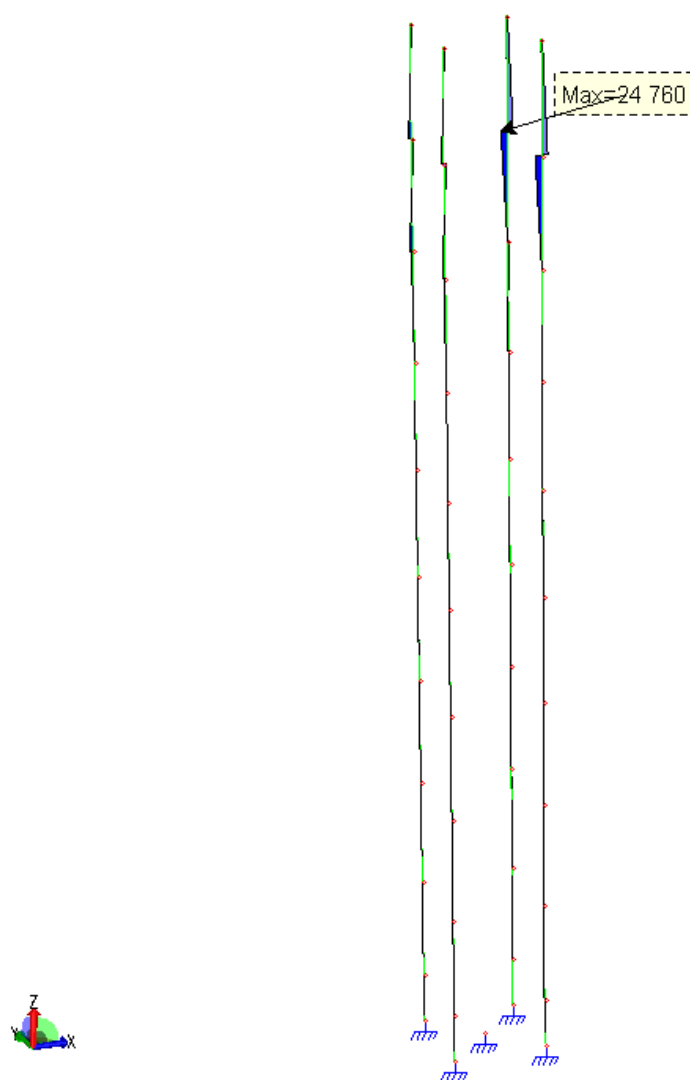
Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Sforzo Normale F_x Montanti



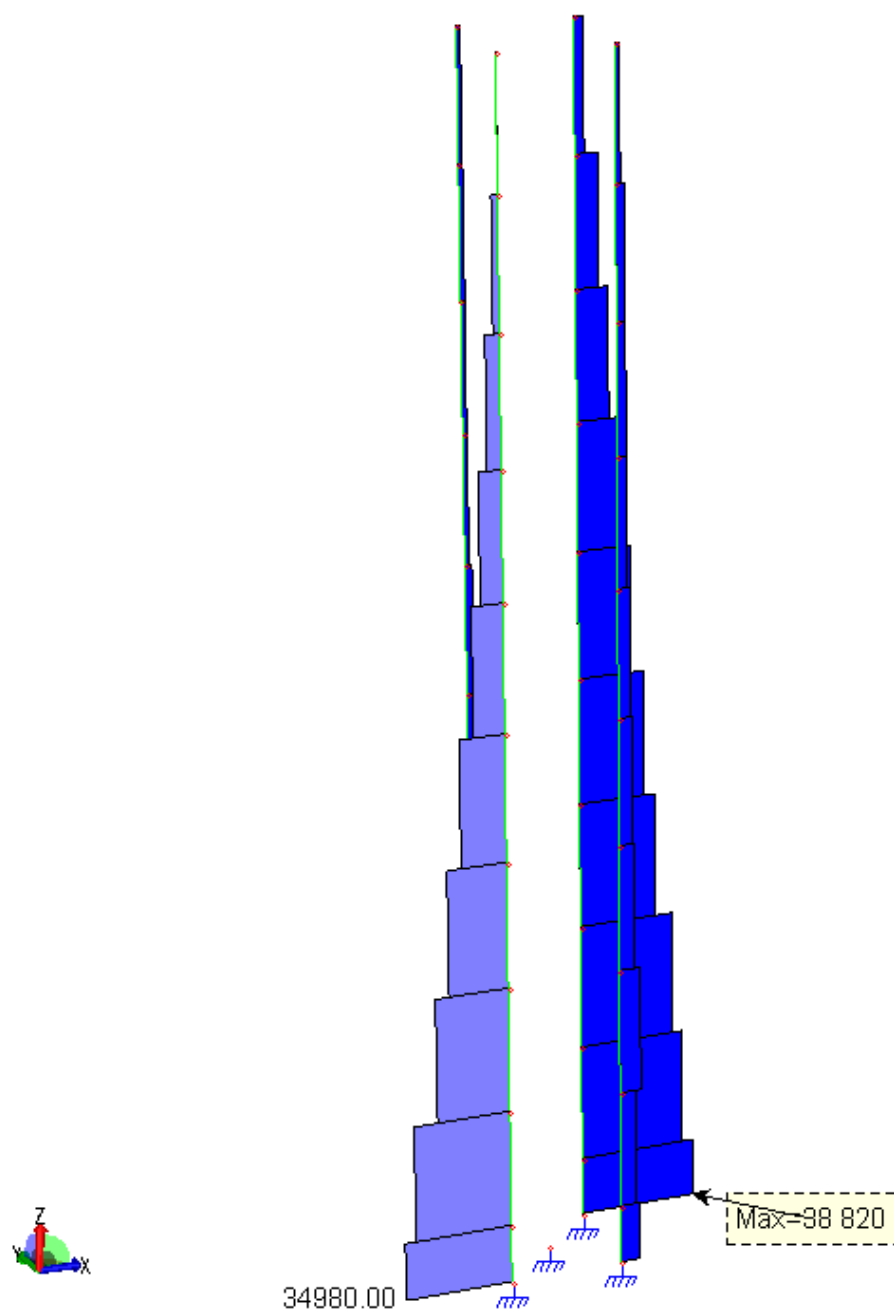
Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Momento Flettente M_z Montanti



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Sforzo Normale F_x Montanti



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Momento Flettente M_z Montanti



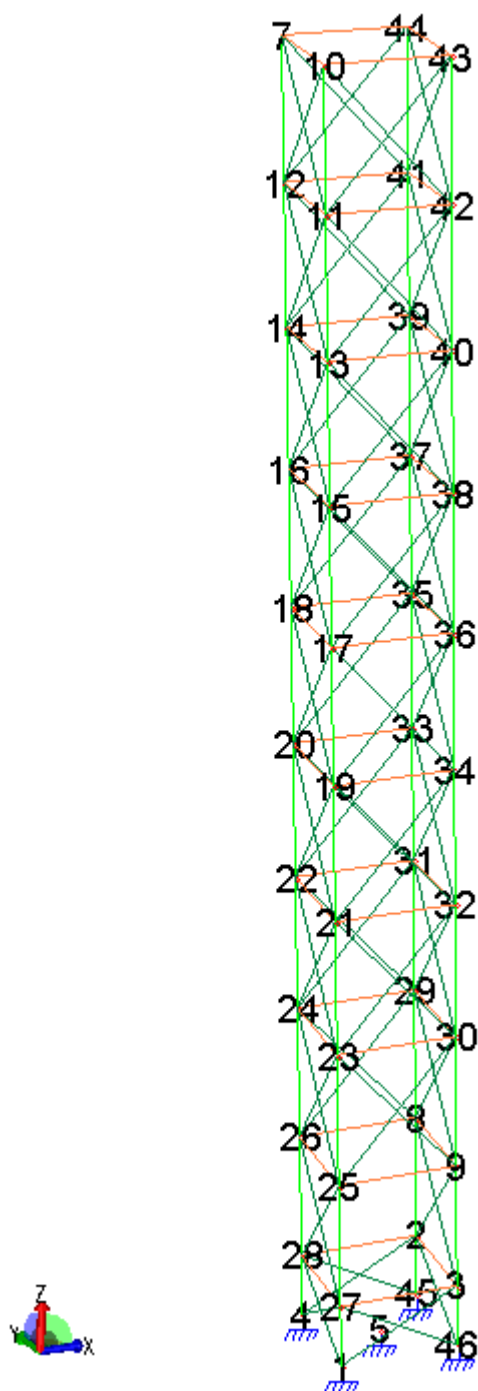
Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Montanti



Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Involuppo Momento Flettente M_z Montanti

Dai grafici risulta che le sollecitazioni di sforzo normale più gravose si hanno ovviamente nelle sezioni alla base HEB 120 con il modello Vento diagonale con la combinazione 4. Le massime sollecitazioni flessionali si verificano invece con il modello Vento + X con le combinazioni 2-5 in corrispondenza dei campi non controventati. Per quanto riguarda invece la parte più alta delle colonne con sezione HEA 120 i momenti flettenti massimi si verificano in corrispondenza delle mensole che sostengono il ballatoio con il modello Vento +X con le combinazioni 2-5.

Sulla base di queste considerazioni, premettendo la numerazione dei nodi di tutti gli elementi, si riportano i tabulati di verifica dei montanti più sollecitati con i vari modelli di calcolo implementati e le relative combinazioni di carico.



Numerazione nodi Traliccio

Verifiche con modello Vento diagonale – Combinazione 4

Lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento diagonale** Intestazione lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento diagonale**
 Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
 Gruppo: **1** Descrizione: **Montanti**
 Tabella: **Tabella pilastri** Struttura: **Nuova**
 Tipo acciaio: **S 275** Beta piano 'yx': **1.000** Beta piano 'zx': **1.000**
 Tipologia sismica yx: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 Tipologia sismica zx: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 γ_{M0} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** $\gamma_{M1'}$: **1.050** γ_{M2} : **1.250** γ_{rv} : **0.000** γ_{M0} Pf: **1.000** γ_{M1} Pf: **1.000**
 Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1 NI 1 NF 27 Lungh. 100.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
 Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici ≤ 1 : VERIFICATO

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	34980	-737	13	0	0	0	--	0.04	0.39	0.00	
4	50	34995	-737	13	0	-7	-369	1	0.04	0.39	0.12	
4	100	35010	-737	13	0	-13	-737	1	0.04	0.39	0.24	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										

ASTA NUM. 12 NI 27 NF 25 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	31320	1357	3	0	-13	-1443	1	0.08	0.35	0.44	
4	100	31355	1357	3	0	-17	-86	1	0.08	0.35	0.03	
4	200	31390	1357	3	0	-20	1271	1	0.08	0.35	0.39	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										

ASTA NUM. 37 NI 29 NF 31 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	-25500	104	-4	0	-16	-156	1	0.01	0.38	0.07	
4	106	-25470	104	-4	0	-11	-45	1	0.01	0.38	0.02	
4	212	-25440	104	-4	0	-7	65	1	0.01	0.38	0.03	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										

4 -25500 -16 -155 1 0.6509 1.1487 0.9094 -- -- 0.58 -- 0.64 Snell. 'zx'= 70

ASTA NUM. 38 NI 8 NF 29 Lungh. 212.5 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	-31450	-160	3	0	-9	278	1	0.01	0.35	0.09	
4	106	-31410	-160	3	0	-13	108	1	0.01	0.35	0.03	
4	212	-31370	-160	3	0	-16	-62	1	0.01	0.35	0.02	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										

4 -31450 -16 278 1 0.6571 1.2320 0.9615 -- -- 0.53 -- 0.60 Snell. 'zx'= 69

ASTA NUM. 39 NI 2 NF 8 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	-34880	1153	-13	0	-34	-1231	1	0.07	0.38	0.40	

4	100	-34845	1153	-13	0	-22	-78	1	0.07	0.38	0.03
4	200	-34810	1153	-13	0	-9	1075	1	0.07	0.38	0.35

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										
4	-34880	-34	-1231	1	0.6869	1.0337	0.7860	--	--	0.56	--	0.80	Snell. 'zx'= 65
ASTA NUM. 40 NI 45 NF 2 Lungh. 100.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120 Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO													

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
4	0	-38820	-578	34	0	0	0	1	0.03	0.43	0.00	
4	50	-38805	-578	34	0	-17	-289	1	0.03	0.43	0.10	
4	100	-38790	-578	34	0	-34	-578	1	0.03	0.43	0.20	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										
4	-38820	-34	-578	1	0.9077	0.8312	0.9774	--	--	0.47	--	0.61	Snell. 'zx'= 33

Verifiche con modello Vento +X – Combinazioni 2-5

Lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento +X** Intestazione lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento +X**
Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
Gruppo: **1** Descrizione: **Montanti**
Tabella: **Tabella pilastri** Struttura: **Nuova**
Tipo acciaio: **S 275** Beta piano 'yx': **1.000** Beta piano 'zx': **1.000**
Tipologia sismica yx: **Senza prescrizioni aggiuntive**
Tipologia sismica zx: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 γ_{M0} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** γ_{M1}' : **1.050** γ_{M2} : **1.250** γ_{rv} : **0.000** γ_{M0} Pf: **1.000** γ_{M1} Pf: **1.000**
Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1													NI 1	NF 27	Lungh.	100.0 cm	SEZ.	8	Ps	HEB	120
													Sollecitazioni di calcolo e di verifica						Indici <= 1 : VERIFICATO		
NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota									
	cm		daN			daN*m															
2	0	24030	-973	-0	0	0	0	--	0.06	0.26	0.00										
5	0	13920	-586	-0	0	0	0	--	0.03	0.15	0.00										
2	50	24050	-973	-0	0	0	-487	1	0.06	0.26	0.13										
5	50	13940	-586	-0	0	0	-293	1	0.03	0.15	0.07										
2	100	24070	-973	-0	0	0	-973	1	0.06	0.27	0.27										
5	100	13960	-586	-0	0	0	-586	1	0.03	0.15	0.14										

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC		Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
		daN		daN*m										
ASTA NUM. 2		NI 4 NF 28 Lungh. 100.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120												
		Sollecitazioni di calcolo e di verifica				Indici <= 1 : VERIFICATO								
NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota		
	cm		daN			daN*m								
2	0	24030	-974	0	0	0	0	--	0.06	0.26	0.00			
5	0	13910	-586	0	0	0	0	--	0.03	0.15	0.00			
2	50	24045	-974	0	0	-0	-487	1	0.06	0.26	0.13			
5	50	13930	-586	0	0	-0	-293	1	0.03	0.15	0.07			

2	100	24060	-974	0	0	-0	-974	1	0.06	0.27	0.27
5	100	13950	-586	0	0	-0	-586	1	0.03	0.15	0.14

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

ASTA NUM. 3 NI 28 NF 26 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	23030	1861	-0	0	-0	-1979	1	0.11	0.25	0.53	
5	0	13360	1116	-0	0	-0	-1188	1	0.07	0.15	0.28	
2	100	23065	1861	-0	0	0	-118	1	0.11	0.25	0.03	
5	100	13390	1116	-0	0	0	-72	1	0.07	0.15	0.02	
2	200	23100	1861	-0	0	0	1743	1	0.11	0.25	0.47	
5	200	13420	1116	-0	0	0	1043	1	0.07	0.15	0.25	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

ASTA NUM. 12 NI 27 NF 25 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	23040	1861	0	0	0	-1979	1	0.11	0.25	0.53	
5	0	13360	1116	0	0	0	-1189	1	0.07	0.15	0.28	
2	100	23075	1861	0	0	-0	-118	1	0.11	0.25	0.03	
5	100	13395	1116	0	0	-0	-73	1	0.07	0.15	0.02	
2	200	23110	1861	0	0	-0	1743	1	0.11	0.25	0.47	
5	200	13430	1116	0	0	-0	1043	1	0.07	0.15	0.25	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

ASTA NUM. 21 NI 42 NF 43 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-2119	-100	0	0	0	234	1	0.01	0.03	0.07	
5	0	-1418	-176	0	0	-0	349	1	0.01	0.02	0.11	
2	106	-2092	-100	0	0	-0	128	1	0.01	0.03	0.04	
5	106	-1390	-176	0	0	-0	162	1	0.01	0.02	0.05	
2	212	-2064	-100	0	0	-0	21	1	0.01	0.03	0.01	
5	212	-1363	-176	0	0	-0	-24	1	0.01	0.02	0.01	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-2119	-0	234	1	0.6509	0.9874	1.0047	--	--	0.05	--	0.12	Snell. 'zx'= 70
5	-1418	-0	349	1	0.6509	1.0240	1.0006	--	--	0.03	--	0.14	Snell. 'zx'= 70

ASTA NUM. 22 NI 40 NF 42 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

2	0	-5689	-145	-1	0	-1	35	1	0.01	0.08	0.01
5	0	-4700	-219	-1	0	-1	82	1	0.02	0.07	0.03
2	106	-5662	-145	-1	0	0	-119	1	0.01	0.08	0.04
5	106	-4673	-219	-1	0	0	-150	1	0.02	0.07	0.05
2	212	-5634	-145	-1	0	1	-272	1	0.01	0.08	0.09
5	212	-4646	-219	-1	0	2	-383	1	0.02	0.07	0.12

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-5689	1	-272	1	0.6509	0.9077	0.9985	--	--	0.13	--	0.22	Snell. 'zx'= 70
5	-4700	2	-383	1	0.6509	0.9372	0.9943	--	--	0.11	--	0.23	Snell. 'zx'= 70

ASTA NUM. 27 NI 30 NF 32 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-20200	134	-1	0	-1	-217	1	0.01	0.30	0.09	
5	0	-13680	81	-0	0	-1	-132	1	0.01	0.20	0.05	
2	106	-20175	134	-1	0	-0	-75	1	0.01	0.30	0.03	
5	106	-13650	81	-0	0	-0	-46	1	0.01	0.20	0.02	
2	212	-20150	134	-1	0	0	67	1	0.01	0.30	0.03	
5	212	-13620	81	-0	0	0	40	1	0.01	0.20	0.01	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-20200	-1	-217	1	0.6509	0.6926	0.9533	--	--	0.46	--	0.52	Snell. 'zx'= 70
5	-13680	-1	-133	1	0.6509	0.8049	0.9702	--	--	0.31	--	0.35	Snell. 'zx'= 70

ASTA NUM. 28 NI 9 NF 30 Lungh. 212.5 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-25560	-324	1	0	1	535	1	0.02	0.28	0.15	
5	0	-16960	-194	1	0	0	318	1	0.01	0.19	0.08	
2	106	-25520	-324	1	0	-0	190	1	0.02	0.28	0.05	
5	106	-16925	-194	1	0	-0	112	1	0.01	0.19	0.03	
2	212	-25480	-324	1	0	-1	-154	1	0.02	0.28	0.04	
5	212	-16890	-194	1	0	-1	-94	1	0.01	0.19	0.02	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-25560	-1	535	1	0.6571	0.6327	0.9551	--	--	0.43	--	0.54	Snell. 'zx'= 69
5	-16960	-1	318	1	0.6571	0.7563	0.9692	--	--	0.28	--	0.35	Snell. 'zx'= 69

ASTA NUM. 29 NI 3 NF 9 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-27050	1877	-1	0	-0	-2000	1	0.11	0.30	0.57	
5	0	-17930	1126	-0	0	-0	-1201	1	0.07	0.20	0.30	
2	100	-27015	1877	-1	0	0	-123	1	0.11	0.30	0.04	
5	100	-17895	1126	-0	0	0	-76	1	0.07	0.20	0.02	
2	200	-26980	1877	-1	0	1	1754	1	0.11	0.30	0.50	
5	200	-17860	1126	-0	0	0	1050	1	0.07	0.20	0.26	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

2	-27050	1	-2000	1	0.6869	0.7577	0.8333	--	--	0.43	--	0.81 Snell. 'zx'=' 65
5	-17930	0	-1201	1	0.6869	0.8363	0.8899	--	--	0.29	--	0.53 Snell. 'zx'=' 65

ASTA NUM. 30 NI 46 NF 3 Lungh. 100.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-31380	-1000	0	0	0	0	1	0.06	0.35	0.00	
5	0	-20580	-601	0	0	0	0	1	0.04	0.23	0.00	
2	50	-31365	-1000	0	0	-0	-500	1	0.06	0.35	0.15	
5	50	-20565	-601	0	0	-0	-301	1	0.04	0.23	0.08	
2	100	-31350	-1000	0	0	-0	-1000	1	0.06	0.35	0.31	
5	100	-20550	-601	0	0	-0	-601	1	0.04	0.23	0.16	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz -----	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
2	-31380	-0	-1000	1	0.9077	0.8635	0.9817	--	--	0.38	--	0.60 Snell.	'zx'=' 33
5	-20580	-0	-601	1	0.9077	0.9105	0.9880	--	--	0.25	--	0.38 Snell.	'zx'=' 33

ASTA NUM. 31 NI 41 NF 44 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-2123	-101	-0	0	0	235	1	0.01	0.03	0.07	
5	0	-1422	-176	-0	0	0	350	1	0.01	0.02	0.11	
2	106	-2096	-101	-0	0	0	128	1	0.01	0.03	0.04	
5	106	-1394	-176	-0	0	0	163	1	0.01	0.02	0.05	
2	212	-2068	-101	-0	0	0	21	1	0.01	0.03	0.01	
5	212	-1367	-176	-0	0	0	-24	1	0.01	0.02	0.01	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz -----	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
2	-2123	0	235	1	0.6509	0.9902	1.0047	--	--	0.05	--	0.12 Snell.	'zx'=' 70
5	-1422	0	350	1	0.6509	1.0250	1.0006	--	--	0.03	--	0.14 Snell.	'zx'=' 70

ASTA NUM. 32 NI 39 NF 41 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-5693	-142	1	0	1	31	1	0.01	0.08	0.01	
5	0	-4705	-216	1	0	1	78	1	0.02	0.07	0.02	
2	106	-5666	-142	1	0	-0	-120	1	0.01	0.08	0.04	
5	106	-4678	-216	1	0	-0	-152	1	0.02	0.07	0.05	
2	212	-5638	-142	1	0	-1	-271	1	0.01	0.08	0.09	
5	212	-4650	-216	1	0	-1	-382	1	0.02	0.07	0.12	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz -----	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
2	-5693	-1	-271	1	0.6509	0.9018	0.9995	--	--	0.13	--	0.22 Snell.	'zx'=' 70
5	-4705	-1	-382	1	0.6509	0.9328	0.9948	--	--	0.11	--	0.23 Snell.	'zx'=' 70

ASTA NUM. 37 NI 29 NF 31 Lungh. 212.5 cm SEZ. 2 Ps HEA 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-20050	139	1	0	1	-222	1	0.01	0.30	0.09	
5	0	-13520	86	0	0	1	-137	1	0.01	0.20	0.05	
2	106	-20025	139	1	0	0	-75	1	0.01	0.30	0.03	

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

5	106	-13495	86	0	0	0	-46	1	0.01	0.20	0.02
2	212	-20000	139	1	0	-1	73	1	0.01	0.30	0.03
5	212	-13470	86	0	0	-0	45	1	0.01	0.20	0.02

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-20050	1	-222	1	0.6509	0.6353	0.9495	--	--	0.46	--	0.52	Snell. 'zx' = 70
5	-13520	1	-137	1	0.6509	0.7398	0.9660	--	--	0.31	--	0.35	Snell. 'zx' = 70

ASTA NUM. 38 NI 8 NF 29 Lungh. 212.5 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-25370	-319	-1	0	-1	530	1	0.02	0.28	0.15	
5	0	-16780	-188	-1	0	-1	313	1	0.01	0.18	0.08	
2	106	-25335	-319	-1	0	0	191	1	0.02	0.28	0.05	
5	106	-16740	-188	-1	0	0	113	1	0.01	0.18	0.03	
2	212	-25300	-319	-1	0	1	-148	1	0.02	0.28	0.04	
5	212	-16700	-188	-1	0	1	-87	1	0.01	0.18	0.02	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-25370	1	530	1	0.6571	0.6354	0.9573	--	--	0.43	--	0.54	Snell. 'zx' = 69
5	-16780	1	313	1	0.6571	0.7589	0.9716	--	--	0.28	--	0.35	Snell. 'zx' = 69

ASTA NUM. 39 NI 2 NF 8 Lungh. 200.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-26840	1883	1	0	0	-2005	1	0.11	0.30	0.57	
5	0	-17710	1132	0	0	0	-1207	1	0.07	0.20	0.30	
2	100	-26805	1883	1	0	-0	-122	1	0.11	0.30	0.04	
5	100	-17675	1132	0	0	-0	-76	1	0.07	0.19	0.02	
2	200	-26770	1883	1	0	-1	1760	1	0.11	0.29	0.50	
5	200	-17640	1132	0	0	-1	1056	1	0.07	0.19	0.26	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-26840	-1	-2005	1	0.6869	0.7835	0.8344	--	--	0.43	--	0.81	Snell. 'zx' = 65
5	-17710	-1	-1207	1	0.6869	0.8645	0.8911	--	--	0.28	--	0.53	Snell. 'zx' = 65

