



# COMUNE DI TUORO

## PROGETTO DEFINITIVO RIPARAZIONE - RIQUALIFICAZIONE PONTILE PUNTA NAVACCIA

### RELAZIONE CALCOLO PRELIMINARE STRUTTURE

COMM. C C L	DOC. R 0 0 3	REV. 0	SCALA -	FILE C C L R 0 0 3 0
----------------	-----------------	-----------	------------	-------------------------

Coordinamento generale e responsabile del progetto: ING. VASCO TRUFFINI



Dott. Arch. NORBERT KAMENICKY  
Dott. Ing. NANDO GRANIERI  
Dott. Ing. VASCO TRUFFINI  
Dott. Ing. CLAUDIA VALIGI  
Dott. Arch. JOANNA CHWAST  
Geom. ANNA FARNESI  
P.I. LUCIO GIGLIONI

0	giugno 2023	EMISSIONE	C. Valigi	N. Granieri	V. Truffini
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	AUTORIZZATO

---

1	PREMESSA.....	3
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
3.1	ACCIAIO CARPENTERIA METALLICA.....	6
3.1.1	Acciaio profilati metallici S355 JR .....	6
3.1.2	Acciaio bulloni e dadi .....	6
3.1.3	Saldature.....	6
3.1.4	Rivestimenti protettivi .....	6
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	7
4.1	COMBINAZIONE DEGLI EFFETTI DELL’AZIONE SISMICA .....	9
4.2	COMBINAZIONE DELL’AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI.....	9
5	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	10
5.1	CODICE DI CALCOLO .....	10
5.2	TIPO DI ANALISI SVOLTA .....	10
5.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	11
5.4	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE .....	11
5.5	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	11
6	ANALISI DEI CARICHI .....	12
6.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	12
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	12
6.3	CARICHI VARIABILI.....	13
6.3.1	Categoria C .....	13
6.3.2	Azione termica .....	13
6.3.3	Azione del vento.....	14
6.3.4	Azione sismica .....	17
7	COMBINAZIONI DI CARICO .....	18
8	VERIFICA DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE METALLICHE .....	28
8.1	SOLLECITAZIONI .....	28
8.2	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE IPE160.....	33
8.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE160 .....	35
8.4	VERIFICHE DI RESISTENZA ARCARECCI SUPERIORI IPE100 .....	37
8.5	VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVI INFERIORI HEA120.....	39
8.6	VERIFICHE DI RESISTENZA ARCARECCI INFERIORI IPE120.....	41
9	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA.....	43
9.1	TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI IN MEZZERIA .....	44

---

9.2	COLONNE - SPOSTAMENTI ORIZZONTALI.....	46
-----	--	----

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativi al progetto di riparazione e riqualificazione del pontile di Punta Navaccia, sito a Tuoro.

Si prevede la demolizione della parte ammalorata sovrapposta alla preesistente struttura muraria e la successiva sostituzione con una struttura in acciaio appoggiata ed ancorata sulla esistente soletta in c.a. che verrà opportunamente risanata e livellata.

Tale intervento rientra nella categoria "riparazione o intervento locale" come previsto dalle vigenti normative, in quanto lo scopo è quello di ripristinare le parti ammalorate della struttura (camminamento), senza modificare significativamente il comportamento globale della costruzione.

L'impalcato metallico in progetto infatti, grazie alla sua leggerezza, non grava in maniera importante sul basamento di fondazione esistente, non oggetto di intervento.

Di seguito, si procede alla dimostrazione che gli incrementi dei carichi globali verticali in fondazione dovuti alla nuova struttura rientrano nei limiti del 10%:

	B <sub>1</sub>	3	m
	B <sub>2</sub>	6.1	m
	h	2.6	m
Volume basamento esistente	V	11.83	m <sup>3</sup>
Peso specifico muratura	γ	1.9	t/m <sup>3</sup>
Peso basamento	P <sub>1</sub>	22.48	t/ml
Carico da folla	folla	500	kg/m <sup>2</sup>
	L <sub>tr</sub>	3	m
Peso pavimentazione	paviment	70	kg/m <sup>2</sup>
Peso struttura metallica	pp	100	kg/m <sup>2</sup>
PP+FOLLA+PAVIMENTAZIONE	P <sub>2</sub>	2.01	t/ml
σ verticale peso basamento+folla	σ <sub>1</sub>	0.0393	kg/cm <sup>2</sup>
σ verticale peso basamento+struttura+pavim+folla	σ <sub>2</sub>	0.0401	kg/cm <sup>2</sup>
σ verticale limite (1.1*σ <sub>1</sub> )	σ <sub>max</sub>	0.0432	kg/cm <sup>2</sup>
Variazione percentuale σ <sub>v</sub>		2%	

---

## **1.1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA**

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale secondo il DM 17 gennaio 2018.