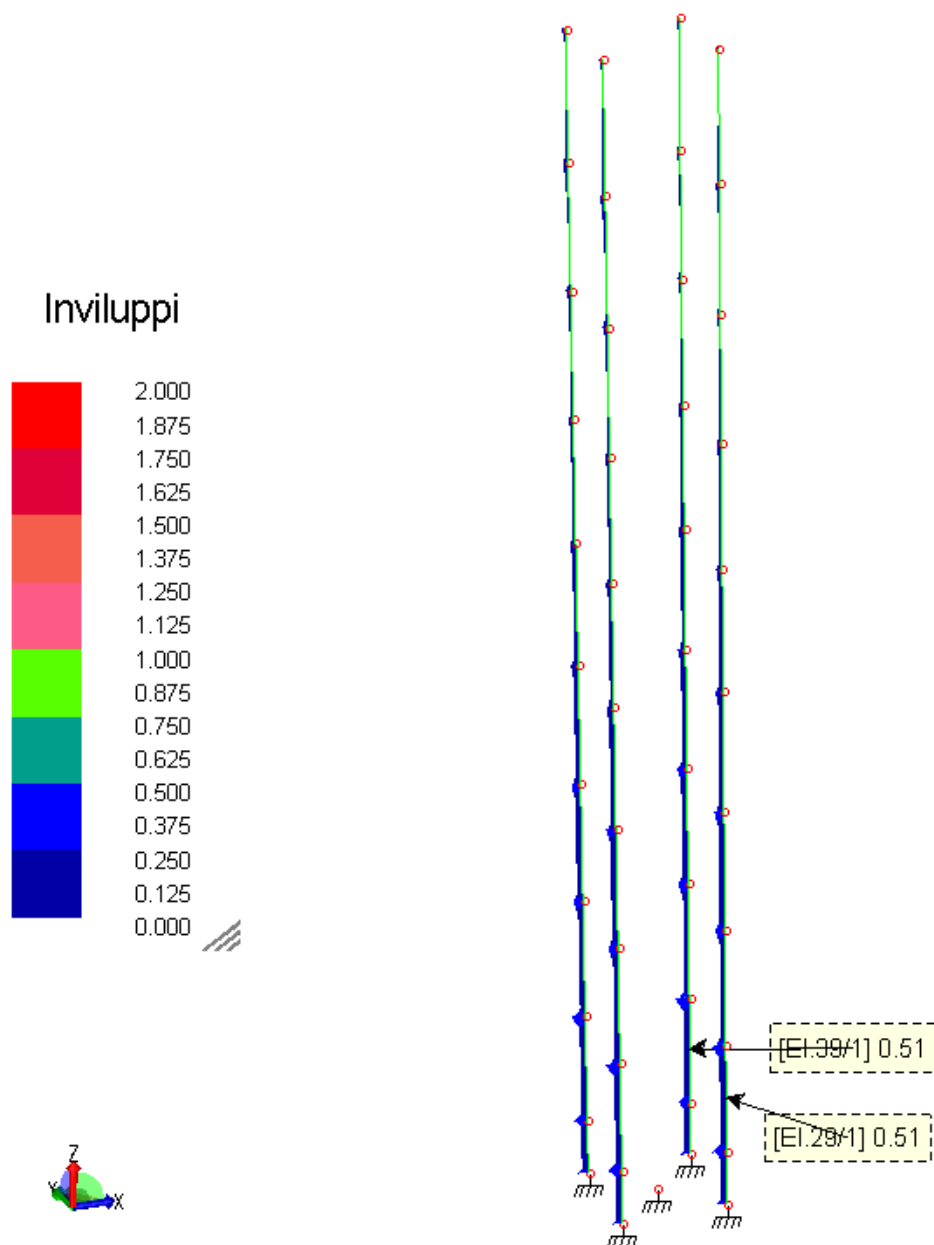
ASTA NUM. 40 NI 45 NF 2 Lungh. 100.0 cm SEZ. 8 Ps HEB 120
Sollecitazioni di calcolo e di verifica Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
2	0	-31140	-994	-0	0	0	0	1	0.06	0.34	0.00	
5	0	-20340	-596	-0	0	0	0	1	0.04	0.22	0.00	
2	50	-31120	-994	-0	0	0	-497	1	0.06	0.34	0.15	
5	50	-20320	-596	-0	0	0	-298	1	0.04	0.22	0.08	
2	100	-31100	-994	-0	0	0	-994	1	0.06	0.34	0.30	
5	100	-20300	-596	-0	0	0	-596	1	0.04	0.22	0.15	

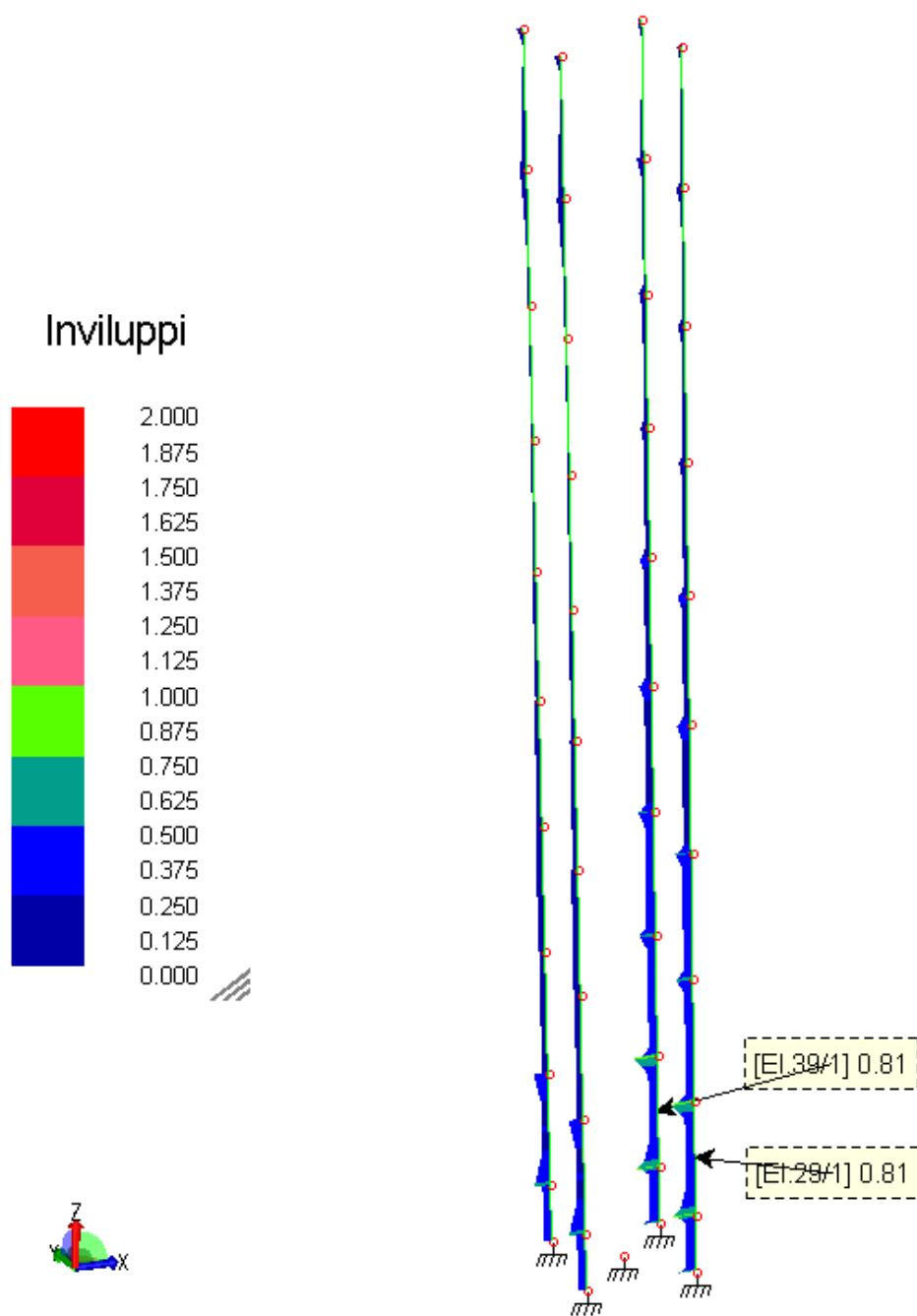
Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-31140	0	-994	1	0.9077	0.8646	0.9819	--	--	0.38	--	0.60	Snell. 'zx' = 33
5	-20340	0	-596	1	0.9077	0.9116	0.9881	--	--	0.25	--	0.38	Snell. 'zx' = 33

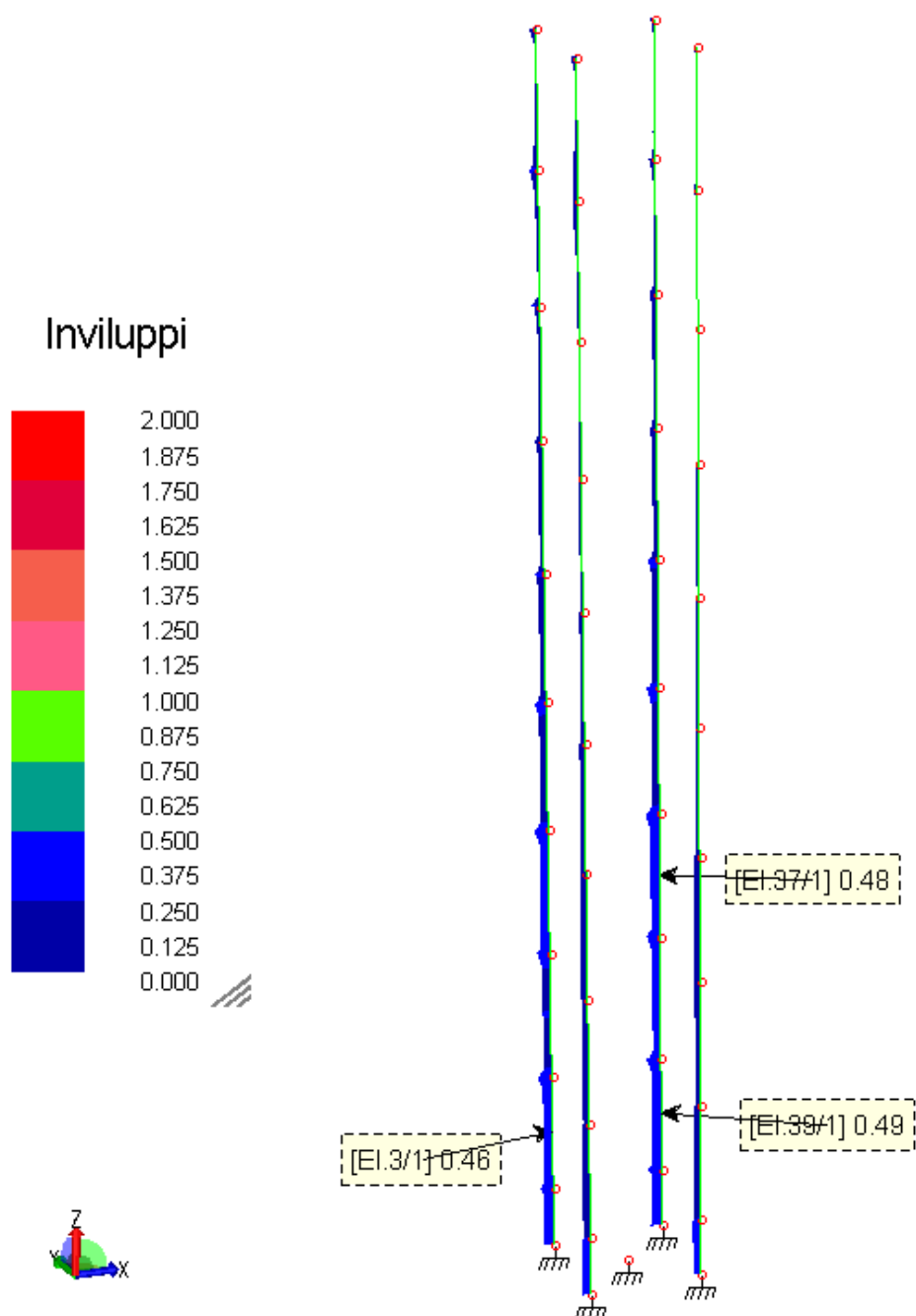
A scopo riepilogativo si riportano gli indici di sfruttamento delle sezioni per i montanti con i vari modelli



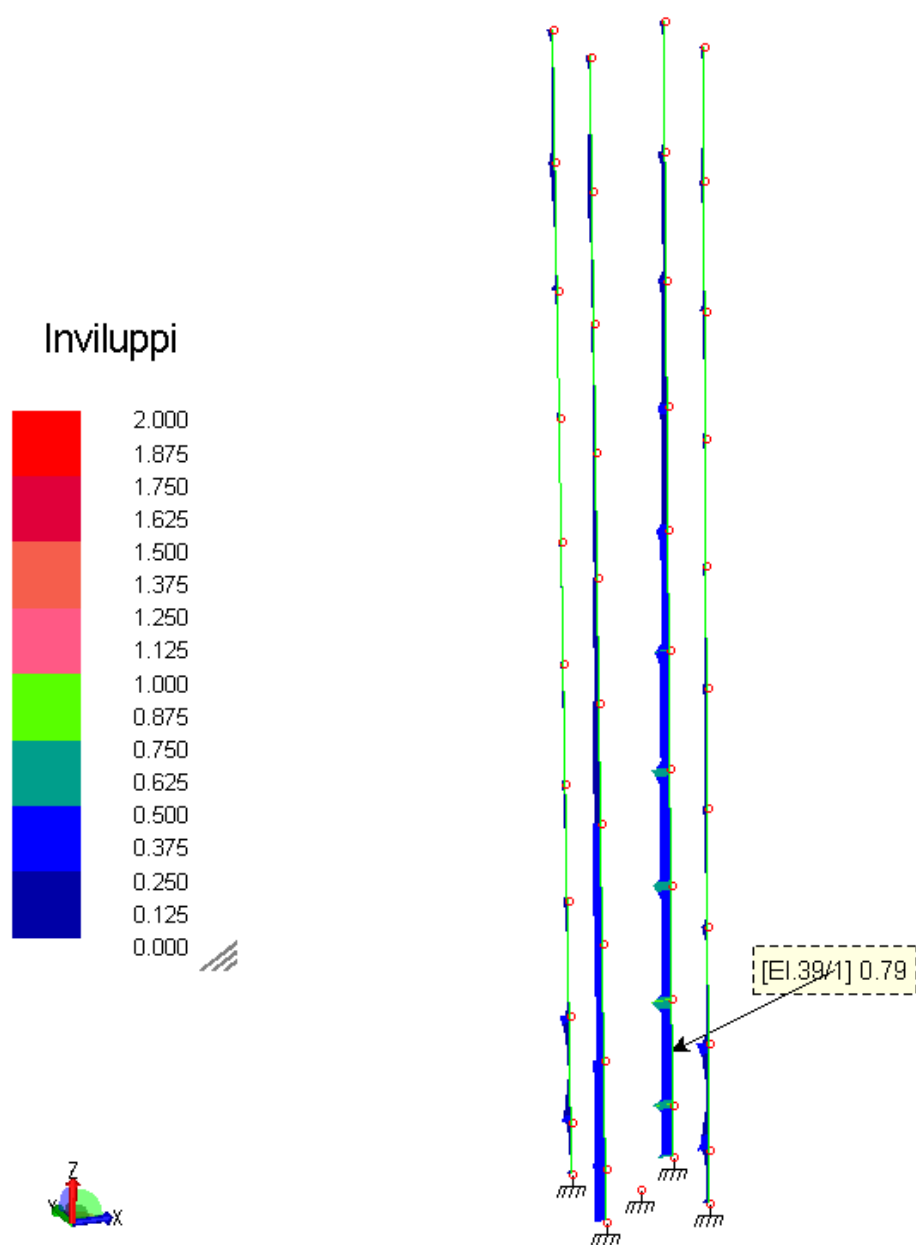
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Indice di sfruttamento delle sezioni



Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Indice di sfruttamento delle sezioni



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Indice di sfruttamento delle sezioni



Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Indice di sfruttamento delle sezioni

5.4 CORRENTI TRALICCIO

I correnti orizzontali del traliccio sono coppie di profilati UNP 65 in acciaio S275 JR nei piani di inerzia debole dei montanti (piani Y-Z nel sistema di riferimento globale del modello) e profili HEA in acciaio S 275 JR nei piani di inerzia forte (piani X-Z nel sistema di riferimento globale del modello). Nel dettaglio si prevedono correnti HEA 120 ai lati dei due campi non controventati e profili HEA 100 nel resto dei casi.

I correnti realizzati con 2 UNP 65 in acciaio S275 JR, essendo schematizzati come bielle articolate senza carichi diretti, pertanto soggetti solo a sforzo normale di compressione o di trazione, si verificano come aste reticolari, con lunghezze di libera inflessione in tutti i piani pari alla luce, con la tabella di verifica seguente :

Tipo elemento: Reticolari per travi e pilastri Unità di misura tensioni: kg/cm²=daN/cm²

Retic. travi-pilastri EC3

Tabella: Correnti UNP Modifica...

Struttura: Nuova Fatt. confidenza: 1.5

Classe: S 275 ...

Coeff. riduzione sezione:

Tipo asta: Semplice

Interasse: 10 [cm]

Criterio determinaz. lunghezza:

β_{yx} : 1

β_{zx} : 1

I correnti realizzati con profili HEA 120 e HEA 100 in acciaio S275 JR, essendo schematizzati come incastrati ai montanti, si verificano come travi appartenenti a telai, con lunghezze di libera inflessione in tutti i piani pari alla luce, con la tabella di verifica seguente :

Tipo elemento: Travi Unità di misura tensioni: kg/cm²=daN/cm²

Travi EC3

Tabella: Correnti HEA Modifica...

Struttura: Nuova Fatt. confidenza: 1

Classe: S 275 ...

Dimensionamento a torsione: No

Instabilità flesso torsionale: No Comb. perm.+var.: No

Coeff. k: 1 Coeff. kw: 1

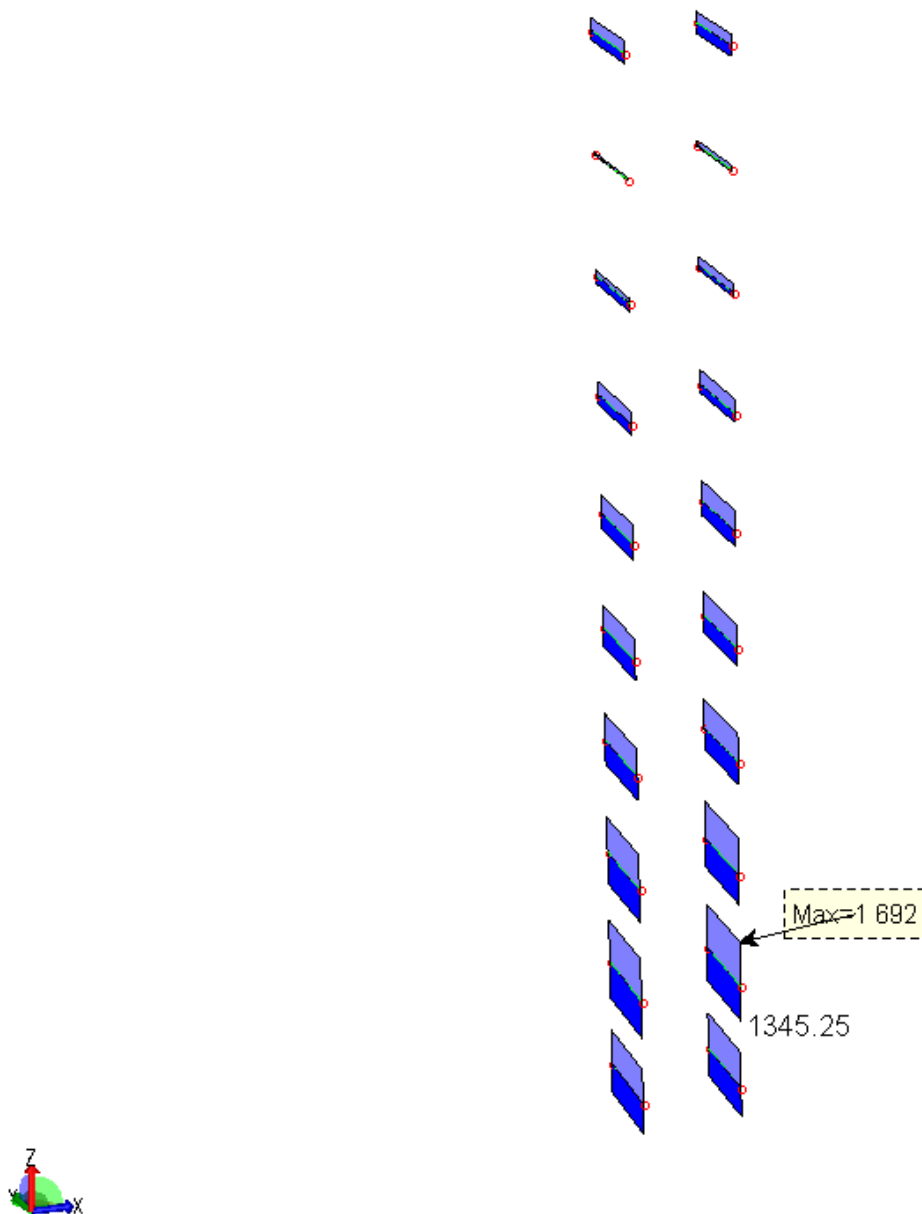
Posizione carico: All' estradosso

Numero scansioni: 10

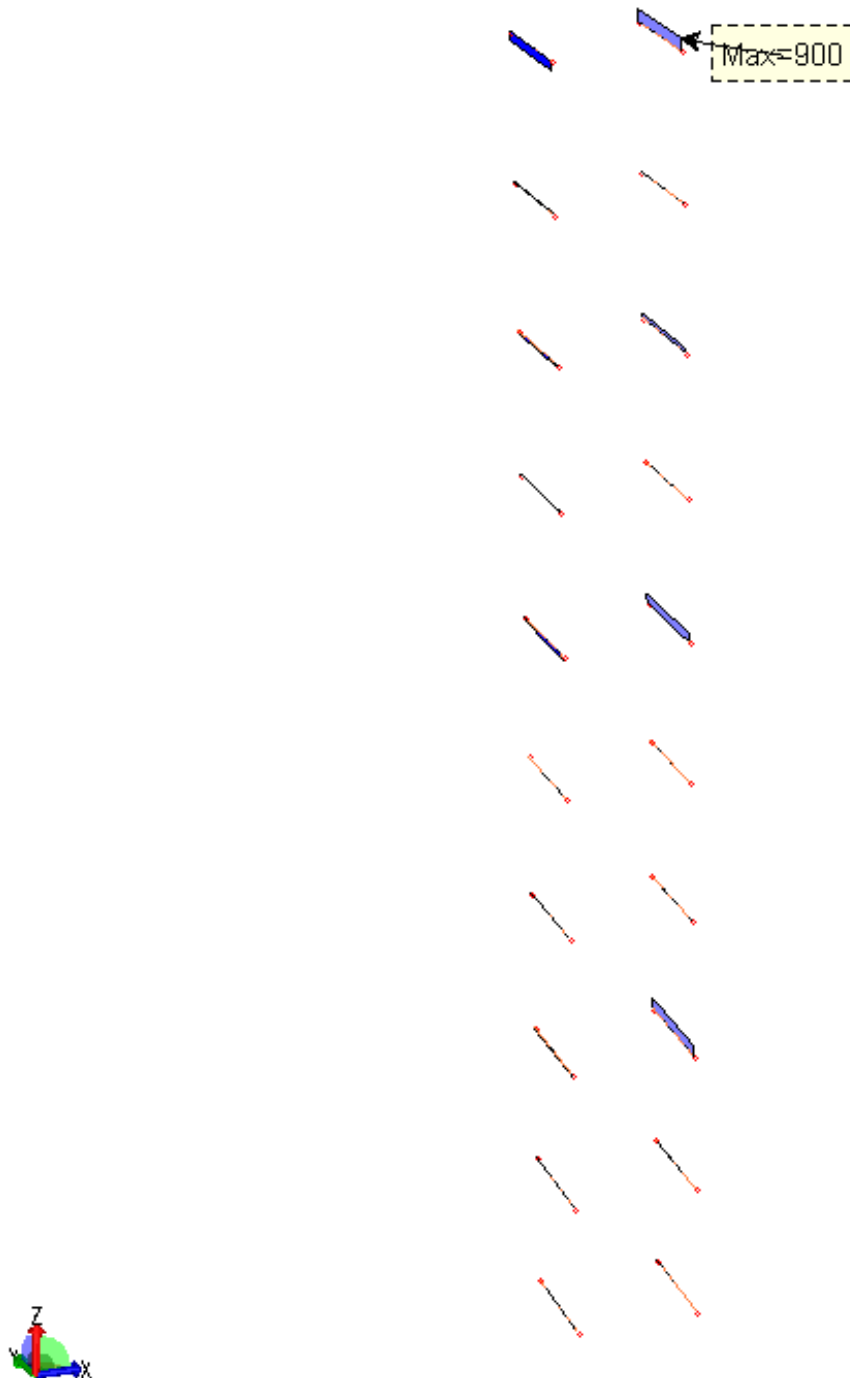
Tipo verifica: Resistenza e stabilità

β_{yx} : 1 β_{zx} : 1

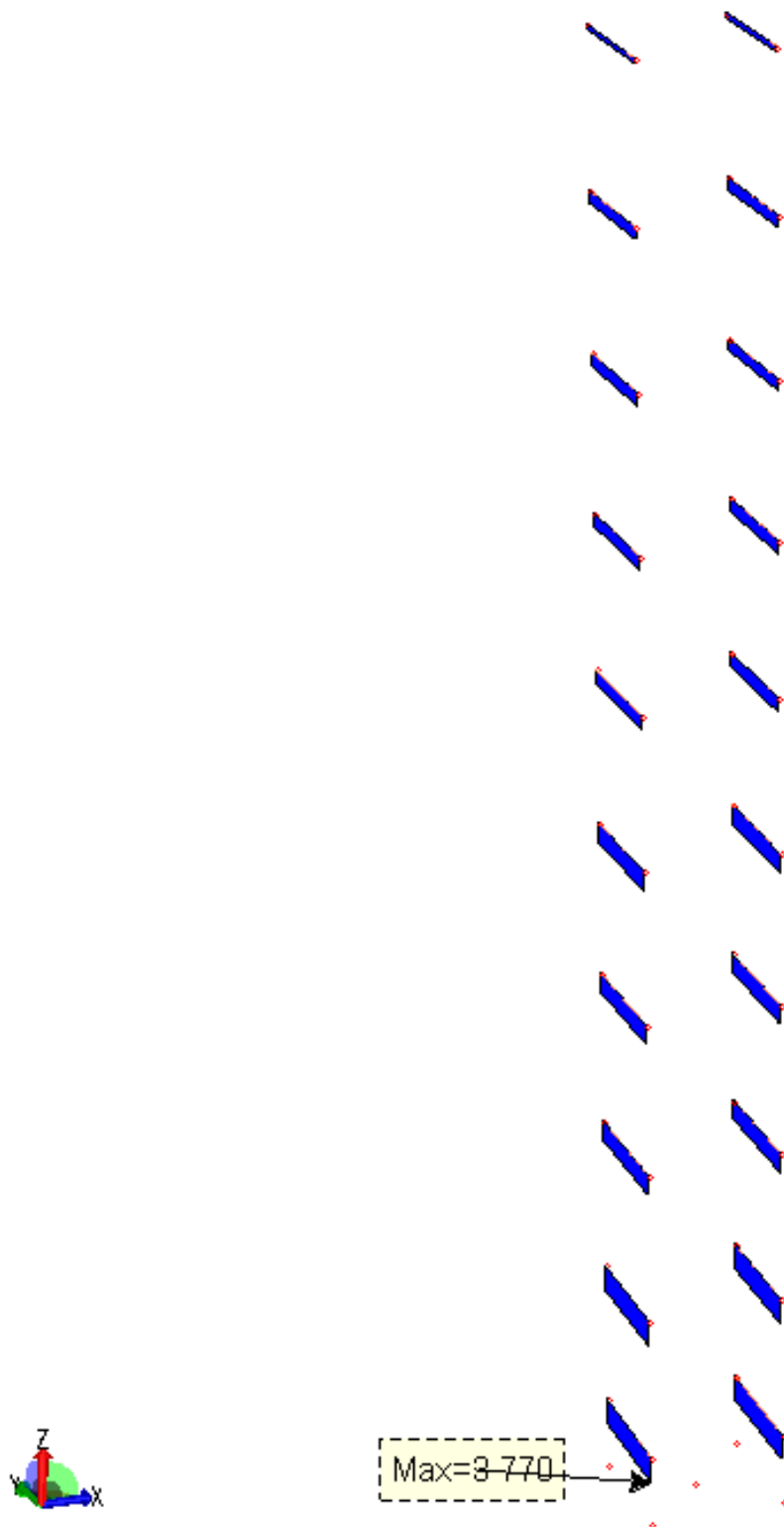
Si riportano quindi i diagrammi involuppo dello sforzo normale relativi ai soli correnti 2 UNP 65 con i quattro modelli di calcolo:



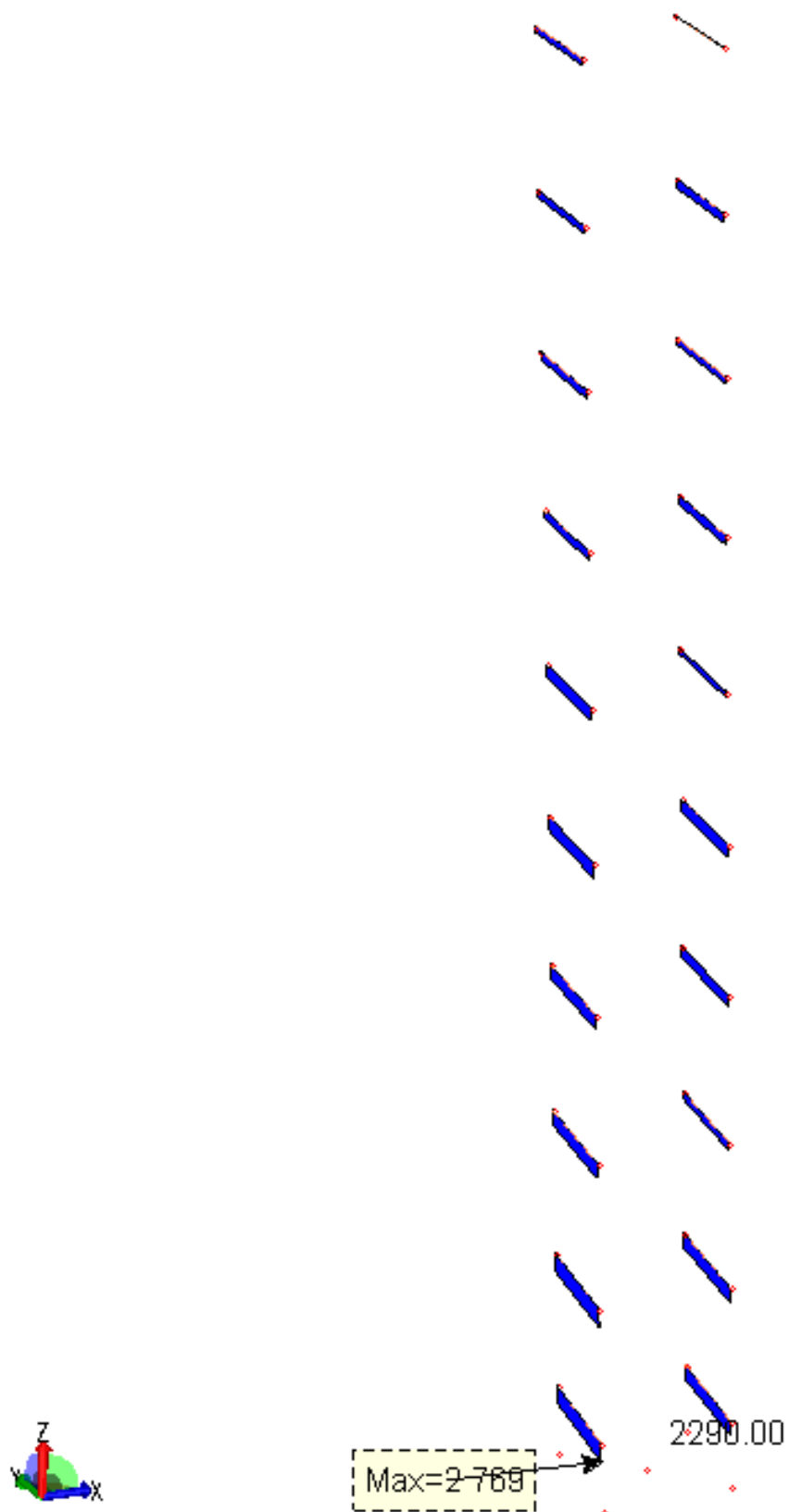
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Inviluppo Sforzo Normale F_x Correnti 2 UNP 65



Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti 2 UNP 65

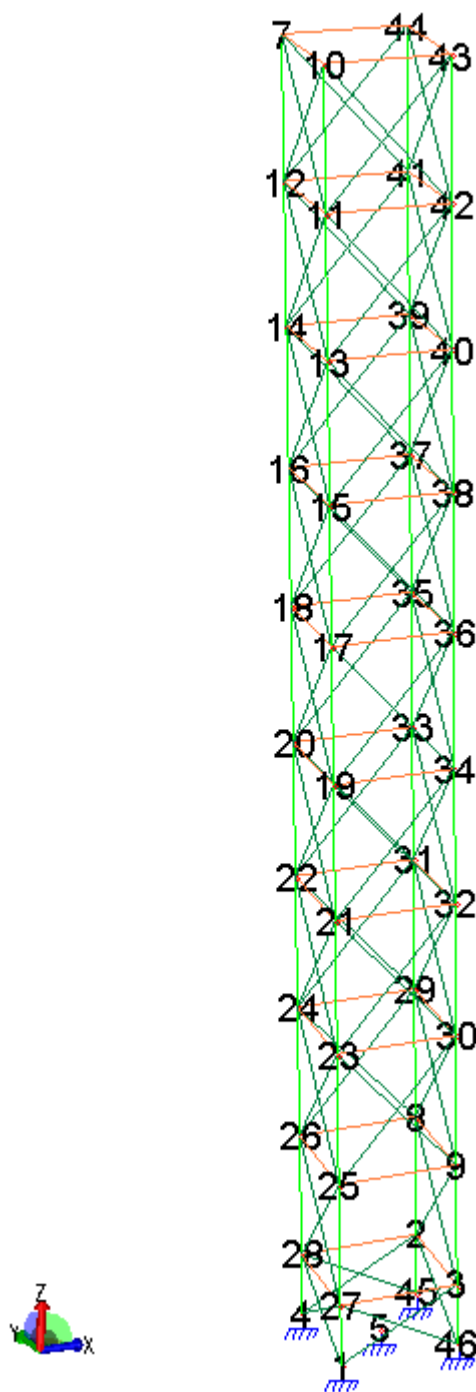


Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti 2 UNP 65



Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti 2 UNP 65

Per quanto riguarda i correnti 2 UNP 65 le massime sollecitazioni si hanno con il modello Vento +Y con la combinazione 3. Premettendo la numerazione dei nodi si riportano i tabulati di verifica dei correnti più sollecitati.



Numerazione nodi

Lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento +Y** Intestazione lavoro: **Traliccio Mr PET 02 Vento +Y**
 Elemento: **TRAVE** Metodo di verifica: **Eurocodice 3 - NTC 2018**
 Gruppo: **2** Descrizione: **Correnti**
 Tabella: **Tabella travi** Struttura: **Nuova**
 Tipo acciaio: **S 235** Beta piano 'yx': **1.000** Beta piano 'zx': **1.000**
 Tipologia sismica: **Senza prescrizioni aggiuntive**
 γ_{M0} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** γ_{M1} : **1.050** γ_{M2} : **1.250** γ_{rv} : **0.000** γ_{M0} Pf: **1.000** γ_{M1} Pf: **1.000**
 Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1 NI 27 NF 28 Lungh. 184.0 cm SEZ. 3 Pd U 65X 42 Dist.= 0.8 cm ali esterne

categoria: p.p. y qy tot.
 qy medio: 0.1418 0.1418 daN/cm
 Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
3	0	-3770	17	0	0	0	0	1	0.00	0.09	0.09	
3	92	-3770	0	0	0	0	8	1	0.00	0.09	0.10	
3	184	-3770	-17	0	0	0	0	1	0.00	0.09	0.09	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
3	-3770	0	8	1	0.6016	1.4152	1.1217	--	--	0.15	--	0.16	Snell. 'zx'= 83

ASTA NUM. 20 NI 3 NF 2 Lungh. 184.0 cm SEZ. 3 Pd U 65X 42 Dist.= 0.8 cm ali esterne

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1418 0.1418 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

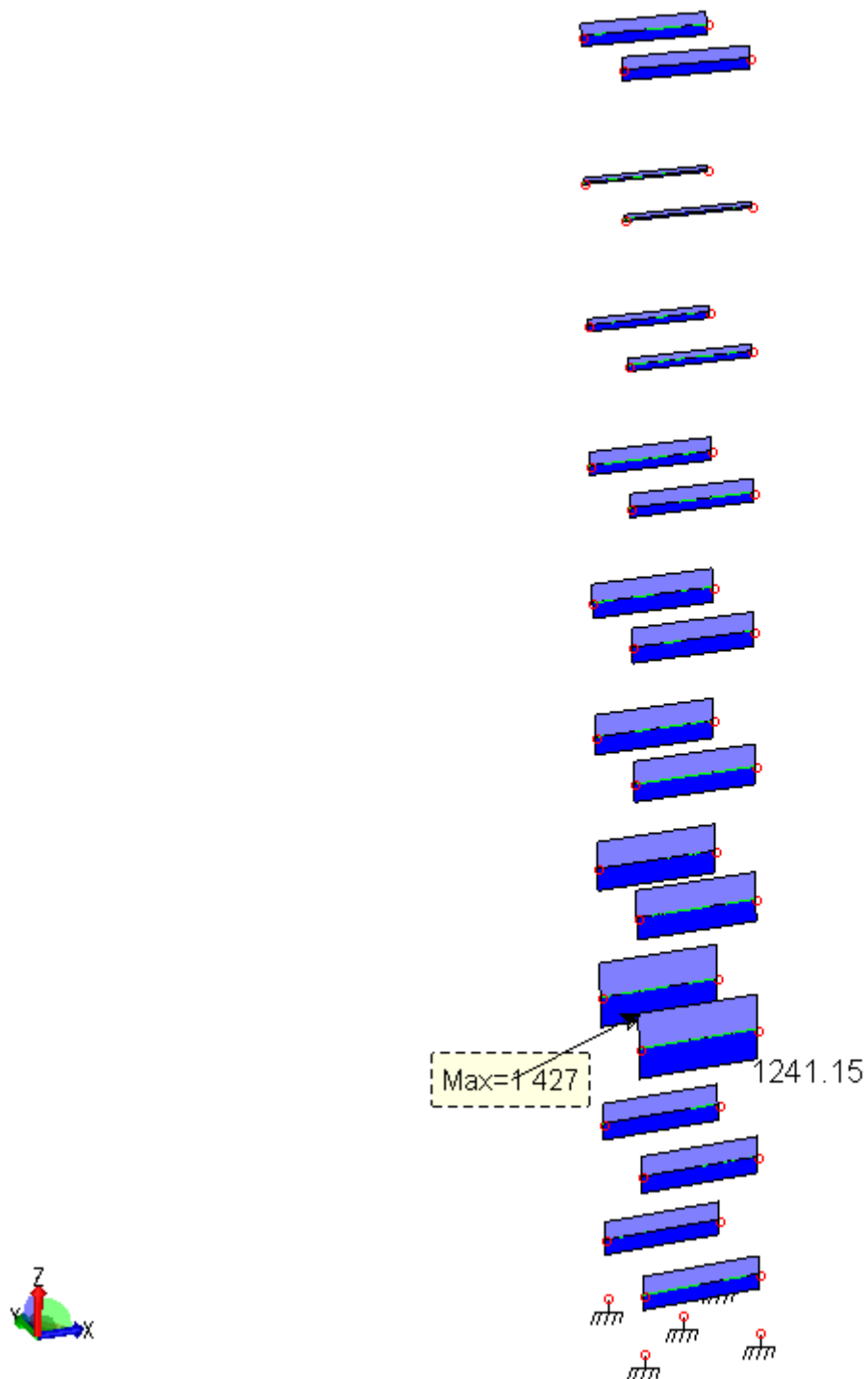
Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
3	0	-3764	17	0	0	0	0	1	0.00	0.09	0.09	
3	92	-3764	0	-0	0	0	8	1	0.00	0.09	0.10	
3	184	-3764	-17	-0	0	0	0	1	0.00	0.09	0.09	

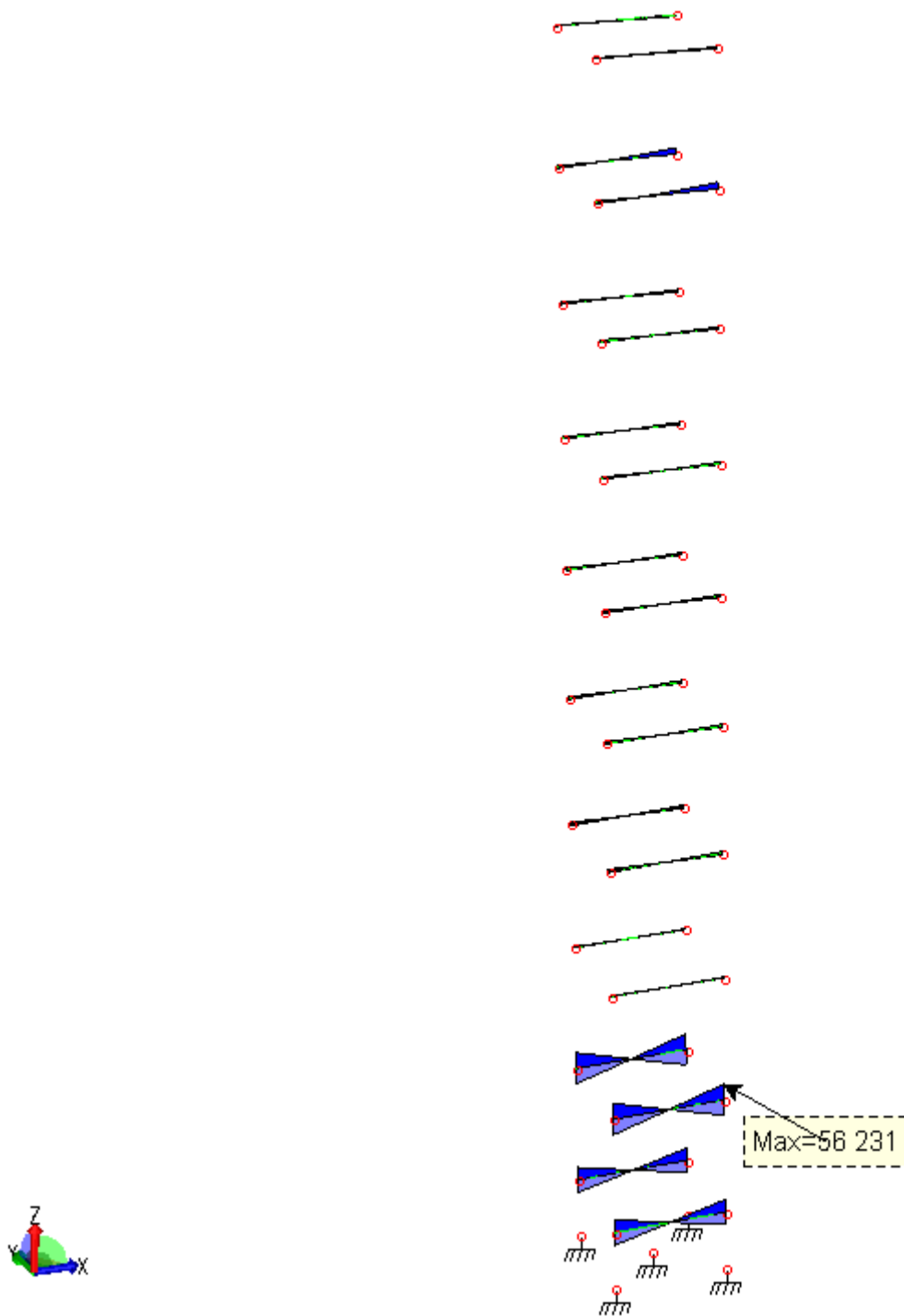
Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
3	-3764	0	8	1	0.6016	1.0773	1.1215	--	--	0.15	--	0.16	Snell. 'zx'= 83

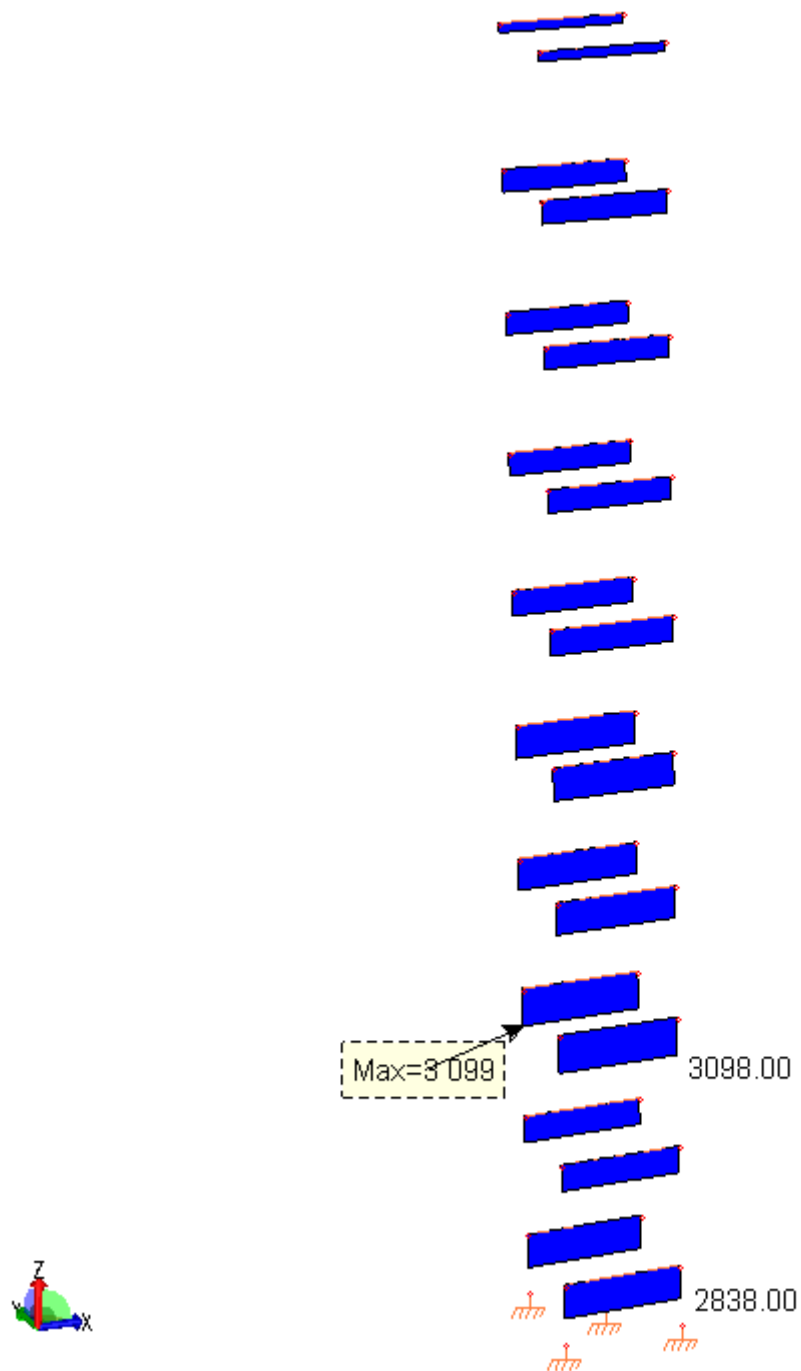
Allo stesso modo si riportano i diagrammi inviluppo dello sforzo normale e del momento flettente M_z relativi ai soli correnti HEA 120 e HEA 100 con i quattro modelli di calcolo:



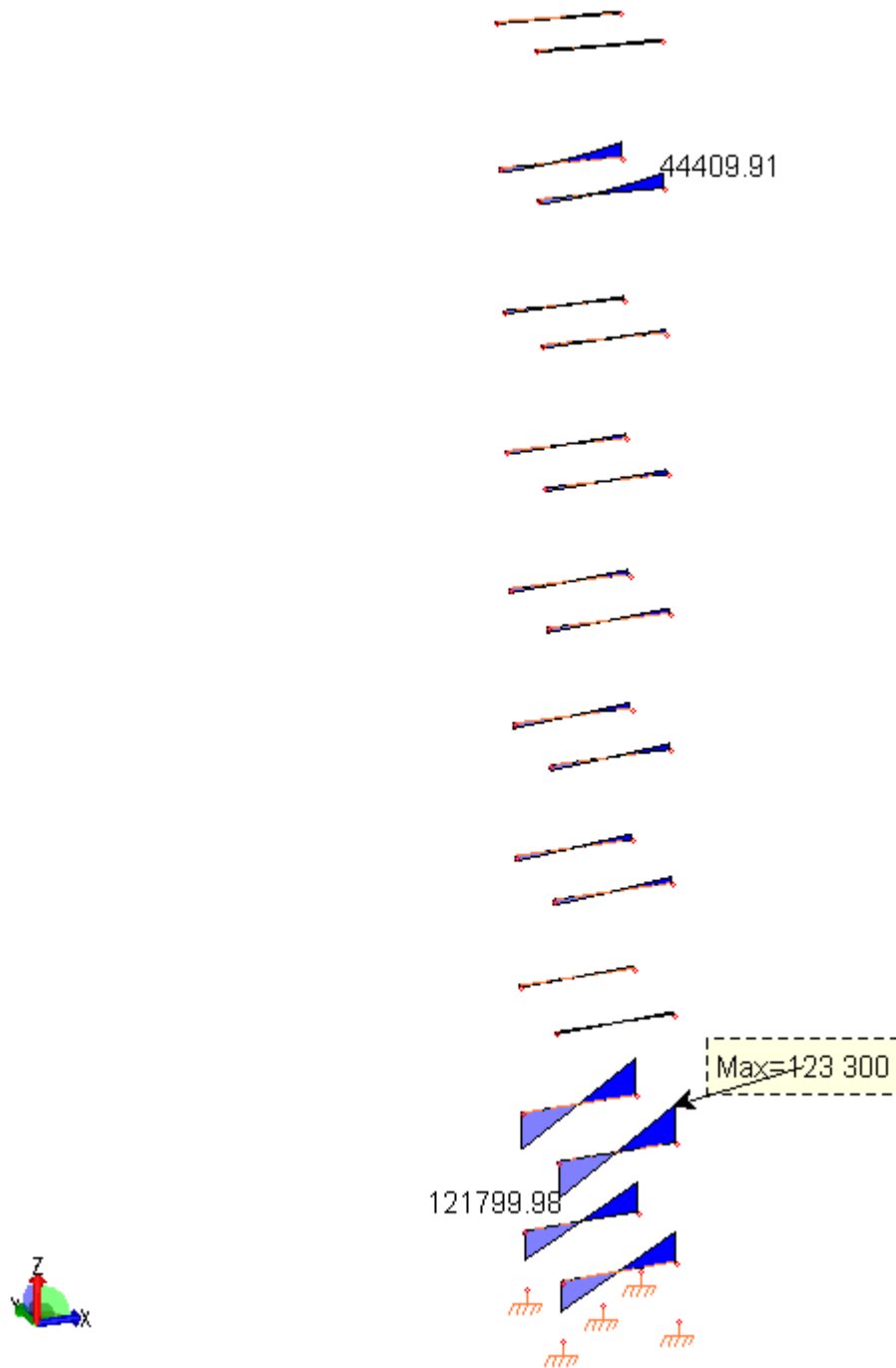
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Involuppo Sforzo Normale F_x Correnti HEA