La struttura metallica del pontile risulta composto da:

- Traverse superiori IPE160
- Arcarecci superiori IPE100
- Colonne IPE160
- Traverse inferiori HEB120
- Arcarecci inferiori IPE120

---

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.3]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [N.4]. Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture in acciaio” - ENV 1993-1-1.

---

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 ACCIAIO CARPENTERIA METALLICA

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale secondo il DM 17 gennaio 2018.

##### 3.1.1 Acciaio profilati metallici S355 JR

- modulo di elasticità normale E 210000 N/mm<sup>2</sup>
- modulo di elasticità tangenziale G 80769 N/mm<sup>2</sup>
- coefficiente di Poisson 0.3
- peso dell'unità di volume  $\gamma_s$  7850 kg/m<sup>3</sup>
- Per i laminati a caldo con profili a sezione aperta o cava, barre, larghi piatti, lamiere (con sp.  $\leq$  40mm):
- tensione di rottura a trazione  $f_{tk}$  510 N/mm<sup>2</sup>
- tensione di snervamento  $f_{yk}$  355 N/mm<sup>2</sup>

##### 3.1.2 Acciaio bulloni e dadi

Acciaio ad alta resistenza  
secondo

UNI 3740

Vite Classe 8.8

Dado Classe 8G

##### 3.1.3 Saldature

Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a DM 2018.

##### 3.1.4 Rivestimenti protettivi

Zincatura a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461.

---

## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

### Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale ( $V_N$ ), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso ( $C_U$ )

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $V_N = 50$  anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_U = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 50 \times 1.5 = 75$  anni

### Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

### Spettri di progetto

Di seguito si forniscono gli spettri di risposta elastici per lo SLV

Lat 43.1907 Long 12.0797

Categoria di sottosuolo tipo C

Classe d'uso: III

Vita nominale  $V_N = 50$  anni

$q = 1$



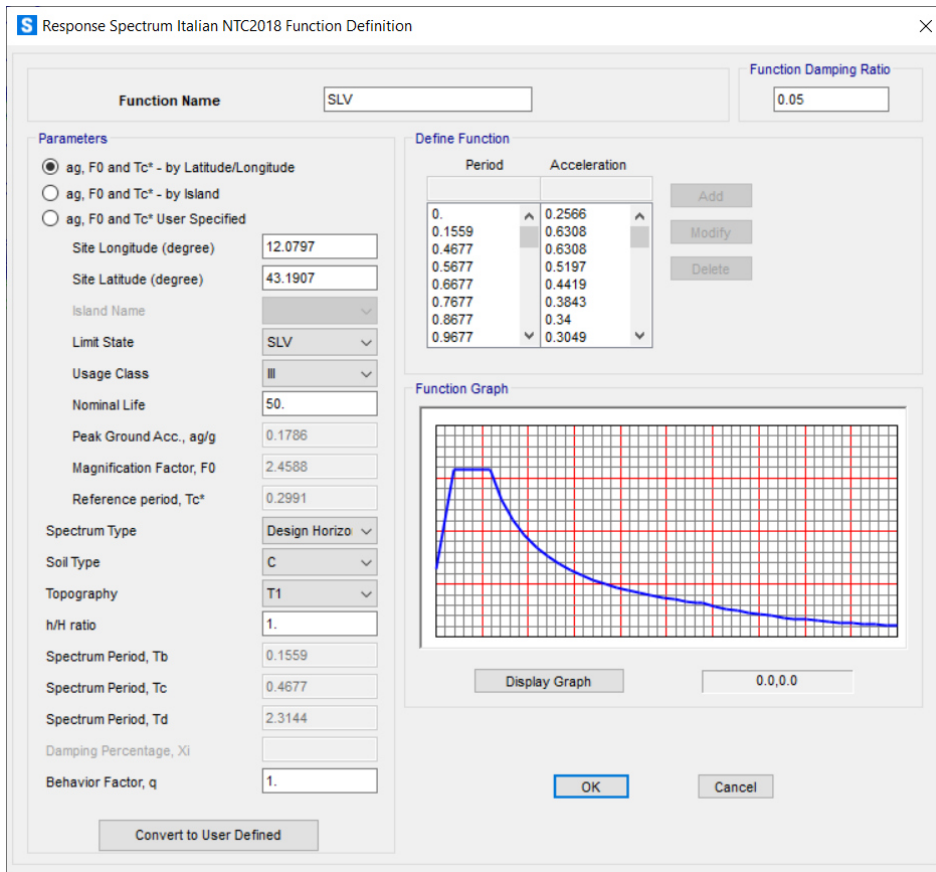


Figura 1 – Spettro SLV

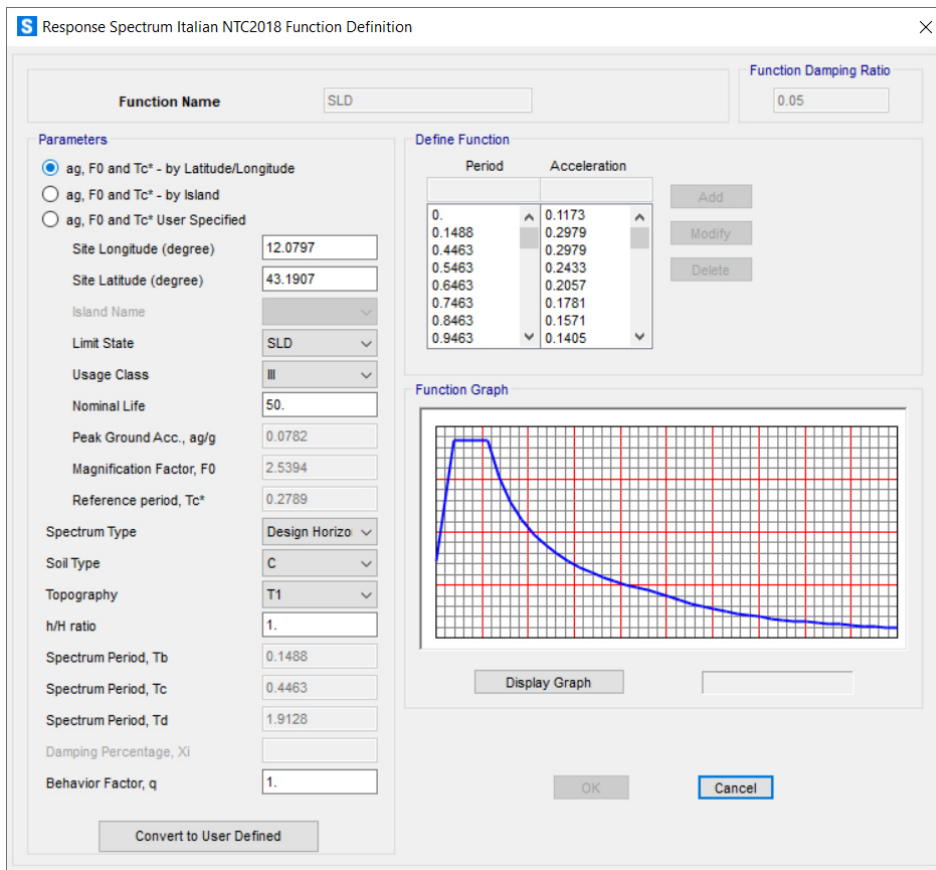


Figura 2 – Spettro SLD

---

#### 4.1 COMBINAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'AZIONE SISMICA

In accordo con il paragrafo 7.3.5. del D.M. 14.01.2018, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

$$\text{- Sisma in direzione longitudinale "X"} \Rightarrow 1.0 \times E_X + 0.3 \times E_Y + 0.3 \times E_Z;$$

$$\text{- Sisma in direzione trasversale "Y"} \Rightarrow 0.3 \times E_X + 1.0 \times E_Y + 0.3 \times E_Z;$$

Per ciascuna delle precedenti relazioni, gli effetti del sisma sono stati combinati facendo variare opportunamente il segno delle singole sollecitazioni al fine di massimizzare gli sforzi nella struttura.