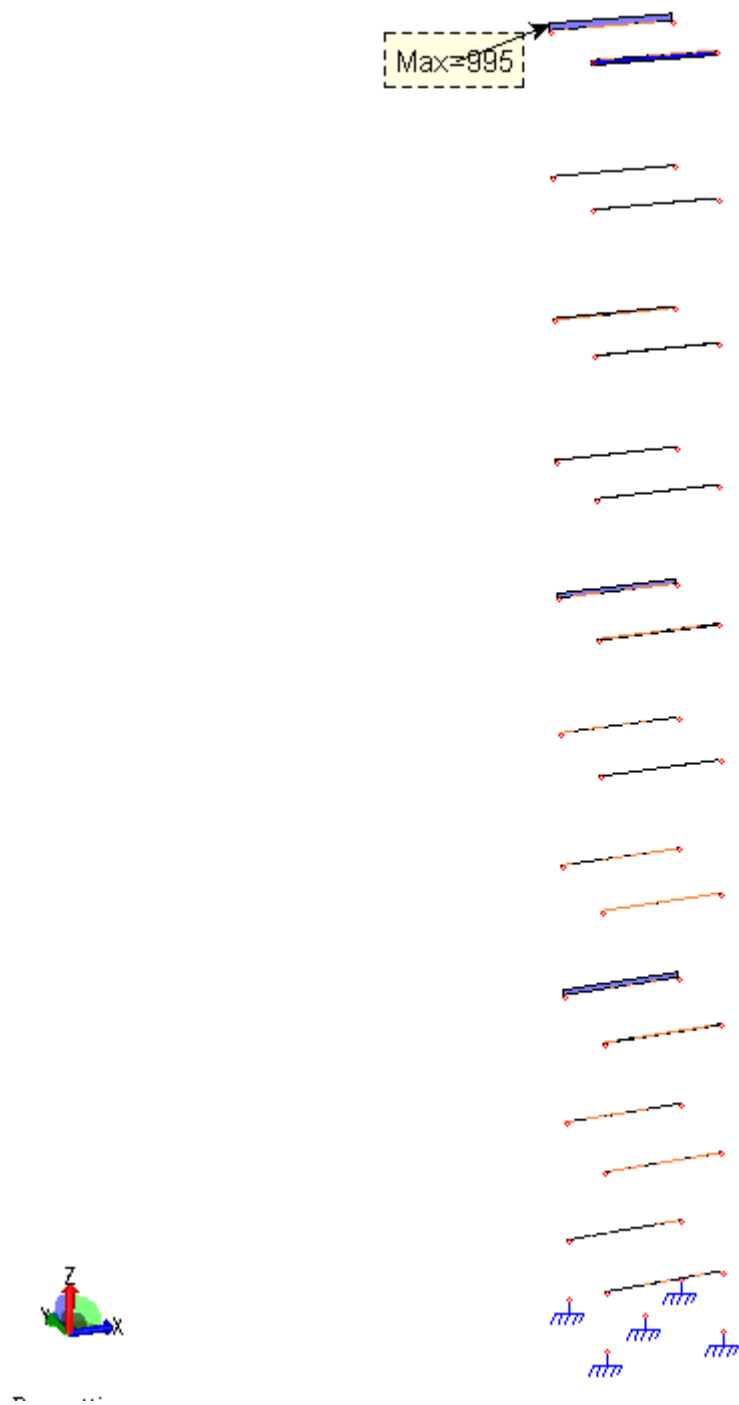
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Involuppo Momento flettente M_z Correnti HEA



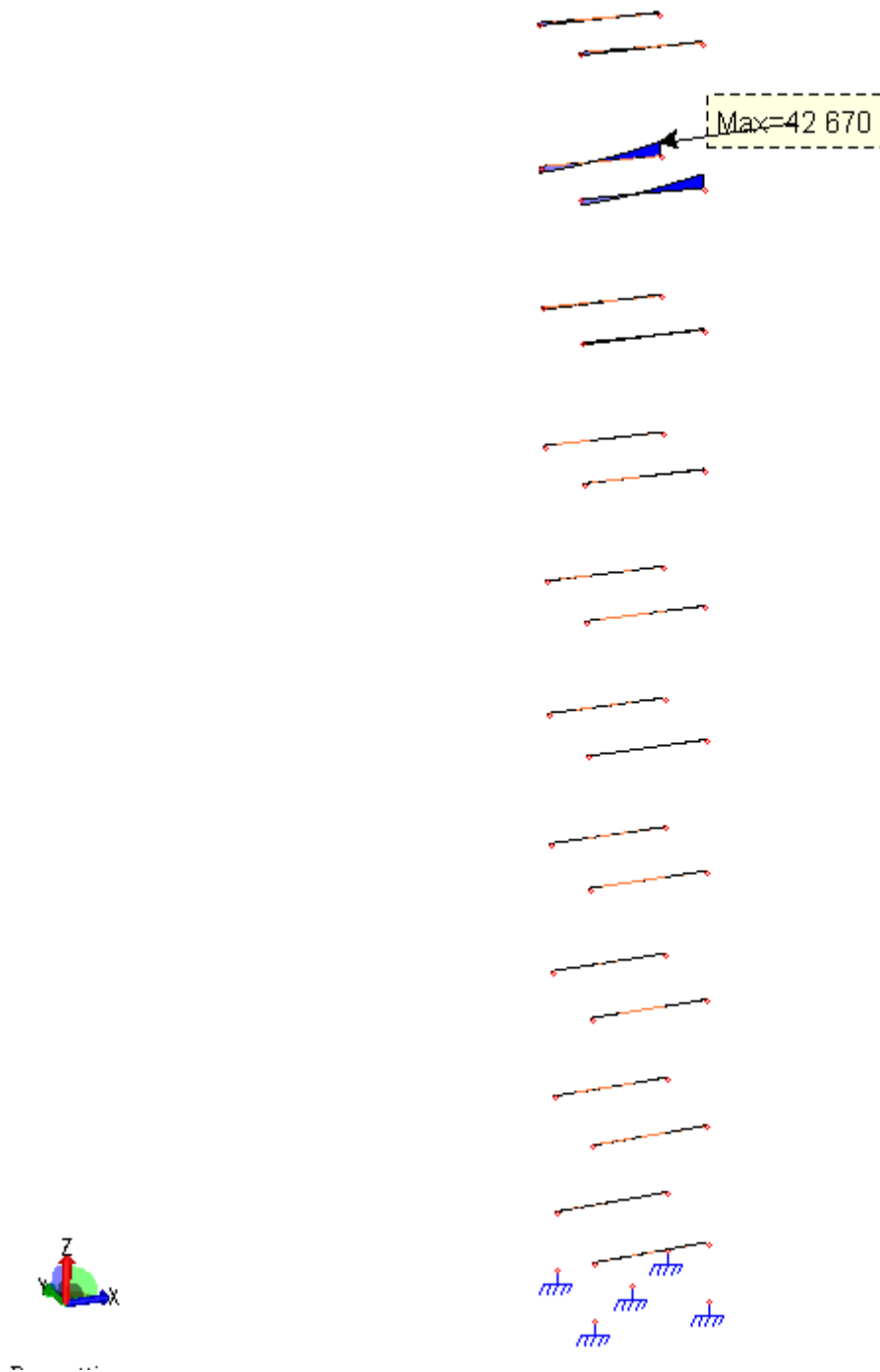
Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti HEA



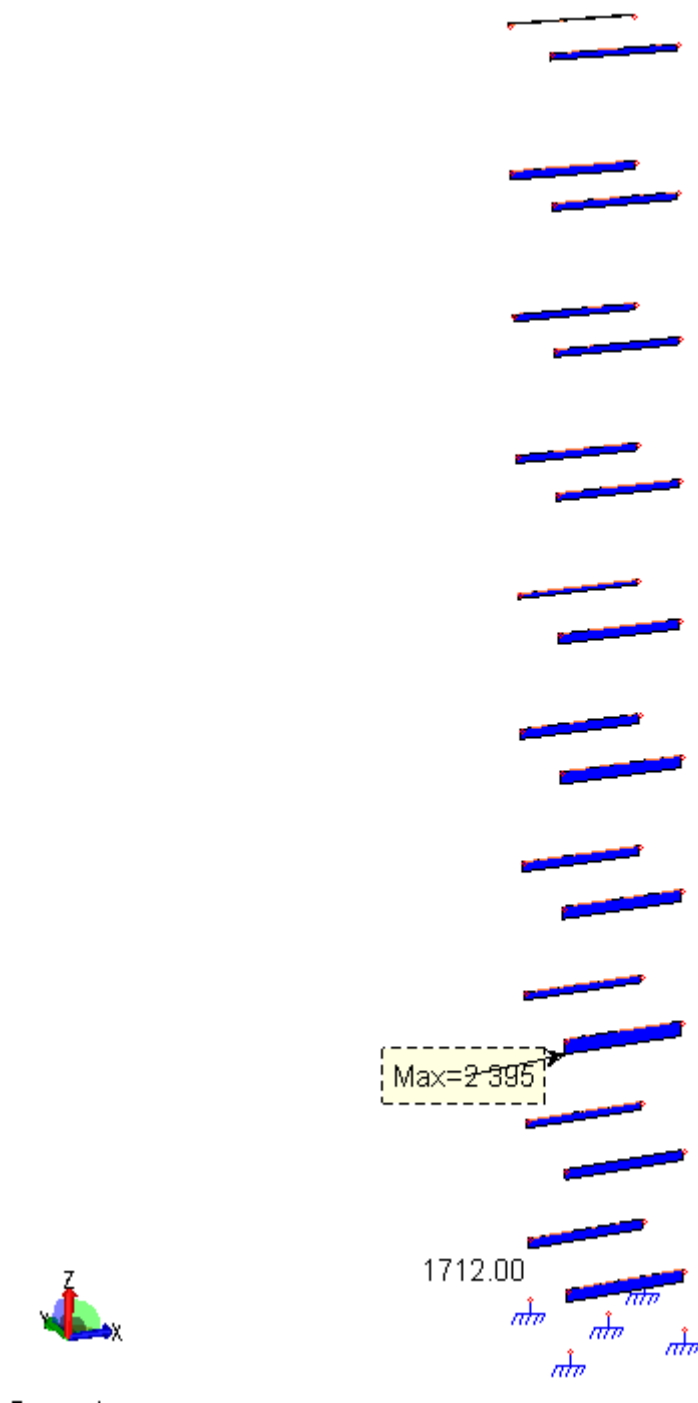
Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Momento flettente M_z Correnti HEA



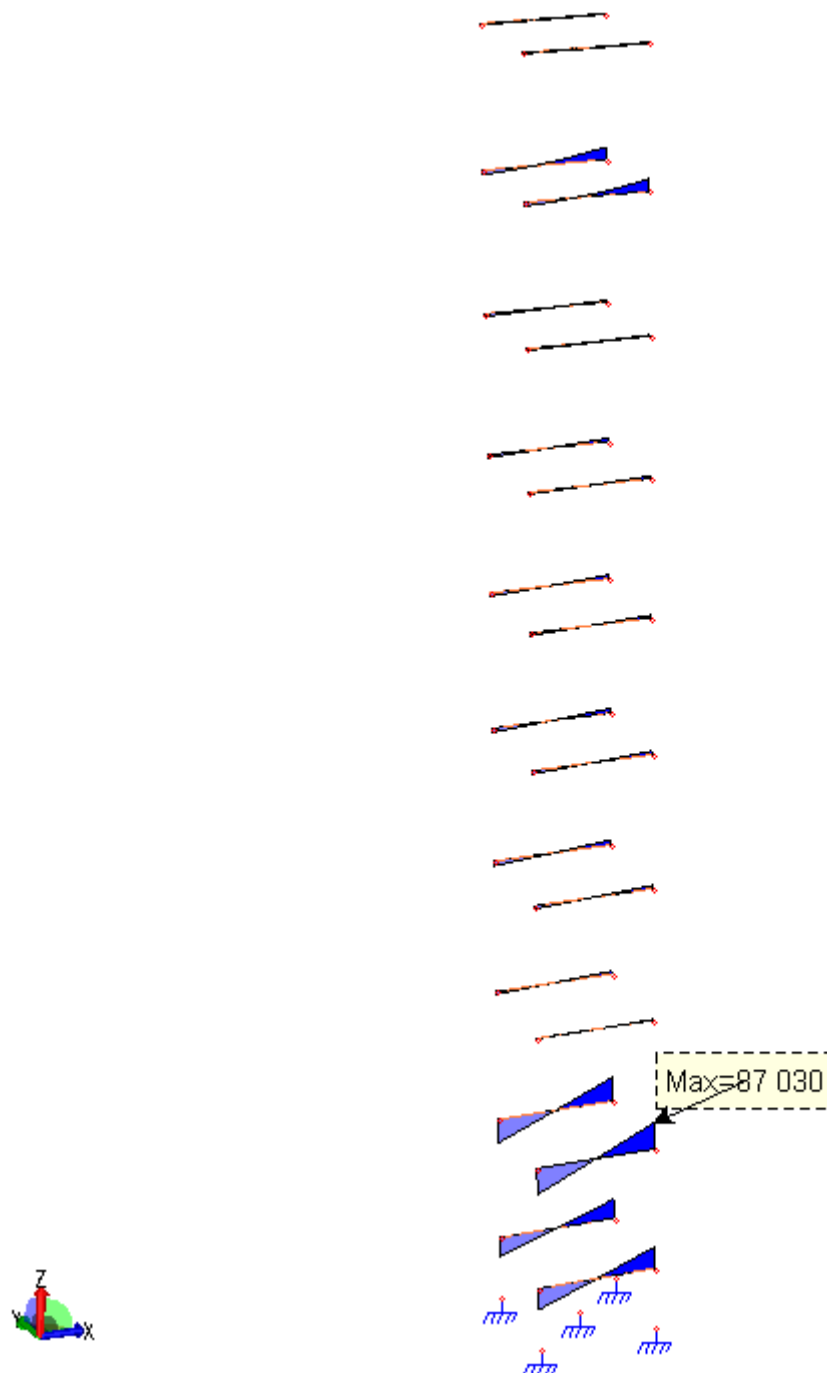
Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti HEA



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Momento flettente M_z Correnti HEA



Modello vento +Y per combinazione 4 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Correnti HEA



Modello vento +Y per combinazione 4 statica – Involuppo Momento flettente M_z Correnti HEA

Come prevedibile per i correnti HEA le massime sollecitazioni si hanno con il modello Vento +X con le combinazioni 2-5. Si riportano i tabulati di verifica di tutti i n° 4 correnti HEA 120 ai lati dei campi non controventati e dei correnti HEA 100 più sollecitati che risultano per lo sforzo normale quelli più in basso (q. +5,17m) e per il momento flettente quelli al livello delle mensole del ballatoio a q. +18,00 m.

Lavoro:	Traliccio Mr PET 02 Vento +X	Intestazione lavoro:	Traliccio Mr PET 02 Vento +X
Elemento:	TRAVE	Metodo di verifica:	Eurocodice 3 - NTC 2018
Gruppo:	2	Descrizione:	Correnti
Tabella:	Tabella travi	Struttura:	Nuova
Tipo acciaio:	S 235	Beta piano 'yx':	1.000
Tipologia sismica:	Senza prescrizioni aggiuntive	Beta piano 'zx':	1.000
γ_{M0} :	1.050	γ_{M1} :	1.050
γ_{M1}' :	1.050	γ_{M2} :	1.250
γ_{rv} :	0.000	γ_{M0} Pf:	1.000
		γ_{M1} Pf:	1.000

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

Tipo collegamento: **saldato** Connessione su un solo lato Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 21 NI 27 NF 3 Lungh. 184.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 120

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1986 0.1986 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-2838	-1074	0	0	0	1006	1	0.10	0.05	0.37	
5	0	-1705	-638	0	0	0	603	1	0.06	0.03	0.22	
2	92	-2838	-1098	0	0	0	7	1	0.10	0.05	0.00	
5	92	-1705	-662	0	0	0	6	1	0.06	0.03	0.00	
2	184	-2838	-1122	0	0	-0	-1014	1	0.10	0.05	0.37	
5	184	-1705	-685	0	0	-0	-614	1	0.06	0.03	0.23	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-2838	0	-1014	1	0.7525	0.9440	0.9736	--	--	0.07	--	0.43 Snell.	'zx'=' 61
5	-1705	0	-614	1	0.7525	0.9664	0.9844	--	--	0.04	--	0.26 Snell.	'zx'=' 61

ASTA NUM. 22 NI 25 NF 9 Lungh. 184.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 120

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1986 0.1986 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-2206	-1308	-0	0	-0	1218	1	0.12	0.04	0.45	
5	0	-1324	-780	-0	0	-0	732	1	0.07	0.02	0.27	
2	92	-2206	-1332	-0	0	-0	3	1	0.12	0.04	0.00	
5	92	-1324	-803	-0	0	-0	4	1	0.07	0.02	0.00	
2	184	-2206	-1356	-0	0	0	-1233	1	0.12	0.04	0.45	
5	184	-1324	-827	-0	0	0	-746	1	0.07	0.02	0.27	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-2206	-0	-1233	1	0.7525	0.9565	0.9795	--	--	0.05	--	0.49 Snell.	'zx'=' 61
5	-1324	-0	-746	1	0.7525	1.0601	0.9879	--	--	0.03	--	0.30 Snell.	'zx'=' 61

ASTA NUM. 23 NI 23 NF 30 Lungh. 184.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1664 0.1664 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
2	0	-3098	-57	-0	0	-0	65	1	0.01	0.06	0.03	
5	0	-1858	-31	-0	0	-0	41	1	0.00	0.04	0.02	
2	92	-3098	-77	-0	0	-0	4	1	0.01	0.06	0.00	
5	92	-1858	-51	-0	0	-0	3	1	0.01	0.04	0.00	
2	184	-3098	-97	-0	0	0	-77	1	0.01	0.06	0.04	
5	184	-1858	-71	-0	0	0	-52	1	0.01	0.04	0.03	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
2	-3098	-0	-77	1	0.6704	0.9181	0.9687	--	--	0.10	--	0.13 Snell.	'zx'=' 73
5	-1858	-0	-52	1	0.6704	1.1432	0.9847	--	--	0.06	--	0.08 Snell.	'zx'=' 73

ASTA NUM. 29 NI 11 NF 42 Lungh. 184.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.

qy medio: 0.1664 0.2100 1.4000 1.7764 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							

VMC Costruzioni Metalliche – Ing. Livio Catalani

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
<hr/>												
2	0	-1704	-115	-1	0	-1	150	1	0.01	0.04	0.08	
5	0	-1124	-71	-0	0	-1	124	1	0.01	0.02	0.07	
<hr/>												
2	92	-1704	-295	-1	0	-0	-39	1	0.03	0.04	0.02	
5	92	-1124	-309	-0	0	-0	-50	1	0.03	0.02	0.03	
<hr/>												
2	184	-1704	-475	-1	0	0	-394	1	0.05	0.04	0.21	
5	184	-1124	-547	-0	0	0	-444	1	0.06	0.02	0.23	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
--	daN	daN*m	daN*m										
<hr/>													
2	-1704	-1	-394	1	0.6704	0.9626	0.9981	--	--	0.05	--	0.26	Snell. 'zx'=' 73
5	-1124	-1	-444	1	0.6704	0.9746	0.9999	--	--	0.03	--	0.27	Snell. 'zx'=' 73

ASTA NUM. 32 NI 12 NF 41 Lungh. 184.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y Permanente Domestici qy tot.

qy medio: 0.1664 0.2100 1.4000 1.7764 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
<hr/>												
2	0	-1707	-115	1	0	1	150	1	0.01	0.04	0.08	
5	0	-1127	-71	0	0	1	125	1	0.01	0.02	0.07	
<hr/>												
2	92	-1707	-296	1	0	0	-39	1	0.03	0.04	0.02	
5	92	-1127	-309	0	0	0	-50	1	0.03	0.02	0.03	
<hr/>												
2	184	-1707	-476	1	0	-0	-394	1	0.05	0.04	0.21	
5	184	-1127	-548	0	0	-0	-445	1	0.06	0.02	0.23	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
--	daN	daN*m	daN*m										
<hr/>													
2	-1707	1	-394	1	0.6704	0.9623	0.9981	--	--	0.05	--	0.26	Snell. 'zx'=' 73
5	-1127	1	-445	1	0.6704	0.9744	0.9999	--	--	0.03	--	0.27	Snell. 'zx'=' 73

ASTA NUM. 38 NI 24 NF 29 Lungh. 184.0 cm SEZ. 5 Ps HEA 100

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1664 0.1664 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
<hr/>												
2	0	-3099	-55	0	0	0	64	1	0.01	0.06	0.03	
5	0	-1860	-29	0	0	0	40	1	0.00	0.04	0.02	
<hr/>												
2	92	-3099	-75	0	0	-0	4	1	0.01	0.06	0.00	
5	92	-1860	-49	0	0	-0	4	1	0.00	0.04	0.00	
<hr/>												
2	184	-3099	-95	0	0	-0	-74	1	0.01	0.06	0.04	
5	184	-1860	-69	0	0	-0	-50	1	0.01	0.04	0.03	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
--	daN	daN*m	daN*m										
<hr/>													
2	-3099	-0	-74	1	0.6704	1.2389	0.9683	--	--	0.10	--	0.13	Snell. 'zx'=' 73
5	-1860	-0	-50	1	0.6704	1.1434	0.9845	--	--	0.06	--	0.08	Snell. 'zx'=' 73

ASTA NUM. 39 NI 26 NF 8 Lungh. 184.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 120

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1986 0.1986 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
--	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
<hr/>												
2	0	-2207	-1306	0	0	0	1217	1	0.12	0.04	0.45	
5	0	-1325	-778	0	0	0	731	1	0.07	0.02	0.27	

2	92	-2207	-1330	0	0	0	4	1	0.12	0.04	0.00
5	92	-1325	-801	0	0	0	4	1	0.07	0.02	0.00
2	184	-2207	-1354	0	0	-0	-1230	1	0.12	0.04	0.45
5	184	-1325	-825	0	0	-0	-744	1	0.07	0.02	0.27

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										
2	-2207	0	-1230	1	0.7525	0.9564	0.9795	--	--	0.05	--	0.49	Snell. 'zx'= 61
5	-1325	0	-744	1	0.7525	0.9739	0.9878	--	--	0.03	--	0.30	Snell. 'zx'= 61

ASTA NUM. 40 NI 28 NF 2 Lungh. 184.0 cm SEZ. 2 Ps HEA 120

categoria: p.p. y qy tot.

qy medio: 0.1986 0.1986 daN/cm

Sollecitazioni di calcolo e di verifica

Indici <= 1 : VERIFICATO

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
2	0	-2839	-1072	-0	0	-0	1005	1	0.10	0.05	0.37	
5	0	-1706	-636	-0	0	-0	602	1	0.06	0.03	0.22	
2	92	-2839	-1096	-0	0	0	8	1	0.10	0.05	0.00	
5	92	-1706	-660	-0	0	0	6	1	0.06	0.03	0.00	
2	184	-2839	-1120	-0	0	0	-1011	1	0.10	0.05	0.37	
5	184	-1706	-683	-0	0	0	-611	1	0.06	0.03	0.22	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

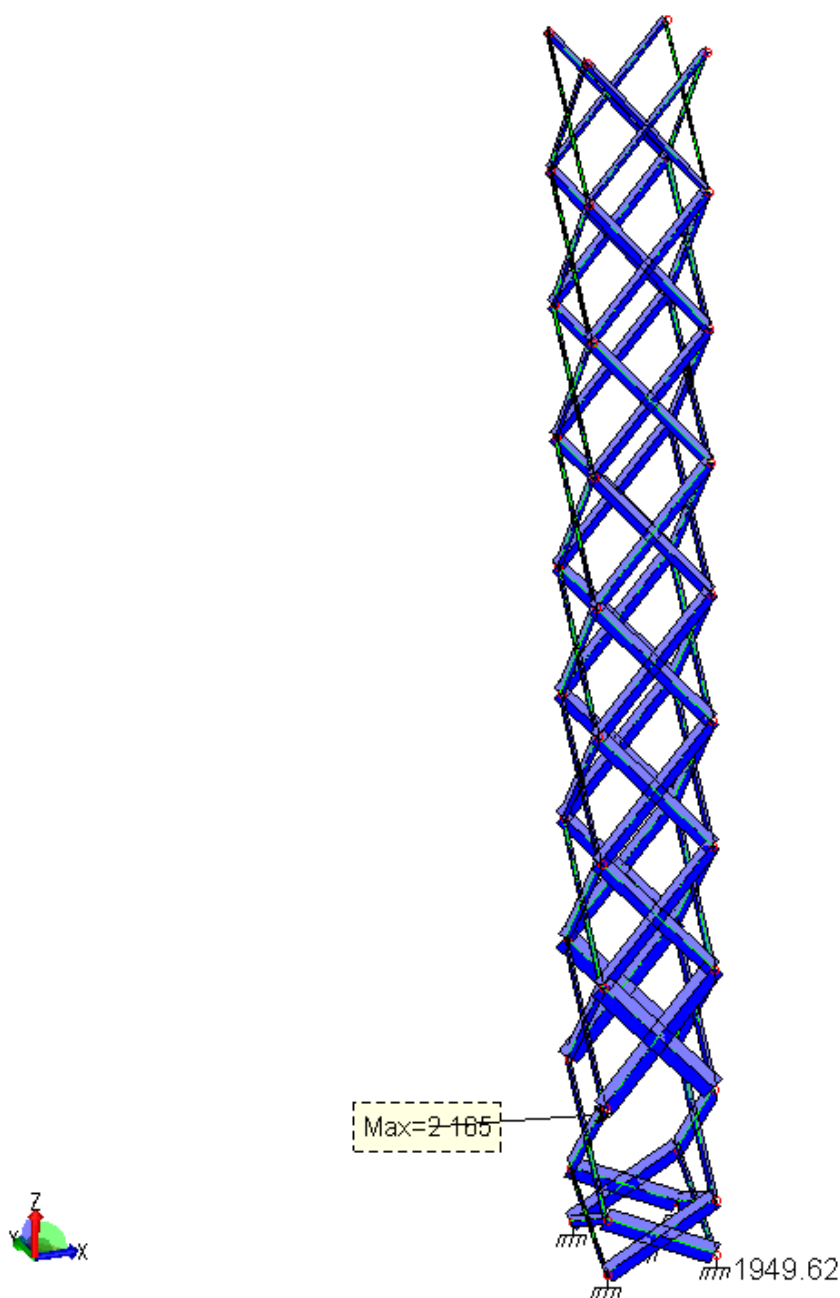
NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	χ_{LT}	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN		daN*m										
2	-2839	0	-1011	1	0.7525	0.9440	0.9735	--	--	0.07	--	0.43	Snell. 'zx'= 61
5	-1706	0	-611	1	0.7525	0.9663	0.9843	--	--	0.04	--	0.26	Snell. 'zx'= 61

5.5 DIAGONALI TRALICCIO

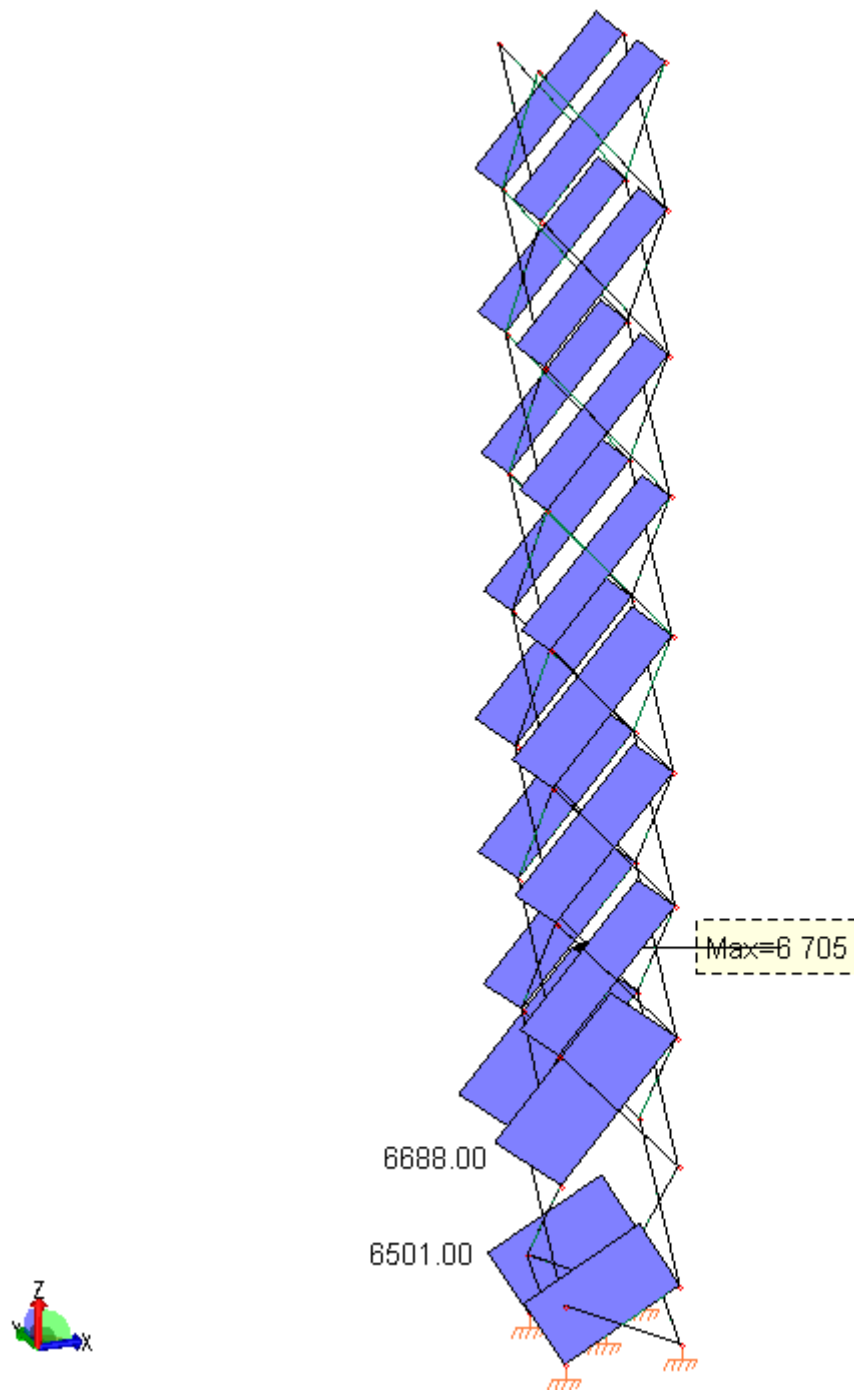
I diagonali del traliccio sono realizzati con profili diversi a seconda dell'impegno cui sono soggetti. Per i primi tre campi a partire dal basso (fino a quota +5,17 m) si utilizzano angolari L 80x40x6 in acciaio S275 JR. Fanno eccezione i due campi al di sotto dei campi non controventati; in questi casi sono previsti diagonali UNP 65 in acciaio S275 JR. A partire dalla quota +5,17 m fino alla sommità per i diagonali si utilizzano angolari L 60x30x5 in acciaio S275 JR.

Essendo del tipo a diagonale tesa attiva, per questi elementi si esegue la sola verifica di resistenza a trazione con le combinazioni statiche mentre per la combinazione dinamica (avendo utilizzato il modello con tutti i diagonali attivi) si considerano sollecitazioni doppie rispetto a quelle ottenute con il calcolo.

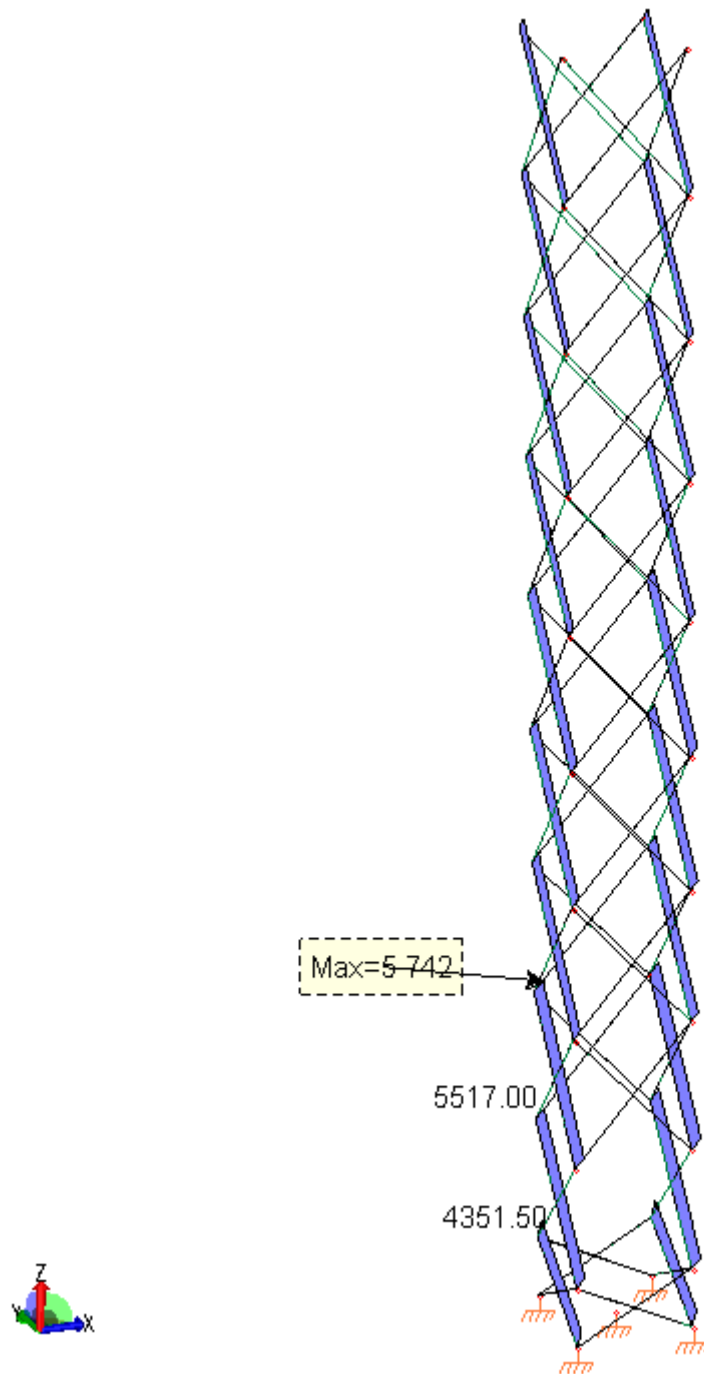
Si riportano i diagrammi involuppo dello sforzo normale relativi ai diagonali con i vari modelli:



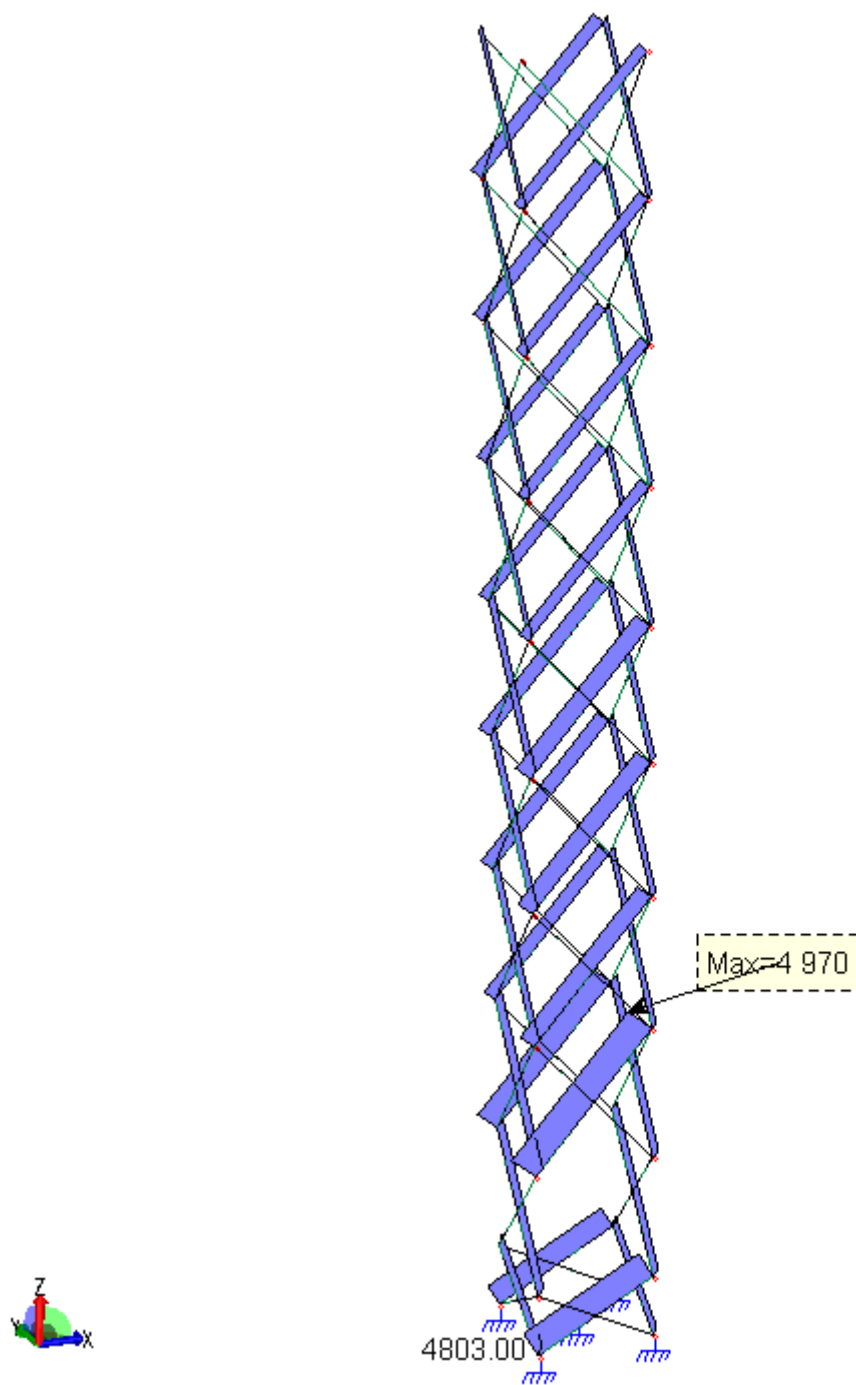
Modello generale per combinazione 1 dinamica – Involuppo Sforzo Normale Fx Diagonali



Modello vento +X per combinazioni 2-5 statiche – Involuppo Sforzo Normale F_x Diagonali



Modello vento +Y per combinazione 3 statica – Involuppo Sforzo Normale F_x Diagonali



Modello vento diagonale per combinazione 4 statica – Involuppo Sforzo Normale Fx Diagonali

Nella tabella seguente sono riportate le sollecitazioni massime ottenute con i quattro modelli di calcolo per i tre diversi tipi di sezione utilizzati. Per il modello generale con la combinazione dinamica è stato riportato il doppio dei valori ricavati dal modello per tenere conto, come premesso nel paragrafo relativo alla modellazione, dei diagonal compressi e quindi inattivi. Sono evidenziati i valori massimi da utilizzare per le verifiche:

	Modello Generale		Modello Vento +X		Modello Vento +Y		Modello Vento diagonale	
Profilo	2 x Comb. 1 Dinamica		Combinazioni 2-5		Combinazione 3		Combinazione 4	
UNP 65	3986	daN	6510	daN	0	daN	4812	daN
L 80x40x6	4330	daN	6705	daN	5742	daN	4970	daN
L 60x30x5	3516	daN	4016	daN	4247	daN	3133	daN

Per i diagonali UNP 65 si ha:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{9,03 \cdot 2750}{1,05} = 23650 > N_{Ed} = 6510 \text{ daN}$$

Per gli angolari L 80x40x6:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{6,89 \cdot 2750}{1,05} = 18045 > N_{Ed} = 6705 \text{ daN}$$

Per gli angolari L 60x30x5:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,29 \cdot 2750}{1,05} = 11235 > N_{Ed} = 4247 \text{ daN}$$

La verifica delle sezioni nette sarà eseguita nel capitolo relativo alla verifica dei collegamenti.

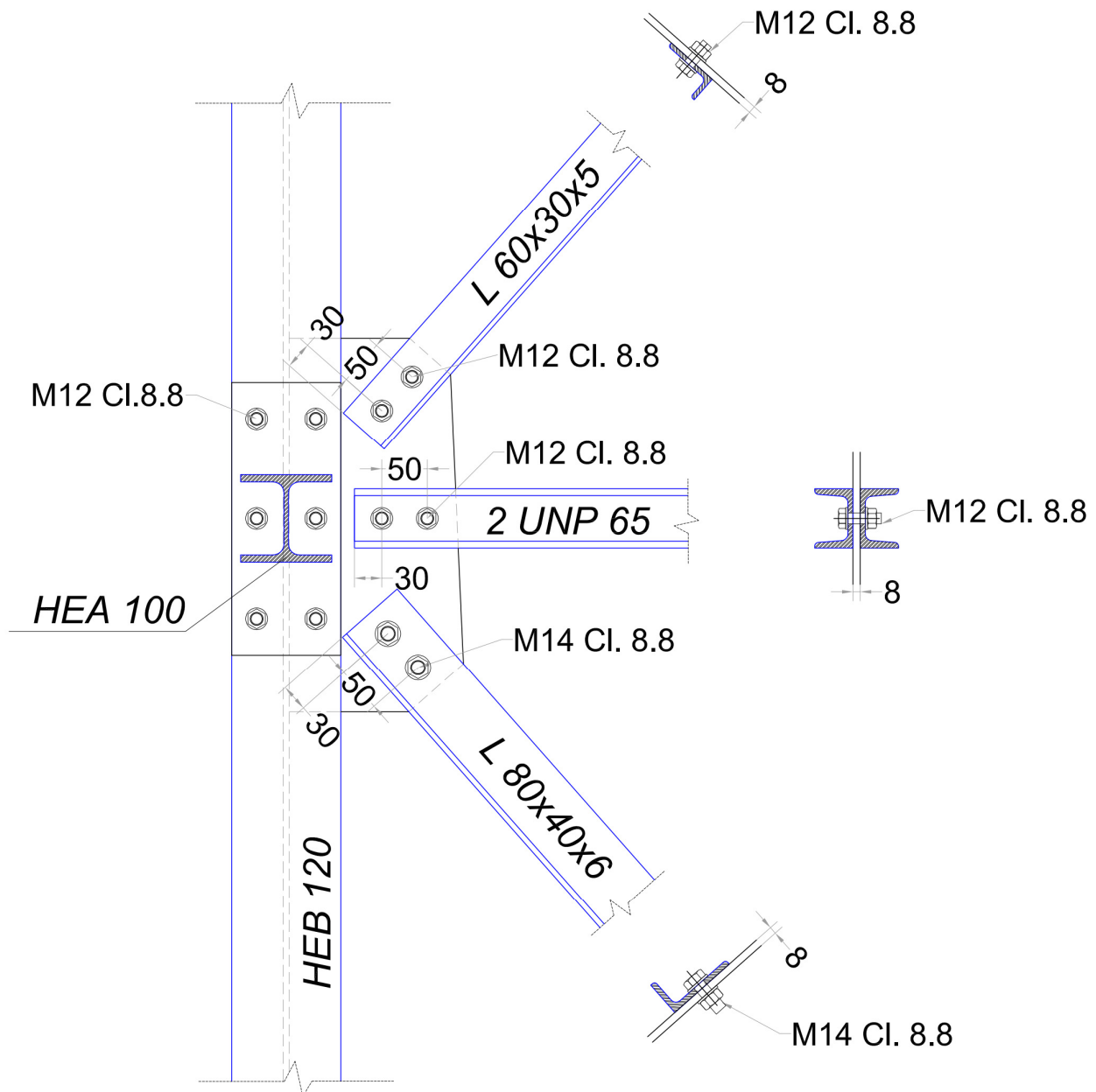
6 VERIFICHE COLLEGAMENTI

Trattandosi di struttura metallica occorre analizzare e verificare i collegamenti fra le membrature che costituiscono lo scheletro della struttura stessa.

6.1 COLLEGAMENTO DIAGONALI E CORRENTI 2 UNP 65

I diagonali sono realizzati con UNP 65, angolari singoli L 80x40x6 e angolari singoli L 60x30x5 in acciaio S 275 JR. I correnti nei piani Y-Z (con riferimento al modello) sono 2 UNP 65 accoppiati in acciaio S275 JR. Gli attacchi per tutti questi elementi sono realizzati mediante fazzoletti sp. 8 mm saldati alle colonne montanti e bullonati ai correnti e ai diagonali.

Nella figura successiva è riportato un tipologico di tale collegamento:



I vari attacchi si dimensionano per le sollecitazioni massime ricavate dal modello di calcolo:

Per i diagonali L 60x30x5 $N_{Ed,max} = 4247 \text{ daN}$ con la combinazione 3 Vento +Y

Si utilizzano due bulloni M12 che lavorano su una sezione. Tenendo conto dell'eccentricità fra asse di "Truschino" e asse baricentrico dell'asta la forza di taglio sul bullone più sollecitato risulta:

$$F_{b,Ed} = \sqrt{\left(\frac{N_{Ed}}{n}\right)^2 + \left(\frac{N_{Ed} \cdot e}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4247}{2}\right)^2 + \left(\frac{4247 \cdot 0,85}{5}\right)^2} = 2243 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 2243 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento del profilo angolare risulta:

Per il bullone vicino al bordo dell'angolare:

$$\alpha = \min\{e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1\} = \min\{30 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1\} = \min\{0,77 ; 1,86 ; 1\} = 0,77$$

$$k = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5\} = \min\{2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5\} = \min\{4,76 ; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,77 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,5}{1,25} = 3969 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 2243 \text{ daN}$$

Per il bullone interno:

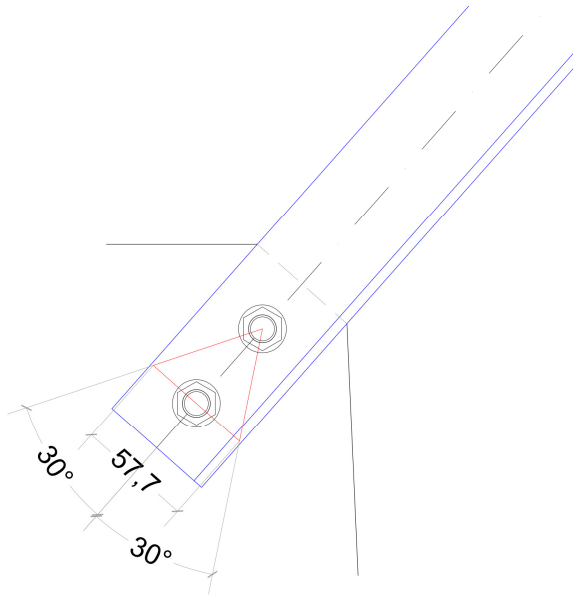
$$\alpha = \min\{p_1 / 3d_o - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1\} = \min\{50 / (3 \cdot 13) - 0,25 ; 8000 / 4300 ; 1\} = \min\{1,03 ; 1,86 ; 1\} = 1$$

$$k = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5\} = \min\{2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5\} = \min\{4,76 ; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,5}{1,25} = 5160 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 2243 \text{ daN}$$

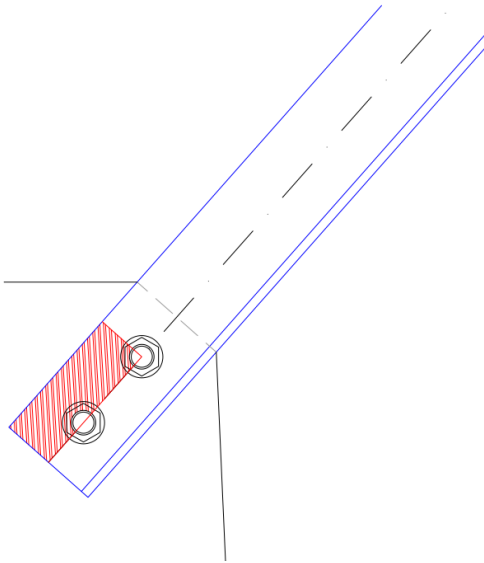
La verifica a rifollamento sui fazzoletti attaccati alle colonne è superflua essendo lo spessore di 8 mm maggiore rispetto allo spessore dell'angolare .

Si verifica quindi la sezione netta del fazzoletto ipotizzando una diffusione degli sforzi a 30°:



$$F_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot ((5,77 - 1,3) \cdot 0,8) \cdot 4300}{1,25} = 11080 \text{ daN} > N_{Ed} = 4247 \text{ daN}$$

Si verifica quindi l'angolare al fenomeno del "block tearing"; le sezioni nette valgono:



$$\text{A trazione: } A_{n,t} = (3,0 - 0,65) \cdot 0,5 = 1,18 \text{ cm}^2$$

$$\text{A taglio: } A_{n,v} = (3,0 + 5,0 - 1,3 - 0,65) \cdot 0,5 = 3,03 \text{ cm}^2$$

Trattandosi di attacco eccentrico la resistenza dell'angolare al "block tearing" risulta:

$$N_{bt,Rd} = 0,5 \cdot \frac{A_{nt} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 0,5 \cdot \frac{1,18 \cdot 4300}{1,25} + \frac{3,03 \cdot 2750}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 6595 \text{ daN} > N_{Ed} = 4247 \text{ daN}$$

Si verifica infine la resistenza dell'angolare collegato su una sola ala con due bulloni secondo le prescrizioni dell'Eurocodice 3 parte 1-8 al punto 3.10.3:

$$5d_0 = 5 \cdot 13 = 65 \text{ mm} > p_1 = 50 \text{ mm} > 2,5d_0 = 2,5 \cdot 13 = 32,5 \text{ mm} \Rightarrow \beta_2 = 0,56$$

$$A_{net} = A - 1,3 \cdot 0,5 = 3,64 \text{ cm}^2$$

$$N_{U,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,56 \cdot 3,64 \cdot 4300}{1,25} = 7031 > N_{Ed} = 4247 \text{ daN}$$

Per i diagonali L 80x40x6 $N_{Ed,max} = 6705 \text{ daN}$ con la combinazione 2 Vento +X

Si utilizzano due bulloni M14 che lavorano su una sezione. Tenendo conto dell'eccentricità fra asse di "Truschino" e asse baricentrico dell'asta la forza di taglio sul bullone più sollecitato risulta:

$$F_{b,Ed} = \sqrt{\left(\frac{N_{Ed}}{n}\right)^2 + \left(\frac{N_{Ed} \cdot e}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{6705}{2}\right)^2 + \left(\frac{6705 \cdot 1,15}{5}\right)^2} = 3690 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M14 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{1,15}{1,25} = 4416 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3690 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento del profilo angolare L 80x40x6 risulta:

Per il bullone vicino al bordo dell'angolare:

$$\alpha = \min\{e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1\} = \min\{30 / (3 \cdot 15) ; 8000 / 4300 ; 1\} = \min\{0,67 ; 1,86 ; 1\} = 0,67$$

$$k = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5\} = \min\{2,8 \cdot 30 / 15 - 1,7 ; 2,5\} = \min\{3,9 ; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,67 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,4 \cdot 0,6}{1,25} = 4816 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3690 \text{ daN}$$

Per il bullone interno:

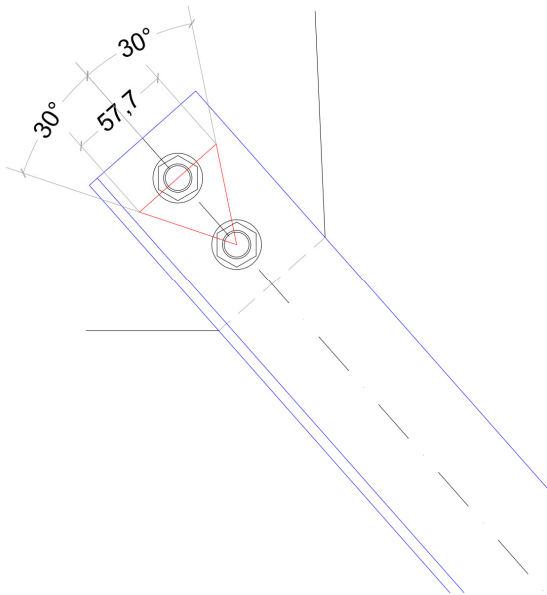
$$\alpha = \min\{p_1 / 3d_o - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1\} = \min\{50 / (3 \cdot 15) - 0,25 ; 8000 / 4300 ; 1\} = \min\{0,86 ; 1,86 ; 1\} = 0,86$$

$$k = \min\{2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5\} = \min\{2,8 \cdot 30 / 15 - 1,7 ; 2,5\} = \min\{3,9 ; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,86 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,4 \cdot 0,6}{1,25} = 6220 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3690 \text{ daN}$$

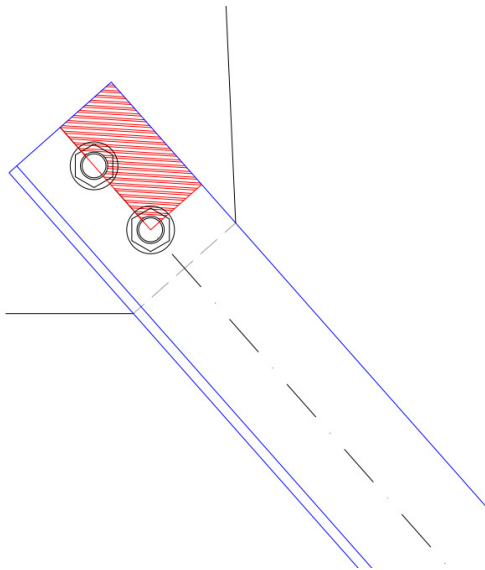
La verifica a rifollamento sui fazzoletti attaccati alle colonne è superflua essendo lo spessore di 8 mm maggiore rispetto allo spessore dell'angolare (6 mm) e le distanze dai bordi non inferiori.