#### 4.2 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

In accordo con il D.M. 14/01/2018 paragrafo 3.2.4, i carichi sismici vanno combinati con le altre azioni secondo la seguente espressione:

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

dove:

$G_1$   $\Rightarrow$  peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali;

$G_2$   $\Rightarrow$  carichi permanenti portati;

$E$   $\Rightarrow$  azioni derivanti dai terremoti;

$Q_{kj}$   $\Rightarrow$  azioni variabili sulla struttura.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

## 5 MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 5.1 CODICE DI CALCOLO

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

Titolo           SAP 2000

Versione        24.2

Distributore    CSI ITALIA

### 5.2 TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La struttura viene discretizzata con un modello tridimensionale in elementi tipo trave.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Il modello di calcolo è mostrato in figura:

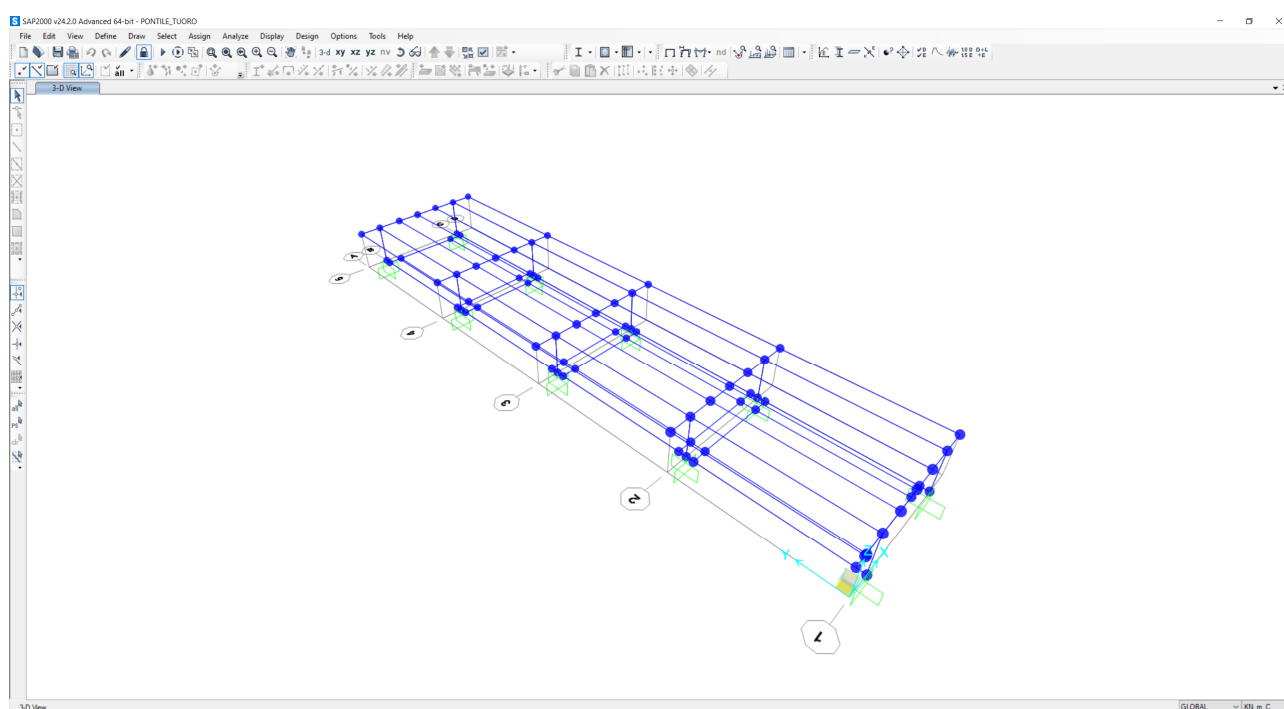
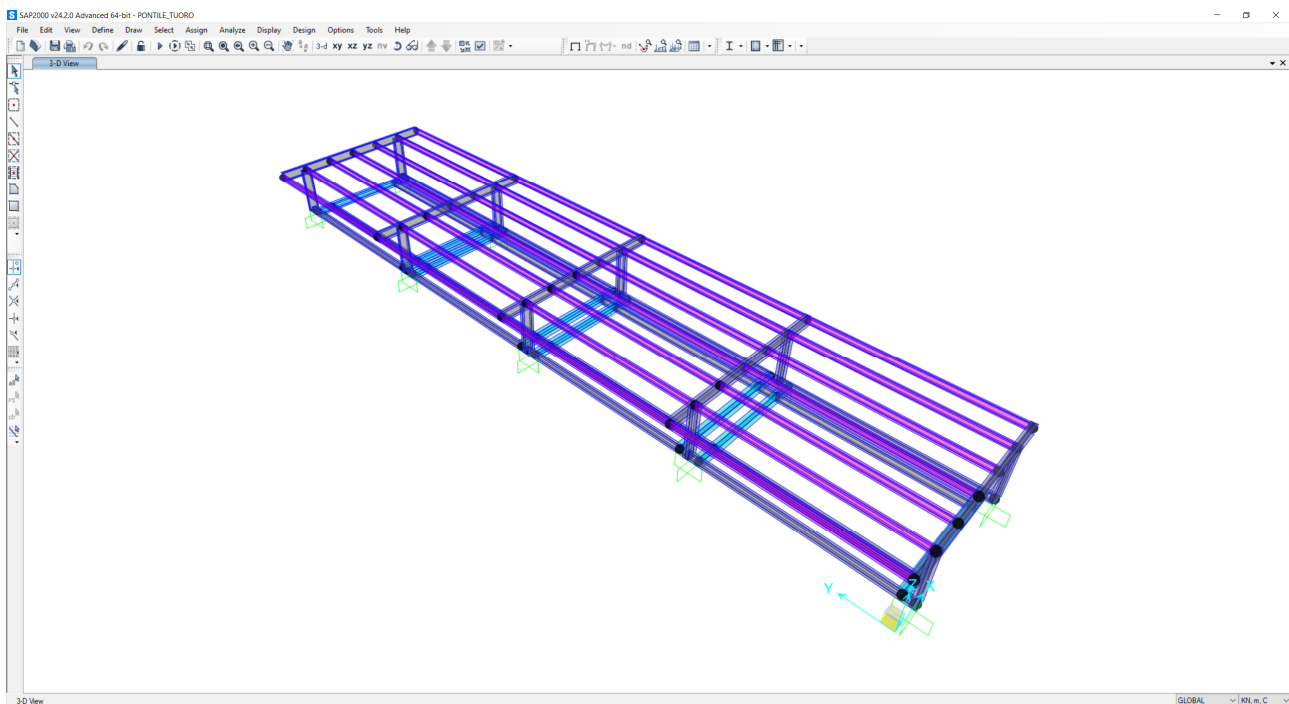