Si verifica quindi la sezione netta del fazzoletto sp. 8 mm ipotizzando una diffusione degli sforzi a 30°:



$$F_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot ((5,77 - 1,5) \cdot 0,8) \cdot 4300}{1,25} = 10584 \text{ daN} > N_{Ed} = 6705 \text{ daN}$$

Si verifica quindi l'angolare al fenomeno del "block tearing"; le sezioni nette valgono:



$$\text{A trazione: } A_{n,t} = (4,0 - 0,75) \cdot 0,6 = 1,95 \text{ cm}^2$$

$$\text{A taglio: } A_{n,v} = (3,0 + 5,0 - 1,5 - 0,75) \cdot 0,6 = 3,45 \text{ cm}^2$$

Trattandosi di attacco eccentrico la resistenza dell'angolare al "block tearing" risulta:

$$N_{bt,Rd} = 0,5 \cdot \frac{A_{nt} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 0,5 \cdot \frac{1,95 \cdot 4300}{1,25} + \frac{3,45 \cdot 2750}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 8570 \text{ daN} > N_{Ed} = 6705 \text{ daN}$$

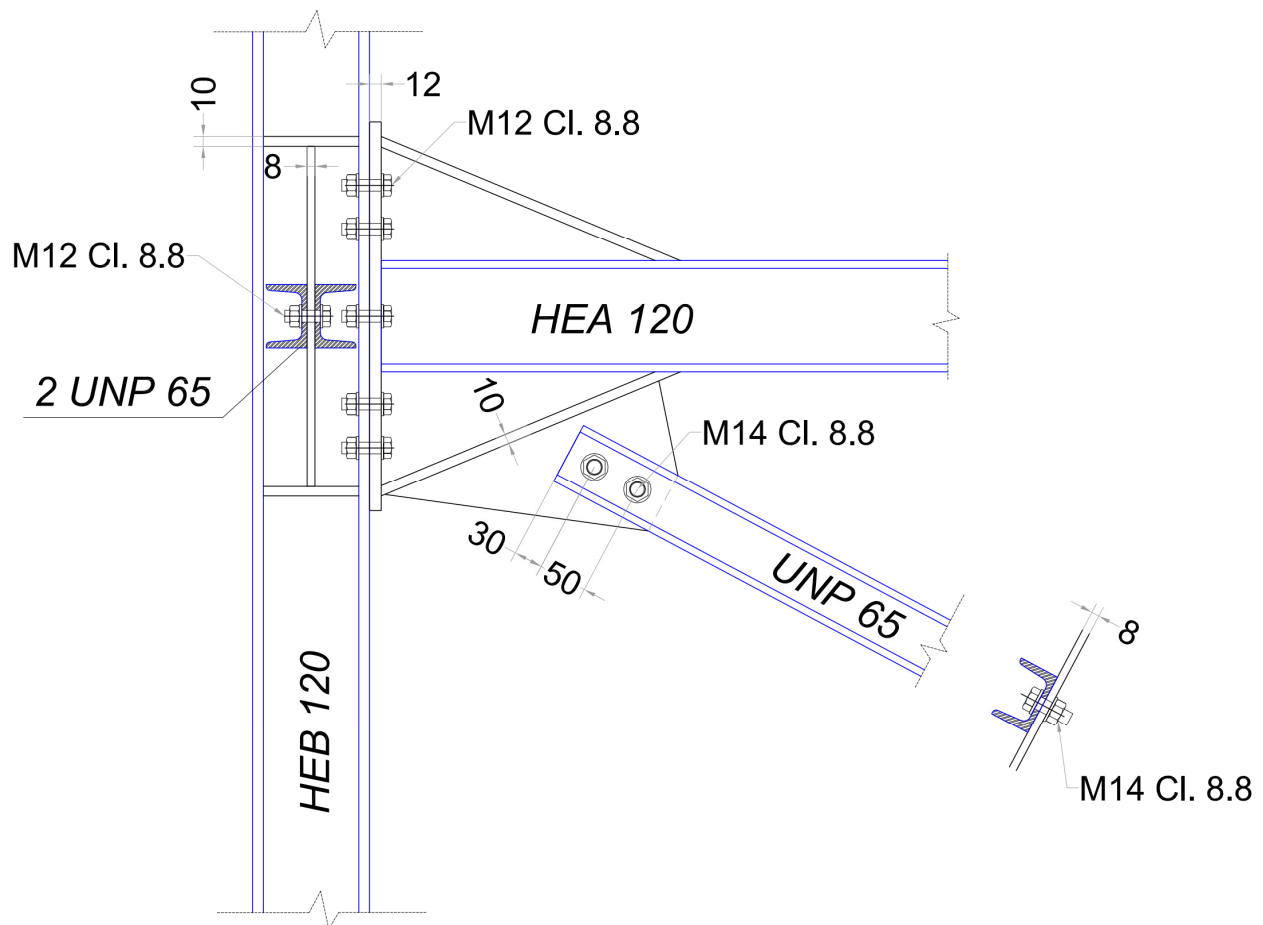
Si verifica infine la resistenza dell'angolare collegato su una sola ala con due bulloni secondo le prescrizioni dell'Eurocodice 3 parte 1-8 al punto 3.10.3:

$$5d_0 = 5 \cdot 13 = 75 \text{ mm} > p_1 = 50 \text{ mm} > 2,5d_0 = 2,5 \cdot 15 = 37,5 \text{ mm} \Rightarrow \beta_2 = 0,50$$

$$A_{net} = A - 1,5 \cdot 0,6 = 5,99 \text{ cm}^2$$

$$N_{U,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,50 \cdot 5,99 \cdot 4300}{1,25} = 10302 > N_{Ed} = 6705 \text{ daN}$$

I diagonali UNP 65 sono utilizzati solo nei due campi immediatamente sotto alle specchiature non controventate. Si riporta di seguito il relativo dettaglio del collegamento:



Per i diagonali UNP 65 $N_{Ed,max} = 6510 \text{ daN}$ con la combinazione 2 Vento +X

La bullonatura è analoga a quella degli angolari L 80x40x6; si utilizzano n° 2 M14 che lavorano su una sezione. In questo caso il collegamento è centrato per cui la forza di taglio sul bullone più sollecitato risulta:

$$F_{b,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{6510}{2} = 3255 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M14 CI. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{1,15}{1,25} = 4416 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3255 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento del profilo angolare UNP 65 risulta:

Per il bullone vicino al bordo dell'UNP:

$$\alpha = \min \{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 30 / (3 \cdot 15) ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 0,67 ; 1,86 ; 1 \} = 0,67$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 32,5 / 15 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,37 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,67 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,4 \cdot 0,55}{1,25} = 4414 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3255 \text{ daN}$$

Per il bullone interno:

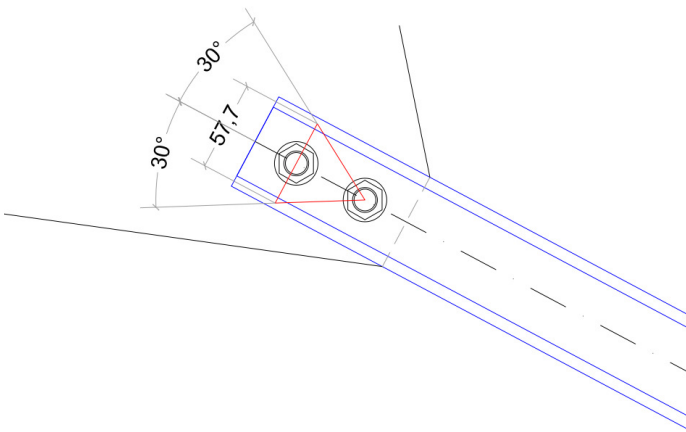
$$\alpha = \min \{ p_1 / 3d_o - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 50 / (3 \cdot 15) - 0,25 ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 0,86 ; 1,86 ; 1 \} = 0,86$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 32,5 / 15 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,37 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,86 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,4 \cdot 0,55}{1,25} = 5702 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 3255 \text{ daN}$$

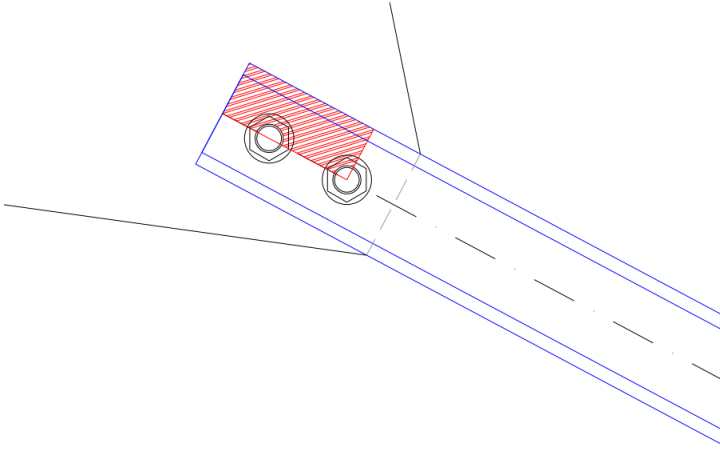
La verifica a rifollamento sui fazzoletti attaccati alle colonne è superflua essendo lo spessore di 8 mm maggiore rispetto allo spessore dell'anima dell'UNP 65 (5,5 mm) e le distanze dai bordi non inferiori.

Si verifica quindi la sezione netta del fazzoletto sp. 8 mm ipotizzando una diffusione degli sforzi a 30°:



$$F_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot ((5,77 - 1,5) \cdot 0,8) \cdot 4300}{1,25} = 10584 \text{ daN} > N_{Ed} = 6510 \text{ daN}$$

Si verifica quindi il profilo UNP 65 al fenomeno del “block tearing”; le sezioni nette valgono:



$$\text{A trazione: } A_{n,t} = \frac{(A - 1,5 \cdot 0,55)}{2} = 4,10 \text{ cm}^2$$

$$\text{A taglio: } A_{n,v} = (3,0 + 5,0 - 1,5 - 0,75) \cdot 0,55 = 3,16 \text{ cm}^2$$

Trattandosi di attacco eccentrico la resistenza dell'UNP 65 al "block tearing" risulta:

$$N_{bt,Rd} = 0,5 \cdot \frac{A_{nt} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 0,5 \cdot \frac{4,10 \cdot 4300}{1,25} + \frac{3,16 \cdot 2750}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 11830 \text{ daN} > N_{Ed} = 6510 \text{ daN}$$

Si verifica infine il collegamento relativo ai correnti realizzati con 2 UNP 65.

La sollecitazione massima risulta: $N_{Ed,max} = 3770 \text{ daN}$ con la combinazione 3 Vento + Y.

Il collegamento si realizza con n° 2 bulloni M12 che lavorano su due sezioni; essendo il collegamento centrato l'azione che sollecita una sezione risulta:

$$F_{b,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n_b \cdot n_s} = \frac{3770}{2 \cdot 2} = 943 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 943 \text{ daN}$$

La resistenza a rifollamento del fazzoletto risulta:

Per il bullone vicino al bordo:

$$\alpha = \min \{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 30 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 0,77 ; 1,86 ; 1 \} = 0,77$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,76 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 0,77 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,8}{1,25} = 6351 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1885 \text{ daN}$$

Per il bullone interno:

$$\alpha = \min \{ p_1 / 3d_o - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 50 / (3 \cdot 13) - 0,25 ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 1,03 ; 1,86 ; 1 \} = 1$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 30 / 13 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,76 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,8}{1,25} = 8256 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1885 \text{ daN}$$

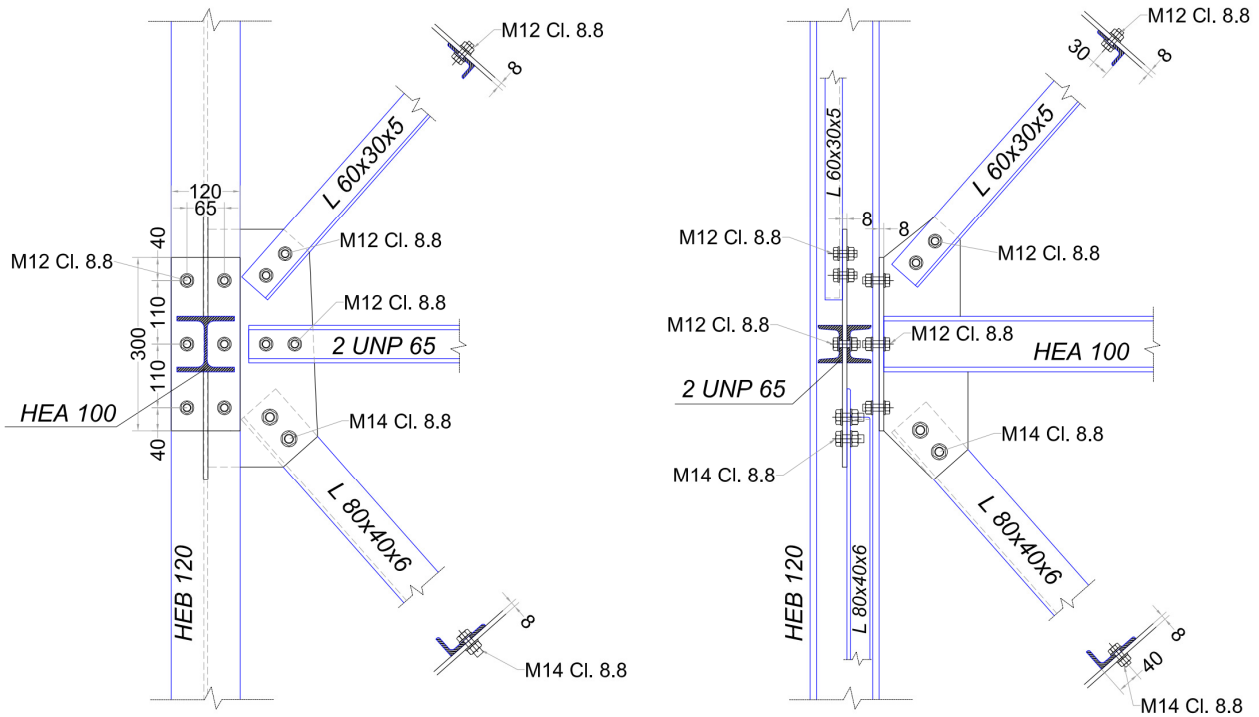
La verifica sulle anime dei profili UNP è superflua perché la somma degli spessori è maggiore rispetto allo spessore del fazzoletto.

Anche le verifiche relative alla sezione netta del fazzoletto ed al “block tearing” sono superflue poiché, facendo un confronto con il caso precedente relativo al diagonale singolo UNP 65, in questo caso le azioni sollecitanti sono minori e le sezioni resistenti sono maggiori.

6.2 COLLEGAMENTI CORRENTI IN PROFILI A DOPPIO T

I correnti nei piani X-Z del modello (piani di inerzia maggiore delle colonne montanti) sono realizzati con profili HEA; nel dettaglio si utilizzano HEA 120 sui lati dei campi non controventati e HEA 100 in tutto il resto del traliccio. I collegamenti alle estremità sono modellati come rigidi e si realizzano in pratica con flange bullonate.

Di seguito si riporta un particolare del collegamento dei correnti HEA 100:



Dal modello si ricavano le massime sollecitazioni nei collegamenti:

$$N_{Ed,max} = 574 \text{ daN}$$

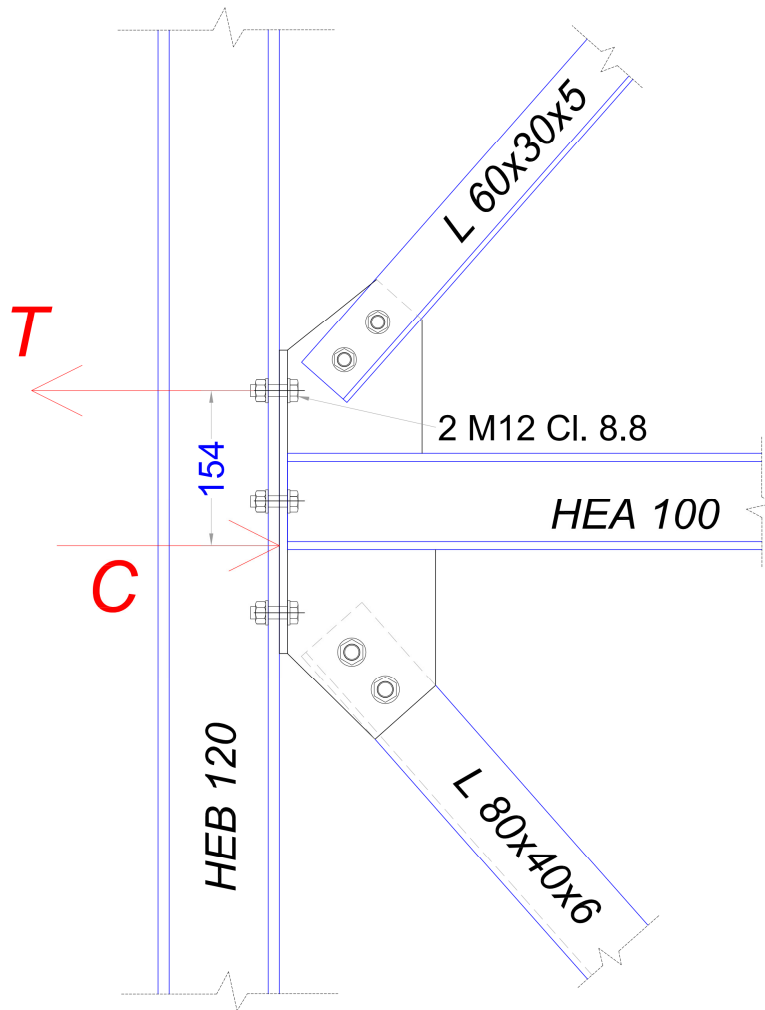
$$V_{Ed,max} = 5610 \text{ daN}$$

$$M_{Ed,max} = 44470 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Queste sollecitazioni non sono concomitanti ma cautelativamente si utilizzano per verificare un collegamento.

Per semplicità si ipotizza che i soli due bulloni esterni sul lato teso incassino le trazioni dovute al momento flettente mentre gli altri quattro bulloni incassino lo sforzo normale ed il taglio.

Si considera il centro di pressione delle compressioni in corrispondenza con il centro dell'ala inferiore del corrente;



La resistenza a trazione di due bulloni M12 Cl. 8.8 vale:

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot 0,9 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 9711 \text{ daN}$$

Con la presenza della nervatura sulla flangia si ipotizza che i bulloni possano esplicare la loro intera resistenza a trazione per cui il momento resistente della connessione risulta:

$$M_{Rd} = F_{t,Rd} \cdot d = 9711 \cdot 15,4 = 149555 \text{ daN} \cdot \text{cm} > M_{Ed,max} = 44470 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Si ipotizza quindi di ripartire l'azione di taglio sugli altri quattro bulloni M12

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_b} = \frac{5610}{4} = 1403 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1403 \text{ daN}$$

Per quanto riguarda lo sforzo normale si ipotizza di affidarlo ai soli due bulloni centrali in modo da evitare effetti dovuti all'eccentricità:

$$F_{b,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n_b} = \frac{574}{2} = 287 \text{ daN}$$

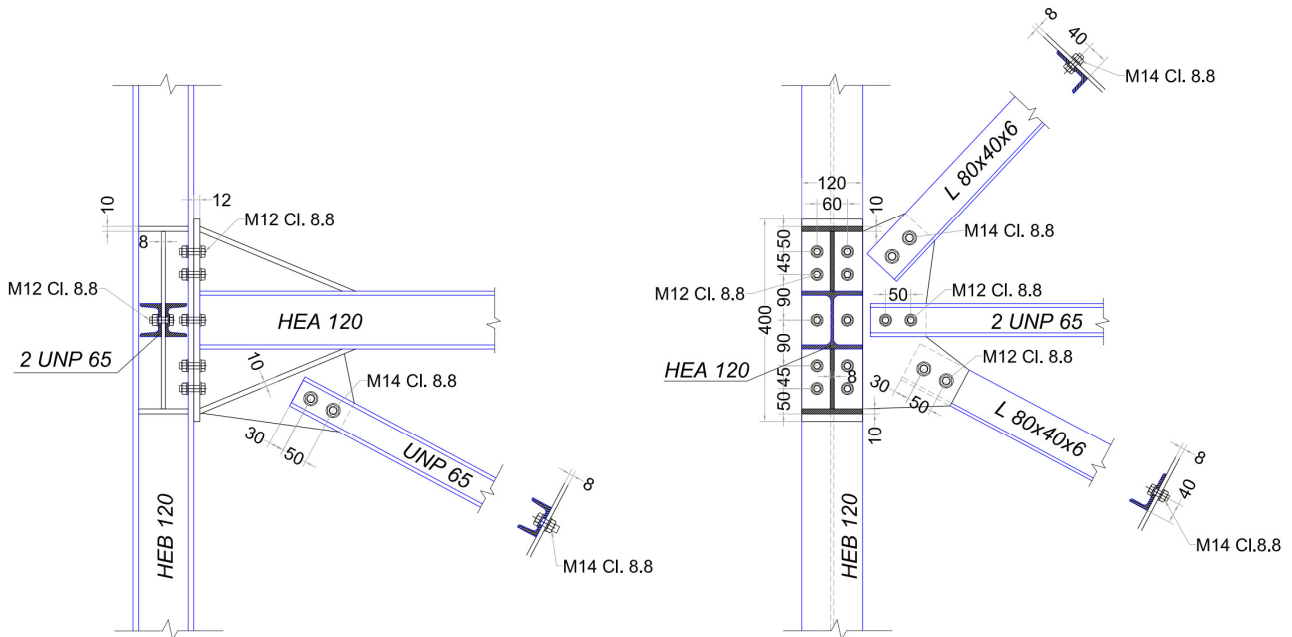
La resistenza a trazione di un bullone M12 Cl. 8.8 vale:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 4856 \text{ daN} > 287 \text{ daN}$$

Si esegue quindi la verifica di resistenza per la combinazione di taglio e trazione su di un bullone M12 Cl. 8.8:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1403}{3237} + \frac{287}{1,4 \cdot 4856} = 0,48 < 1$$

Si passa quindi a verificare i collegamenti dei traversi HEA 120 posizionati ai lati dei campi non controventati. Di seguito un dettaglio del collegamento:



Il collegamento, ovviamente schematizzato come rigido, si realizza con una flangia, rinforzata sia sopra sia sotto con un piatto inclinato e con fazzoletti tringolari a proseguire l'anima, collegata all'ala della Colonna con n° 10 bulloni M12 cl. 8.8. Le colonne a loro volta sono irrigidite con piatti sp. 10 mm in corrispondenza delle nervature inclinate.

Le massime sollecitazioni ricavate dal modello di calcolo sono le seguenti:

$$N_{Ed,max} = 2172 \text{ daN}$$

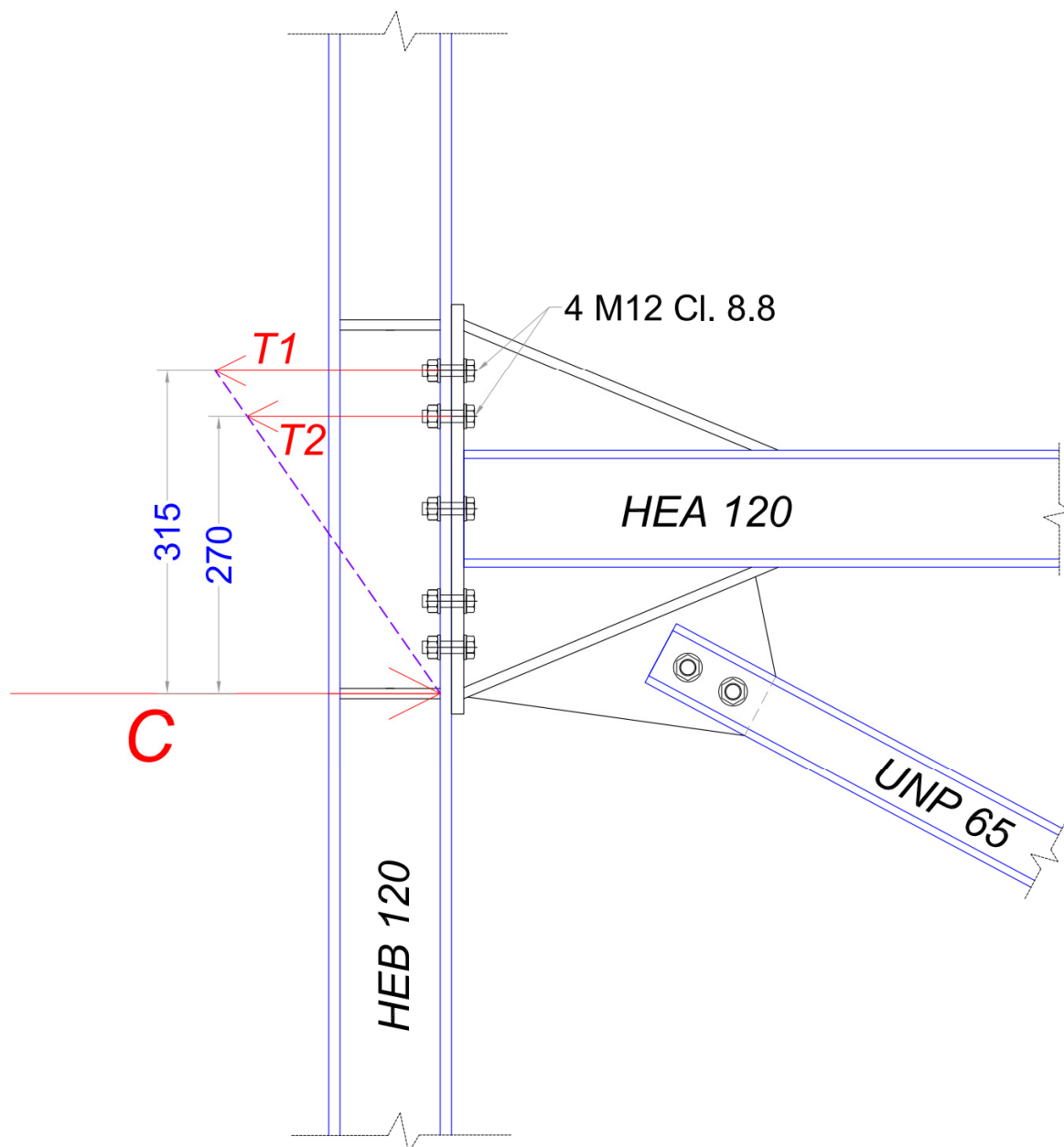
$$V_{Ed,max} = 6324 \text{ daN}$$

$$M_{Ed,max} = 123300 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Queste sollecitazioni massime non sono concomitanti ma cautelativamente si utilizzano per verificare un collegamento.

Analogamente ai correnti HEA 100 si ipotizza che i soli quattro bulloni più esterni sul lato teso incassino le trazioni dovute al momento flettente mentre gli altri sei bulloni incassino lo sforzo normale ed il taglio.

Si considera il centro di pressione delle compressioni in corrispondenza con il centro del rinforzo inclinato e si ipotizza una distribuzione lineare delle forze nelle due file di bulloni;



Per la fila più in alto si ipotizza che riesca ad esplicare l'intera resistenza a trazione di due bulloni M12 Cl. 8.8:

$$T_1 = F_{t,Rd} = 2 \cdot 0,9 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 9711 \text{ daN}$$

Per l'andamento lineare delle forze si ha quindi:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{d_2}{d_1} = 9711 \cdot \frac{27}{31,5} = 8324 \text{ daN}$$

Per cui il momento resistente della connessione risulta:

$$M_{Rd} = T_1 \cdot d_1 + T_2 \cdot d_2 = 9711 \cdot 31,5 + 8324 \cdot 27 = 530644 \text{ daN} \cdot \text{cm} > M_{Ed,max} = 123300 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Si ipotizza quindi di ripartire l'azione di taglio sugli altri sei bulloni M12

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_b} = \frac{6324}{6} = 1054 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1054 \text{ daN}$$

Per quanto riguarda lo sforzo normale si ipotizza di affidarlo ai soli due bulloni centrali in modo da evitare effetti dovuti all'eccentricità:

$$F_{b,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n_b} = \frac{2172}{2} = 1086 \text{ daN}$$

La resistenza a trazione di un bullone M12 Cl. 8.8 vale:

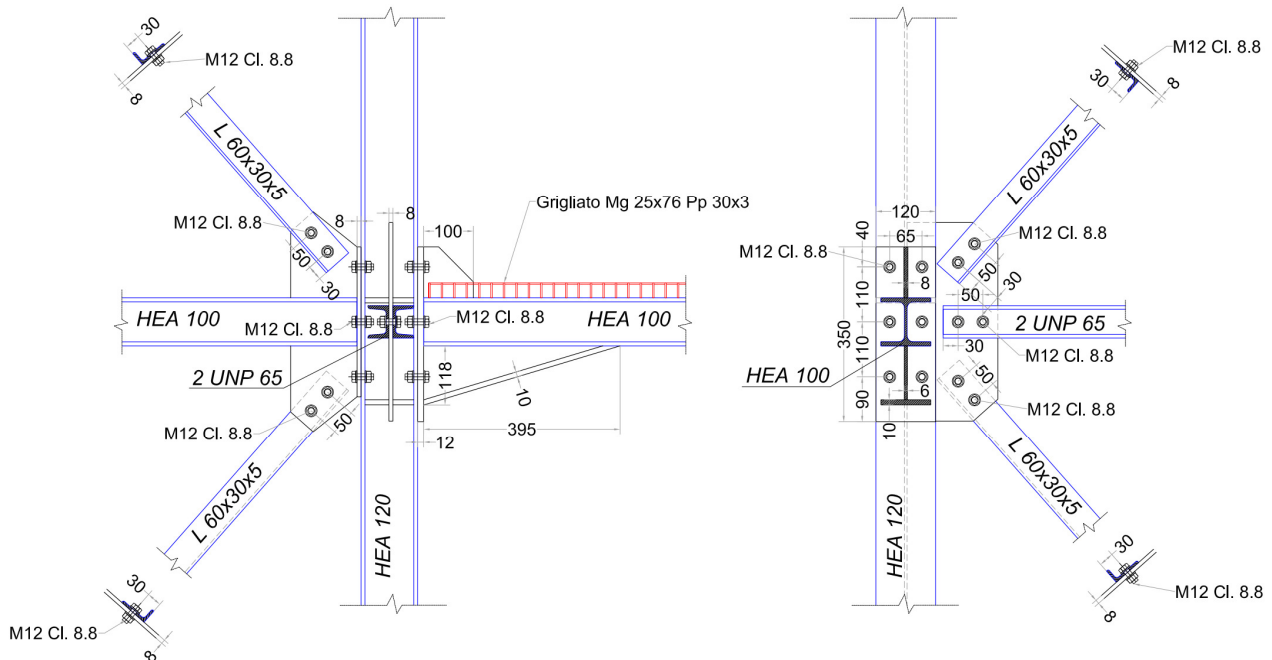
$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 4856 \text{ daN} > 1086 \text{ daN}$$

Si esegue quindi la verifica di resistenza per la combinazione di taglio e trazione su di un bullone M12 Cl. 8.8:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1054}{3237} + \frac{1086}{1,4 \cdot 4856} = 0,49 < 1$$

6.3 COLLEGAMENTO MENSOLE BALLATOIO

Le mensole che reggono il ballatoio a q. +18,00 m circa sono realizzate con profilati HEA 100 in acciaio S 275 JR e sono collegate alle colonne montanti con flange 350x120x12 rinforzate con piatti inclinati sp. 10, nervature verticali e n° 6 bulloni M12 Cl. 8.8. Di seguito un dettaglio del collegamento:



Dal modello si ricavano le massime sollecitazioni nei collegamenti:

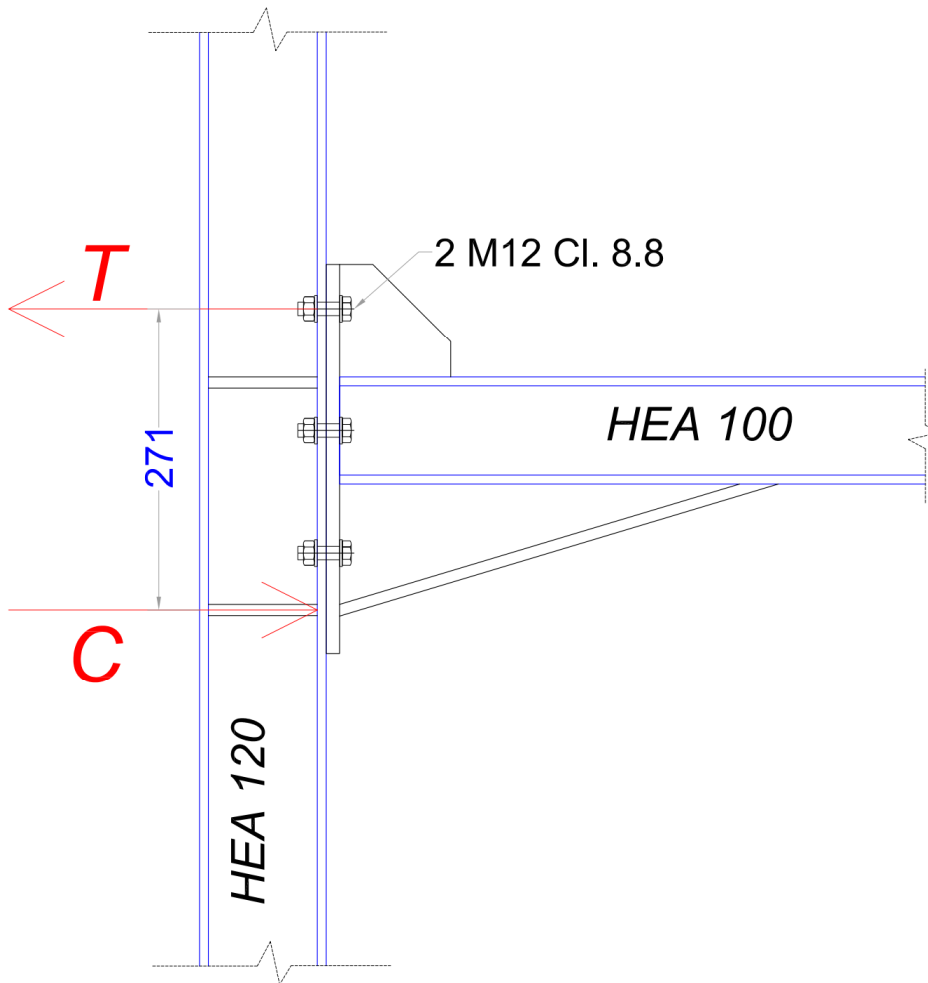
$$N_{Ed,max} = 0 \text{ daN}$$

$$V_{Ed,max} = 1297 \text{ daN}$$

$$M_{Ed,max} = 117600 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Come per i correnti già verificati si ipotizza che i soli due bulloni esterni sul lato superiore teso incassino le trazioni dovute al momento flettente mentre gli altri quattro bulloni incassino lo sforzo normale ed il taglio.

Si considera il centro di pressione delle compressioni in corrispondenza con il centro del piatto inclinato di rinforzo;



La resistenza a trazione di due bulloni M12 Cl. 8.8 vale:

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot 0,9 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 9711 \text{ daN}$$

Con la presenza della nervatura sulla flangia si ipotizza che i bulloni possano esplicare la loro intera resistenza a trazione per cui il momento resistente della connessione risulta:

$$M_{Rd} = F_{t,Rd} \cdot d = 9711 \cdot 27,1 = 263168 \text{ daN} \cdot \text{cm} > M_{Ed,max} = 117600 \text{ daN} \cdot \text{cm}$$

Si ipotizza quindi di ripartire l'azione di taglio sugli altri quattro bulloni M12

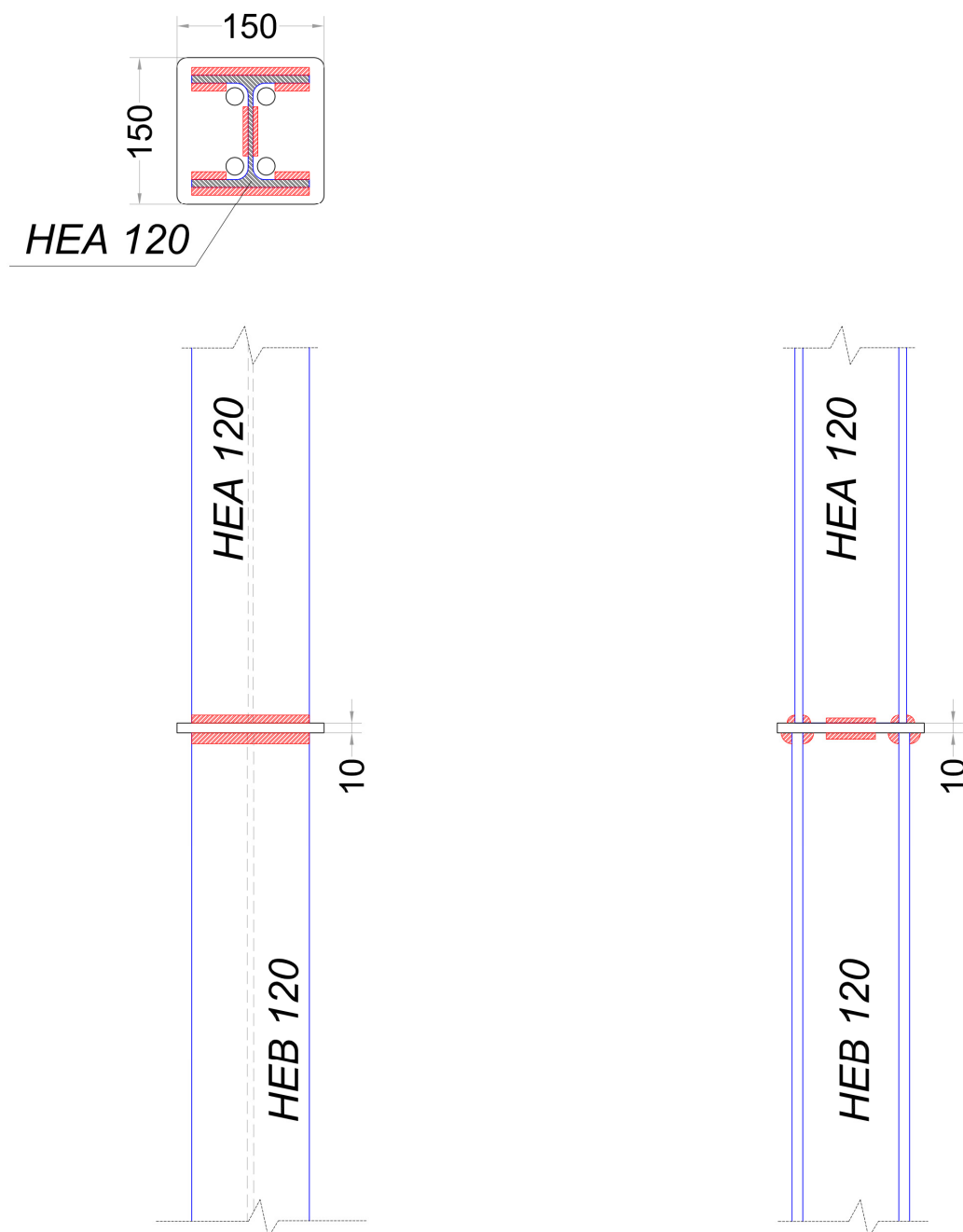
$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_b} = \frac{1297}{4} = 324 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

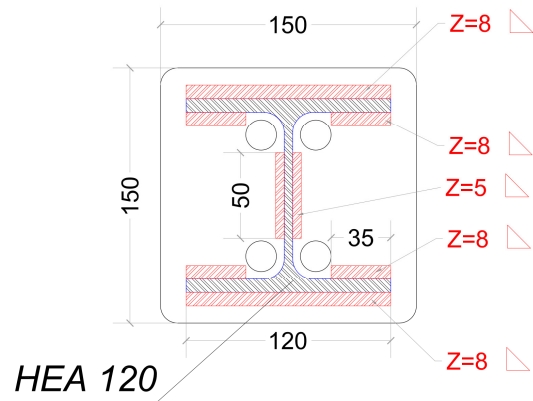
$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 324 \text{ daN}$$

6.4 GIUNZIONE SALDATA MONTANTI

I montanti sono realizzati con profili HEB 120 in acciaio S275 JR fino a q. +6,07 da tale quota alla sommità si utilizzano profili HEA 120 in acciaio S275 JR. Il collegamento fra i due profili avviene mediante saldatura in officina a cordone d'angolo interponendo una piastra 150x150x10.



Le saldature a cordone d'angolo sono previste con lato pari allo spessore minore da unire. Nell'immagine seguente si riportano le saldature sul lato del profilato HEA 120.



Sulle due ali si prevedono cordoni con lato 8 mm, sull'esterno un cordone con lunghezza di 120 mm e sull'interno due cordoni lunghezza 35 mm tenendo conto degli slot necessari per la zincatura. Per lo stesso motivo le saldature in anima sono due cordoni lunghezza 50 mm e lato 5mm.

Dal modello di calcolo con vento diagonale si hanno le massime sollecitazioni di compressione e trazione nei montanti (le sollecitazioni di taglio e momento flettente sono trascurabili):

$$N_{Ed,max}^+ = +19160 \text{ daN}$$

$$N_{Ed,max}^- = -25500 \text{ daN}$$

Considerando cautelativamente i due soli cordoni esterni con lunghezza 120 mm e lato 8 mm l'azione per unità di lunghezza del cordone risulta:

$$F_{w,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n \cdot l} = \frac{25500}{2 \cdot 12} = 1062,5 \text{ daN / cm}$$

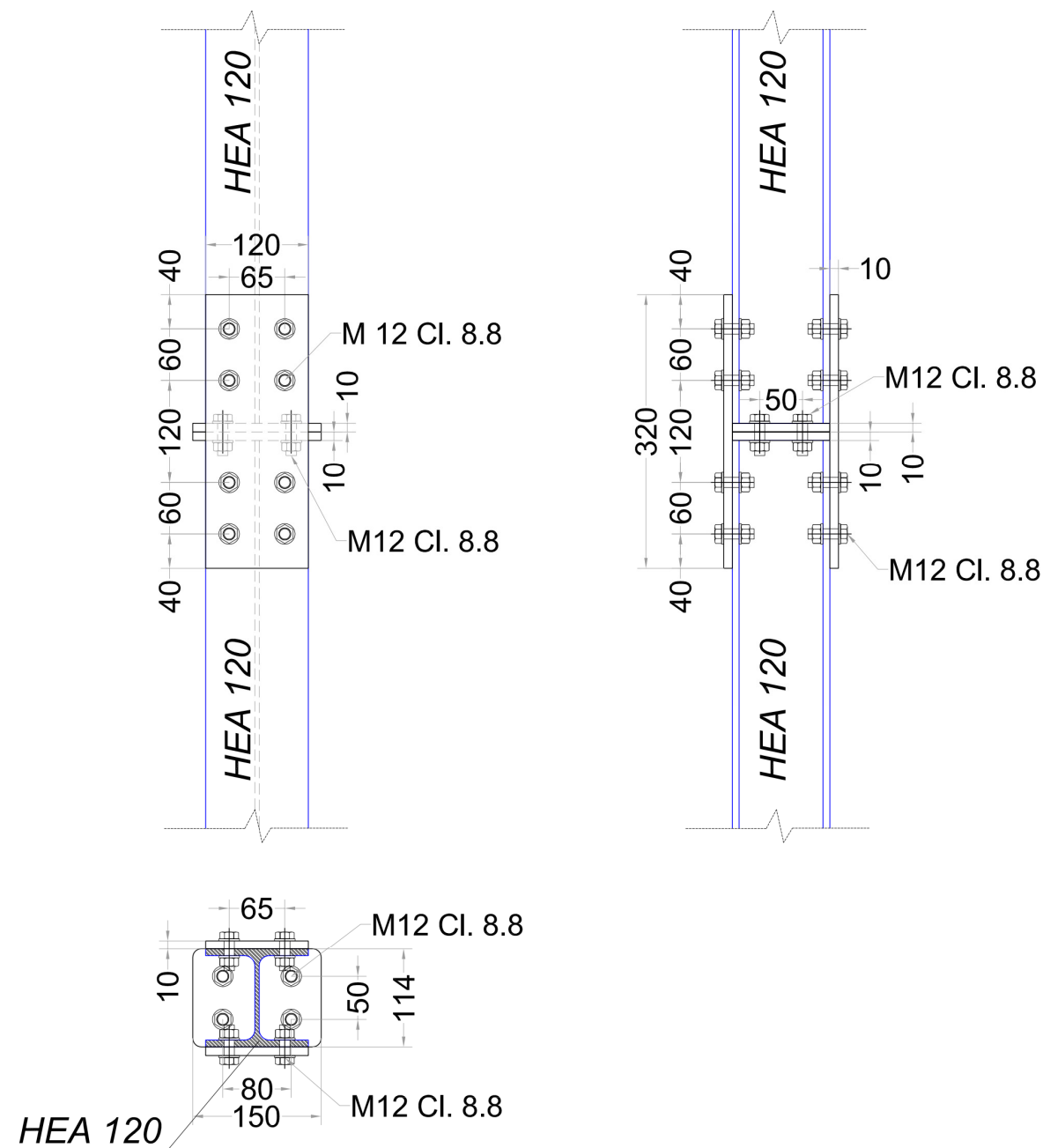
La resistenza per unità di lunghezza del cordone è pari a:

$$F_{w,Rd} = \frac{a \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{(0,8/\sqrt{2}) \cdot 4300}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,25} = 1321 \text{ daN / cm} > F_{w,Ed} = 1062 \text{ daN / cm}$$

6.5 GIUNZIONE BULLONATA MONTANTI

Gli interi montanti sono lunghi 20,063 m per cui per motivi logistici di trasporto è necessario realizzare una giunzione intermedia in opera. Tale giunzione è prevista sul profilo HEA 120 a quota +10,045 m in modo da avere due elementi di lunghezza quasi uguale e più facilmente trasportabili.

Il collegamento si realizza con due flange interne 114x150x10 bullonate con 4 M12 Cl. 8.8 e due coprigiunti esterni 320x120x10 ciascuno fissato con 8 M12 Cl. 8.8. Nell'immagine seguente si riporta un dettaglio del collegamento:



Dal modello di calcolo con vento diagonale si hanno le massime sollecitazioni di compressione e trazione nei montanti (le sollecitazioni di taglio e momento flettente sono trascurabili):

$$N_{Ed,max}^+ = +10020 \text{ daN}$$

$$N_{Ed,max}^- = -17580 \text{ daN}$$

Si ipotizza che la sollecitazione di compressione si trasmetta direttamente per contatto fra le flange, mentre la sollecitazione di trazione sia incassata interamente dai coprigiunti.