Figura 3 – Modello 3D con griglia



**Figura 4 – Modello 3D – vista estrusa**

### **5.3 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si è fatto uso del programma di calcolo SAP2000

Il produttore fornisce idonea documentazione utile al corretto uso del programma. Sul sito del produttore è inoltre possibile scaricare la necessaria documentazione utile alla validazione del programma.

### **5.4 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare sia in forma grafica che tabellare i dati del modello strutturale in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **5.5 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

### 6.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato calcolato considerando un peso specifico dell'acciaio di  $78,5 \text{ kN/m}^3$  incrementato del 10% per tenere in conto piatti, irrigidimenti e bullonature non contemplati direttamente nel modello. Tale azione è determinata automaticamente nel modello agli elementi finiti della struttura, realizzato in SAP2000, per la cui descrizione si rimanda ai capitoli seguenti.

### 6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Si considera il peso della nuova pavimentazione pari a  $0,7 \text{ kN/m}^2$ . Tale valore è desumibile dalle schede tecniche fornite del produttore.

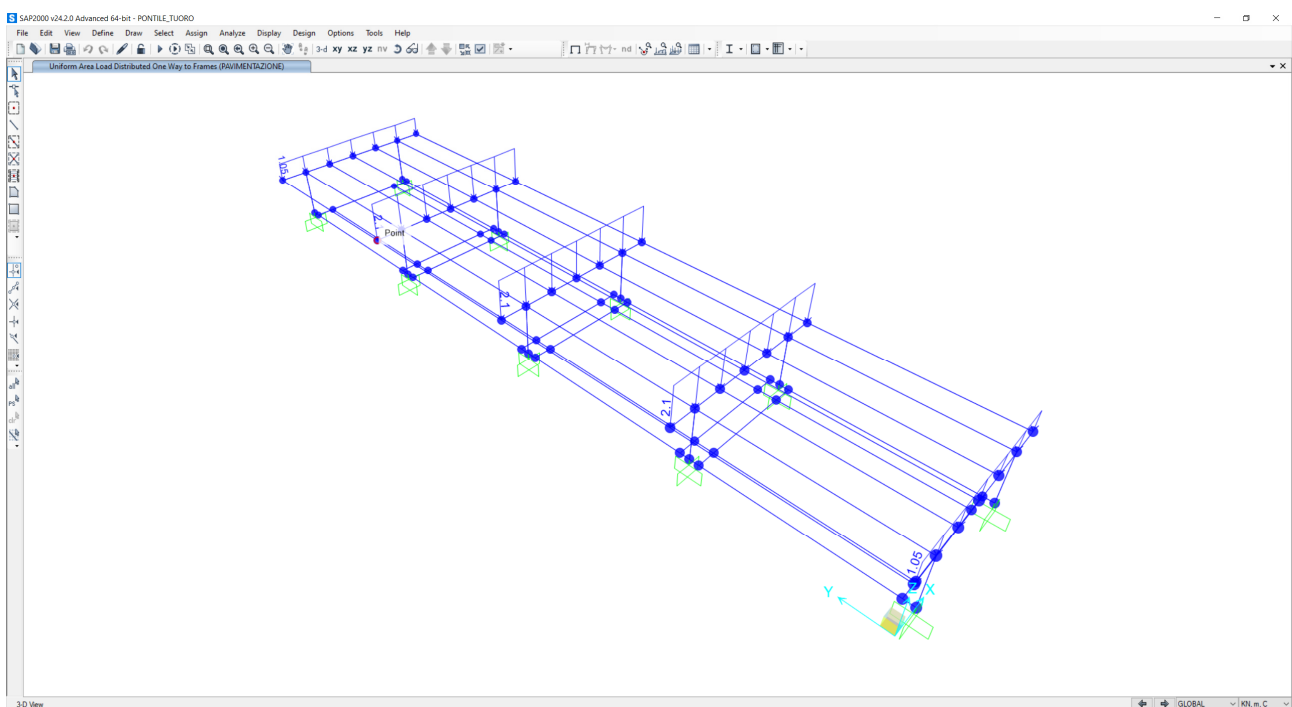


Figura 5 – Peso pavimentazione

## 6.3 CARICHI VARIABILI

### 6.3.1 Categoria C

In relazione al tipo di opera, a favore di sicurezza, si considera un valore assimilabile alla categoria “C3: ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone”.

Si assume quindi un valore pari a  $5,0 \text{ kN/m}^2$ .

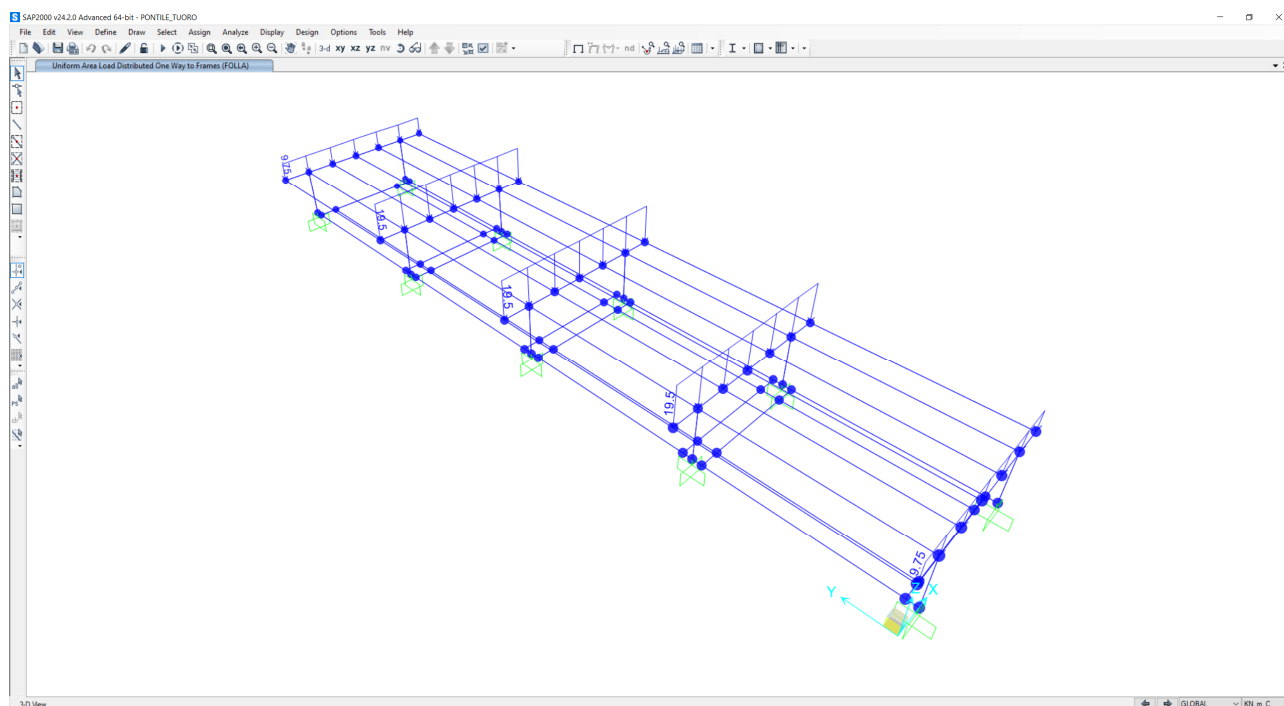


Figura 6 – Carico folla

### 6.3.2 Azione termica

Si applica la variazione uniforme della temperatura di  $\pm 25^\circ$  alle membrature in acciaio.

Il coefficiente di dilatazione termica vale  $\alpha=0,00001$ .

### 6.3.3 Azione del vento

#### CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

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

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
3	27	500	0,37
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			256
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad c_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$			
$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$			
$c_a = 1$	$v_b$ [m/s] = 27,000		
$v_r = v_b \cdot c_r \quad c_r = 0,75 \cdot \{1 - 0,2 \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_r)]\}^{0,5}$			
$c_r = 1,00000$	$v_r$ [m/s] = 27,000		



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

#### Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

$q_r$ [N/mq]	455,63
--------------	--------

#### Coefficiente di pressione

Esso dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

#### Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

#### Coefficiente di esposizione

#### Classe di rugosità del terreno

D) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)

#### Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

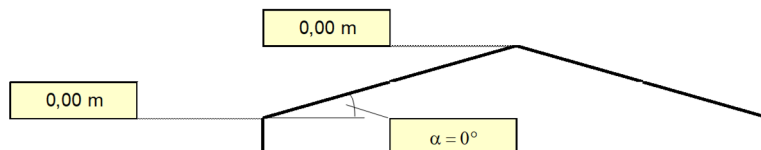
Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
3	D	256

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{\min}$$

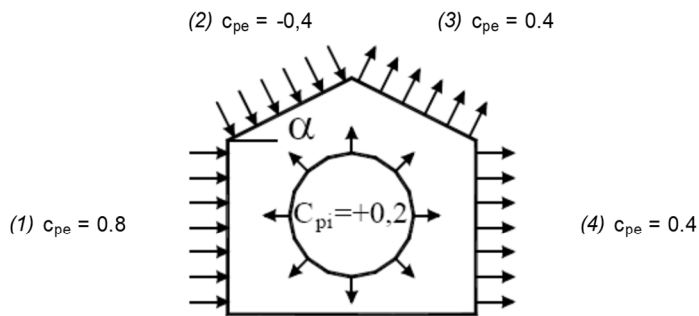
$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \text{ per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]	$c_t$
III	0,2	0,1	5	1

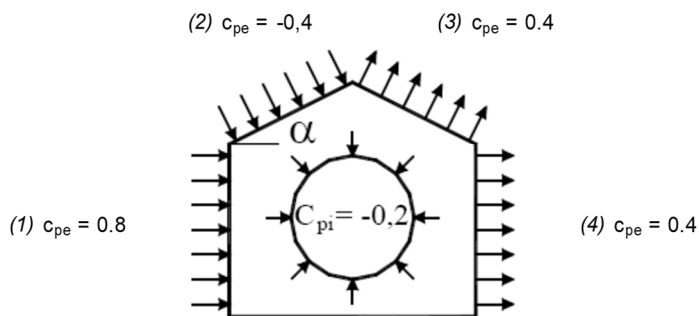
$z$ [m]	$c_e$
$z \leq 5$	1,708
$z = 0$	1,708
$z = 0$	1,708