Su ogni lato ci sono n° 4 bulloni M12 Cl. 8.8 su ciascun coprigiunto che lavorano su una sezione; l'azione su ciascun bullone risulta:

$$F_{b,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_c \cdot n_b} = \frac{10020}{2 \cdot 4} = 1253 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio di un bullone M12 Cl. 8.8 sollecitato su una sezione vale:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res,b}}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 8000 \cdot \frac{0,843}{1,25} = 3237 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1253 \text{ daN}$$

Si esegue la verifica a rifollamento sulle ali del montante HEA 120 sp 8 mm (minore dello spessore dei coprigiunti pari a 10 mm):

$$\alpha = \min \{ e_1 / 3d_o ; f_{tb} / f_t ; 1 \} = \min \{ 40 / (3 \cdot 13) ; 8000 / 4300 ; 1 \} = \min \{ 1,02 ; 1,86 ; 1 \} = 1$$

$$k = \min \{ 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,8 \cdot 27,5 / 13 - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 4,22 ; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \frac{d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot 2,5 \cdot 4300 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,8}{1,25} = 8256 \text{ daN} > F_{b,Ed} = 1253 \text{ daN}$$

Si eseguono quindi le verifiche delle sezioni nette; per il profilo HEA 120:

$$A_{net} = A - 4 \cdot d_o \cdot t_f = 25,3 - 4 \cdot 1,3 \cdot 0,8 = 21,14 \text{ cm}^2$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot 21,14 \cdot \frac{4300}{1,25} = 65449 \text{ daN} > 10020 \text{ daN}$$

Per i coprigiunti:

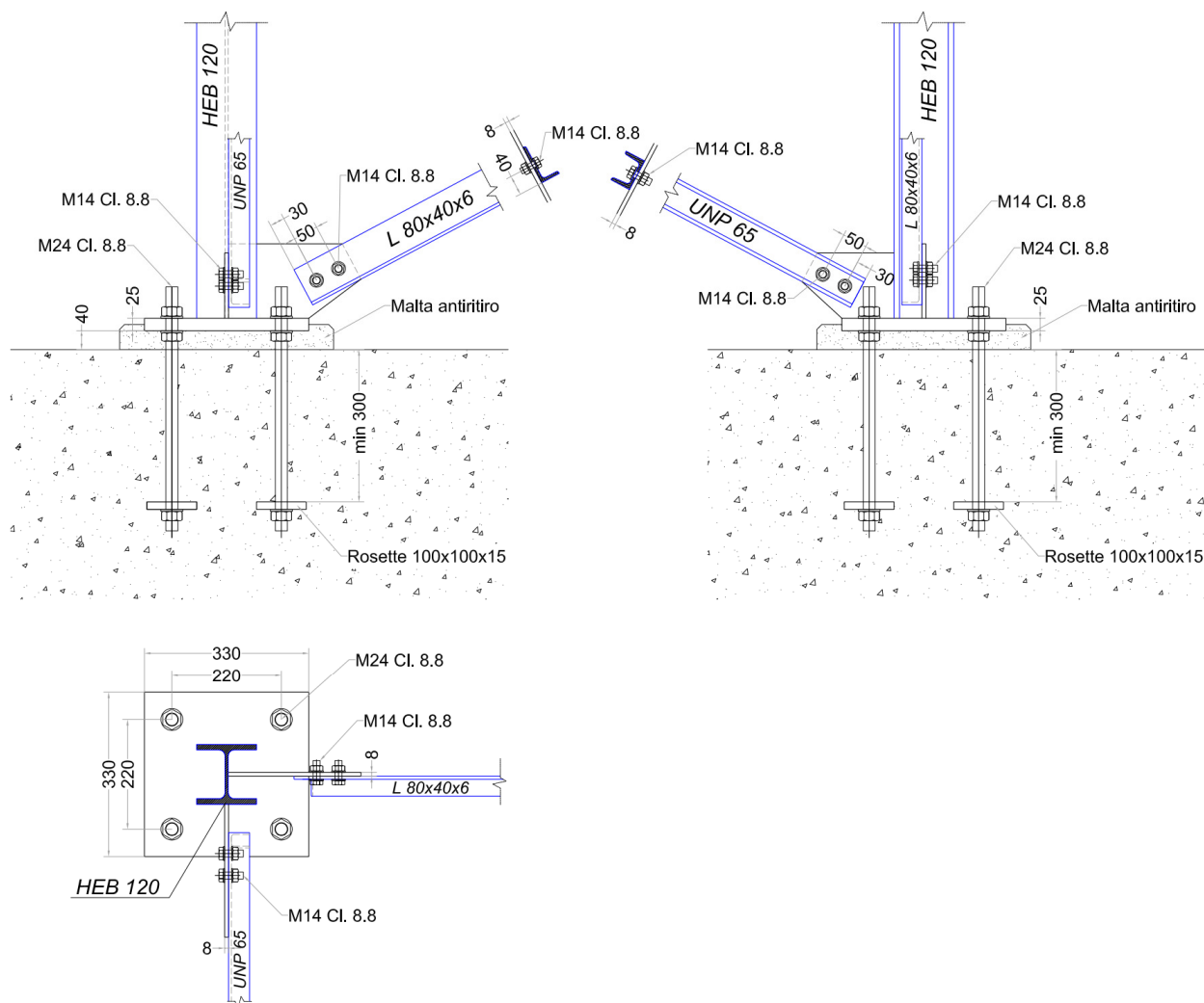
$$A_{net} = 2A_c - 4 \cdot d_o \cdot t_f = 2 \cdot 1 \cdot 12 - 4 \cdot 1,3 \cdot 0,8 = 19,84 \text{ cm}^2$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot 19,84 \cdot \frac{4300}{1,25} = 61424 \text{ daN} > 10020 \text{ daN}$$

6.6 COLLEGAMENTO MONTANTE – FONDAZIONE

Il collegamento fra i montanti realizzati in HEB 120 in acciaio S275 JR e la fondazione in cemento armato con calcestruzzo C25/30, schematizzato come articolato, è formato da una piastra di ripartizione 330x330x25 saldata all'estremità del montante e fissata al calcestruzzo con n° 4 barre filettate M24 Cl. 8.8 annegate per almeno 30 cm nel calcestruzzo con rosette 100x100x15.

Nell'immagine seguente si riporta un dettaglio del collegamento:



Come visto nel capitolo relativo alle verifiche agli SLU le sollecitazioni massime alla base si rilevano con il modello Vento diagonale; si riportano le verifiche per la colonna soggetta alla massima compressione e per la colonna soggetta alla massima trazione:

COLONNA COMPRESSA

Colonna-Fondazione

Colonna: Gruppo = 1 Elemento = 40 Nodo = 45 **HEB 120** S 275 (Fe 430)
 [Verifica] Banca n. 0: Banche generali AMV
 Assi locali piastra
 $N = -38833.13 \text{ daN}$
 $T_y = -581.95 \text{ daN}$ $M_y = -3.49 \text{ daN*cm}$
 $T_z = 37.31 \text{ daN}$ $M_z = -5.18 \text{ daN*cm}$
 Per le sollecitazioni di ogni c.c. riferirsi ai risultati dell'analisi strutturale.
[Verifica piastra di base] (S 275 (Fe 430), Rck 300)
 330x330x25 Tipologia n. 2 A = 220 B = 220 (mm)
[Verifica cls]
 Verifica cls: I.R. = 0.46
 Verifica piastra: Sigma id = 1875.6 daN/cm² I.R. = 0.72
[Verifica tirafondo] (Cl. 8.8)

Numero 4 tirafondi: Diam. tirafondo = 24 (mm)
 Massime forze trasmesse al singolo tirafondo e relative resistenze:
 Fvb,Sd = 145.49 daN Ftb,Sd = 0.00 daN
 Fvb,Rd = 13555 daN Ft,Rd = 20333 daN I.R. = 0.01
[Verifica saldatura profilo]
 Saldatura a cordone d'angolo (doppia sull'ala): verificata
 Lunghezza1: 120 (mm) Altezza di gola1: 7 (mm)
 Lunghezza2: 74 (mm) Altezza di gola2: 4 (mm)
 Lunghezza3: 45 (mm) Altezza di gola3: 7 (mm)
 Sigma perp. = 1101.7 daN/cm² Tens par. = 98.3 daN/cm²
 I.R. = 0.48
[Resistenza del nodo]
 Modalità di collasso: **nessuna**, situazione più gravosa [Verifica piastra]

Per la colonna compressa si riporta per esteso la verifica a schiacciamento del calcestruzzo secondo il metodo suggerito da EC 3:

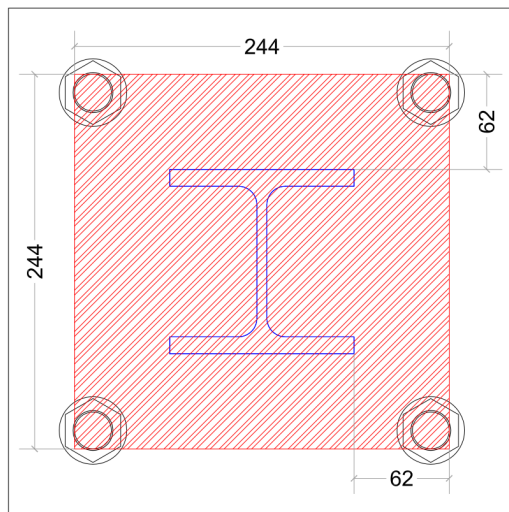
$$N_{Ed} = -38833 \text{ daN}$$

La fondazione è stata realizzata con calcestruzzo Rck300 (C 25/30). La piastra alla base della colonna montante è spessa 25 mm ed è realizzata in acciaio S275 JR; si calcola quindi la sezione efficace per azioni di compressione:

$$f_{jd} = 0,57 \cdot f_{ck} = 0,57 \cdot 0,83 \cdot R_{ck} = 0,57 \cdot 0,83 \cdot 300 = 141,93 \text{ daN / cm}^2$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 2,5 \cdot \sqrt{\frac{2750}{3 \cdot 141,93 \cdot 1,05}} = 6,2 \text{ cm}$$

Nell'immagine seguente si riporta l'impronta della sezione efficace a compressione:



La superficie efficace è pari a 595 cm² per cui si verifica la resistenza allo schiacciamento del calcestruzzo:

$$F_{C,r,Rd} = A_{c0} \cdot f_{jd} = 595 \cdot 141,93 = 84448 \text{ daN} > N_{Ed} = 38833 \text{ daN}$$

COLONNA TESA

Colonna-Fondazione

Colonna: Gruppo = 1 Elemento = 1 Nodo = 1 **HEB 120** S 275 (Fe 430)
 [Verifica] Banca n. 0: Banche generali AMV
 Assi locali piastra
 N = 38774.56 daN
 Ty = 3486.78 daN My = -4.48 daN*cm
 Tz = -2775.74 daN Mz = -4.97 daN*cm
 Per le sollecitazioni di ogni c.c. riferirsi ai risultati dell'analisi strutturale.
[Verifica piastra di base] (S 275 (Fe 430), Rck 300)
 330x330x25 Tipologia n. 2 A = 220 B = 220 (mm)
[Verifica cls]
 Verifica cls: I.R. = 0.00
 Verifica piastra: Sigma id = 1857.0 daN/cm² I.R. = 0.71
[Verifica tirafondo] (Cl 8.8)
 Numero 4 tirafondi: Diam. tirafondo = 24 (mm)
 Rosetta: 100x100x15 (mm)
 Massime forze trasmesse al singolo tirafondo e relative resistenze:
 Fvb, Sd = 871.70 daN Ftb, Sd = 9693.75 daN
 Fvb, Rd = 13555 daN Ft, Rd = 20333 daN I.R. = 0.48
[Verifica saldatura profilo]
 Saldatura a cordone d'angolo (doppia sull'ala): verificata
 Lunghezza1: 120 (mm) Altezza di gola1: 7 (mm)
 Lunghezza2: 74 (mm) Altezza di gola2: 4 (mm)
 Lunghezza3: 45 (mm) Altezza di gola3: 7 (mm)
 Sigma perp. = 1100.1 daN/cm² Tens par. = 589.0 daN/cm²
 I.R. = 0.64
[Resistenza del nodo]
 Modalità di collasso: **nessuna**, situazione più gravosa [Verifica piastra]

Per l'ancoraggio nel cemento armato dei tirafondi, si prevede una rosetta di 100x100x15 mm. La profondità delle rosette dalla superficie del getto è ipotizzata pari a 30 cm. Questa rosetta è equivalente a una circolare di raggio:

$$r = \frac{d}{\sqrt{\pi}} = 5,64 \text{ cm}$$

La forza trasmissibile dall'ancoraggio, essendo L la lunghezza del tirafondo annegata nel getto e a la distanza dal bordo della fondazione il cui valore minimo è stato ipotizzato di 30 cm, risulta, considerando calcestruzzo C25/30 (Rck 300):

$$f_{ck} = 0,83 \cdot Rck = 0,83 \cdot 30 = 24,9 \text{ N / mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,30 \cdot 24,9^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ N / mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 0,7 \cdot 2,56 = 1,79 \text{ N / mm}^2$$

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1,79 = 4,03 \text{ N / mm}^2 = 40,3 \text{ daN / cm}^2$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c} = \frac{40,3}{1,5} = 26,87 \text{ daN / cm}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{r}{a} = 1 - \frac{5,64}{30} = 0,81$$

$$f_{cd} = 0,83 \cdot \frac{0,85}{1,5} \cdot R_{ck} = 141,1 \text{ daN / cm}^2$$

$$N_{Rd, tir} = \frac{f_{bd}}{\left(1 + \frac{\varphi}{a}\right)^2} \cdot \pi \cdot \varphi \cdot L + f_{cd} \cdot \alpha \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{26,87}{\left(1 + \frac{2,4}{30}\right)^2} \cdot \pi \cdot 2,4 \cdot 30 + 141,1 \cdot 0,81 \cdot \pi \cdot 5,64^2 = 16665 \text{ daN}$$

$$N_{Rd, tir} = 16665 \text{ daN} > N_{Ed, tir} = 9694 \text{ daN}$$

Il collegamento colonna-fondazione risulta verificato.

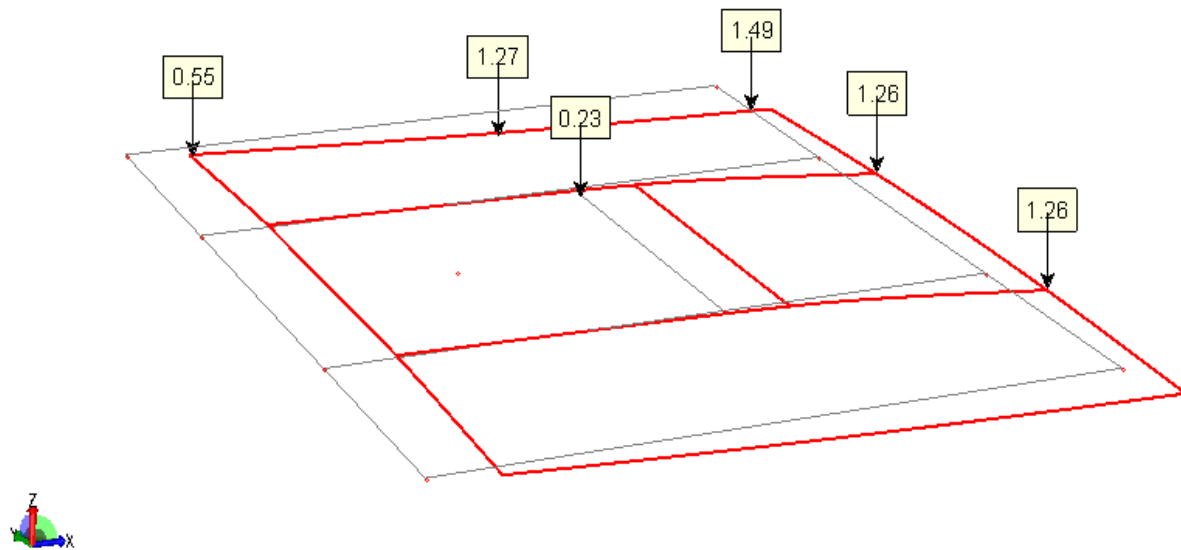
7 VERIFICHE SLS

Le verifiche agli stati limite di servizio consistono essenzialmente nelle limitazioni di deformabilità degli elementi strutturali; nel caso in esame occorre controllare la freccia delle travi del ballatoio e gli spostamenti orizzontali della struttura.

7.1 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ BALLATOIO

La struttura del ballatoio in esame è costituita da due mensole in profili HEA 100 e da travi perimetrali UNP 160.

Si riporta la deformata delle travi del ballatoio (amplificata di 10 volte) con la combinazione di carico 9; combinazione rara con azione base i carichi variabili verticali:



Deformata Ballatoio a q. +18,00 – Modello Vento +X- *Combinazione di carico 9 rara con azione base carichi variabili*

Per le mensole HEA 100 la freccia all'estremo libero con la combinazione considerata vale:

$$f = 1,26 - 0,23 = 1,03 \text{ cm}$$

Sulla luce di 130 cm. Per i solai il rapporto limite freccia/luce è 1/250.

Trattandosi di una mensola il confronto si fa con il doppio della luce:

$$\frac{f}{2L} = \frac{1,03}{2 \cdot 130} = \frac{1}{252} < \frac{1}{250}$$

Per la trave perimetrale UNP 160 la freccia in mezzera con la combinazione considerata vale:

$$f = 1,27 - \left(\frac{0,55 + 1,49}{2} \right) = 0,25 \text{ cm} \quad \text{Sulla luce di 314 cm}$$

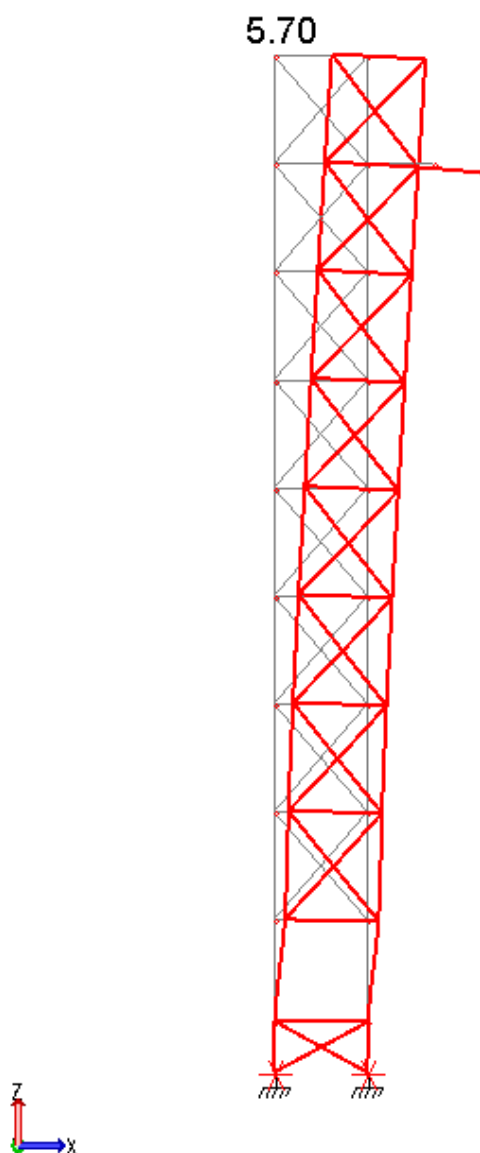
$$\frac{f}{L} = \frac{0,25}{314} = \frac{1}{1256} < \frac{1}{250}$$

7.2 VERIFICA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

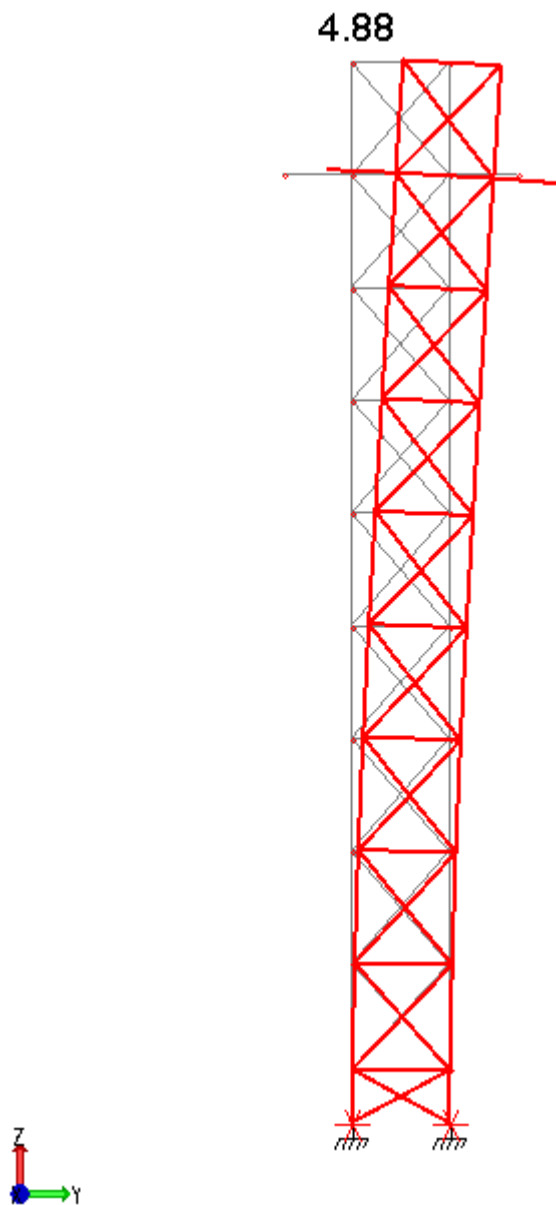
Questa verifica si esegue per le combinazioni di carico rare aventi come azione base il vento che danno i maggiori spostamenti orizzontali. Trattandosi di fabbricato monopiano senza carroponete, lo spostamento massimo ammissibile in sommità è:

$$\frac{\Delta}{H} = \frac{1}{150} \Rightarrow \Delta_{adm} = \frac{H_{med}}{150} = \frac{2000}{150} = 13,33 \text{ cm}$$

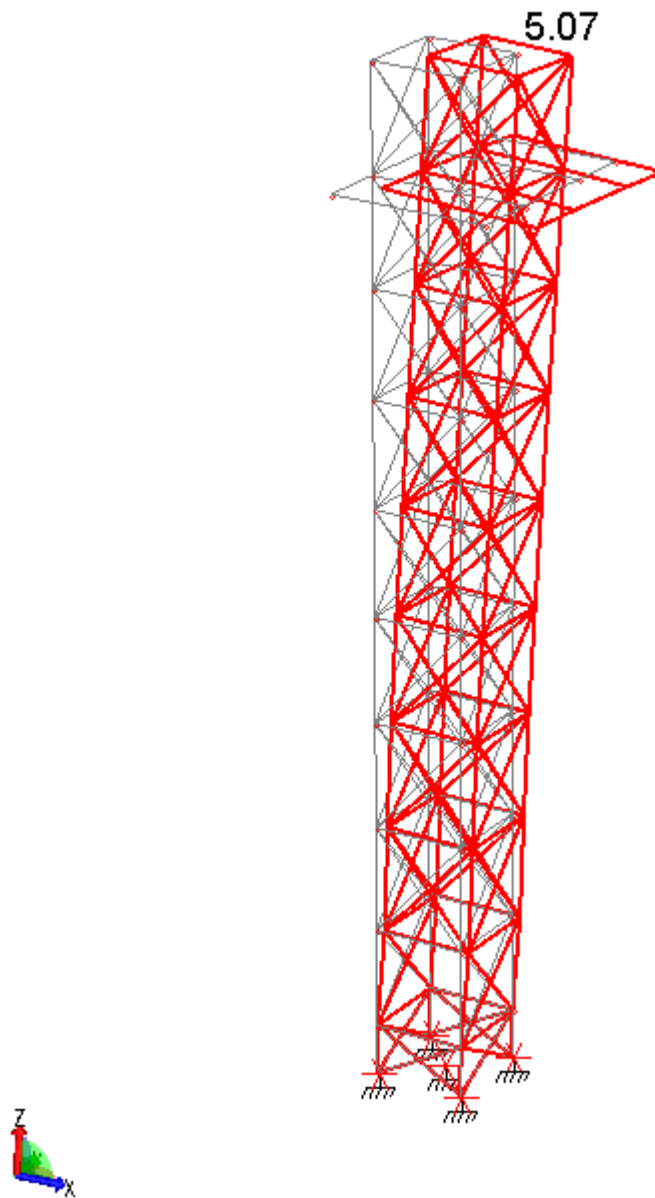
Si riportano le deformate nelle tre direzioni principali con le combinazioni di carico rare con azione base il vento ottenute con i vari modelli adattati a seconda della direzione del vento stesso.



Deformata Modello vento +X - Combinazione di carico 6 rara con azione base vento +X



Deformata Modello vento +Y - *Combinazione di carico 7 rara con azione base vento +Y*



Deformata Modello vento diagonale- *Combinazione di carico 8 rara con azione base vento diagonale*

Il massimo spostamento in sommità delle colonne è pari a 5,70 cm con il modello con vento in direzione +X nettamente inferiore al limite ammissibile

$$\Delta_{\max} = 5,70 \text{ cm} < \Delta_{\text{adm}} = 13,33 \text{ cm}$$

8 VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO SULLA LORO ATTENDIBILITA'

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza e da verifiche eseguite manualmente.

8.1 INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

Titolo del codice di calcolo: MasterSap;

Autore, produttore e distributore: AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go);

Versione: MasterSap Top vers. 2022 R 2

Estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso: Licenza 36357 decorrenza 12/10/2011

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



LICENZA D'USO SOFTWARE

Ragione Sociale: **VMC COSTRUZIONI METALLICHE SRL**

Indirizzo: **VIA LIVORNESE, 32/A**

CAP: **56040**

Città: **CENAIA - CRESPINA**

Prov.: **PI**

Telefono: **050.642204**

Fax: **050.642898**

Email: **livio@vmcsrl.biz**

Partita IVA: **01901210508**

Codice Fiscale:

DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

DESCRIZIONE PROGRAMMI

TITOLO PROGRAMMA	AUTORE / DISTRIBUT.	VERS.	N° LICENZA D'USO	DECORRENZA LICENZA D'USO	SCADENZA ASSIST./ MANUT.
MASTERSAP TOP	AMV	35,00	36357	12/10/2011	15/10/2023
MASTERARM TOP	AMV	35,00	36357	12/10/2011	15/10/2023
MASTERLEGNO TOP	AMV	35,00	36357	03/06/2013	15/10/2023
MASTERSTEEL TOP	AMV	35,00	36357	03/06/2013	15/10/2023
MASTERNODO TOP	AMV	35,00	36357	12/10/2011	15/10/2023
SUITE CAD ACCIAIO TOP	AMV	35,00	36358	12/10/2011	15/10/2023

8.1.1 AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

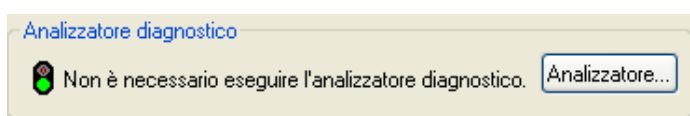
L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

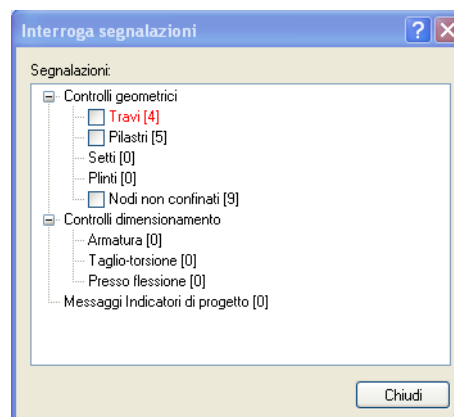
In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.



Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.



Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire delle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodia-gnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.
Amministratore Unico
Ing. Luciano Migliorini