(1)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0,60	0,467
(2)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	-0,60	-0,467
(3)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0,60	0,467
(4)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0,60	0,467

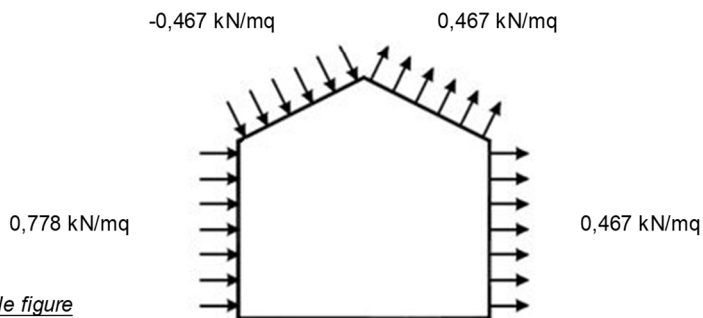


(1)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	1,00	0,778
(2)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	-0,20	-0,156
(3)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0,20	0,156
(4)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0,20	0,156



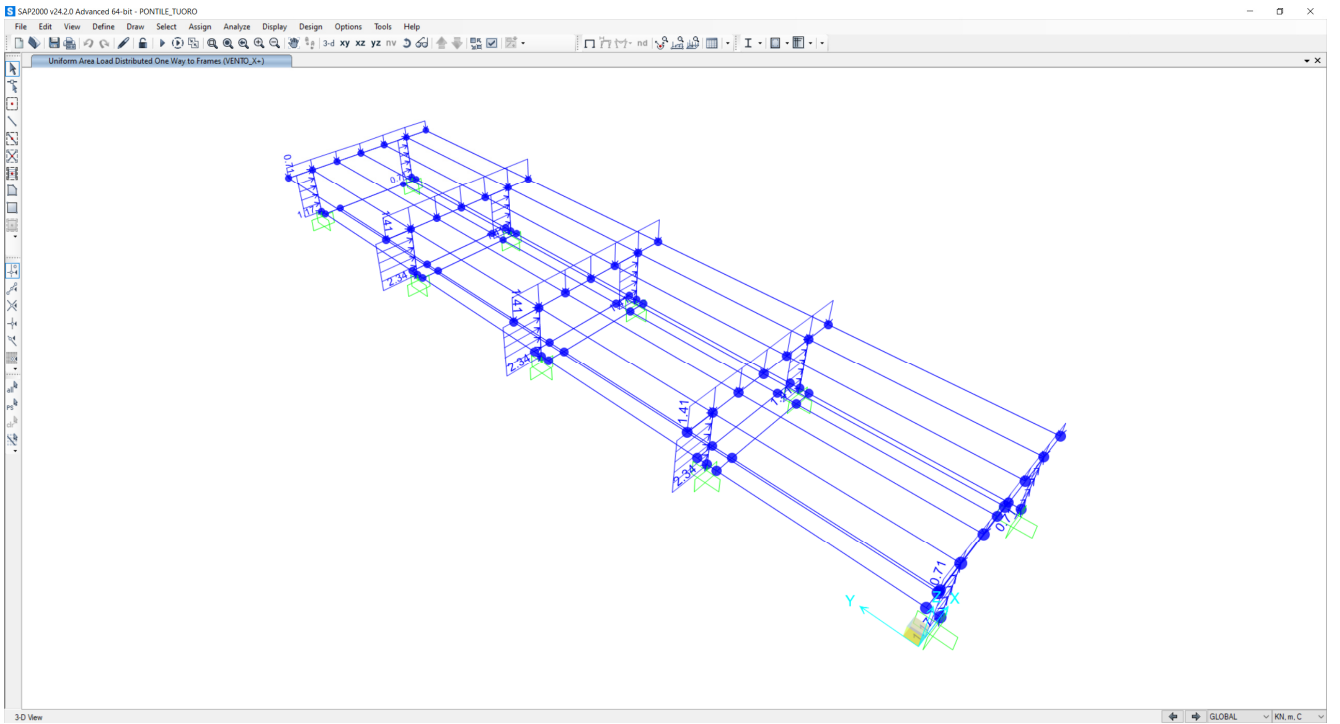
Combinazione più sfavorevole:

	$p$ [kN/mq]
(1)	0,778
(2)	-0,467
(3)	0,467
(4)	0,467

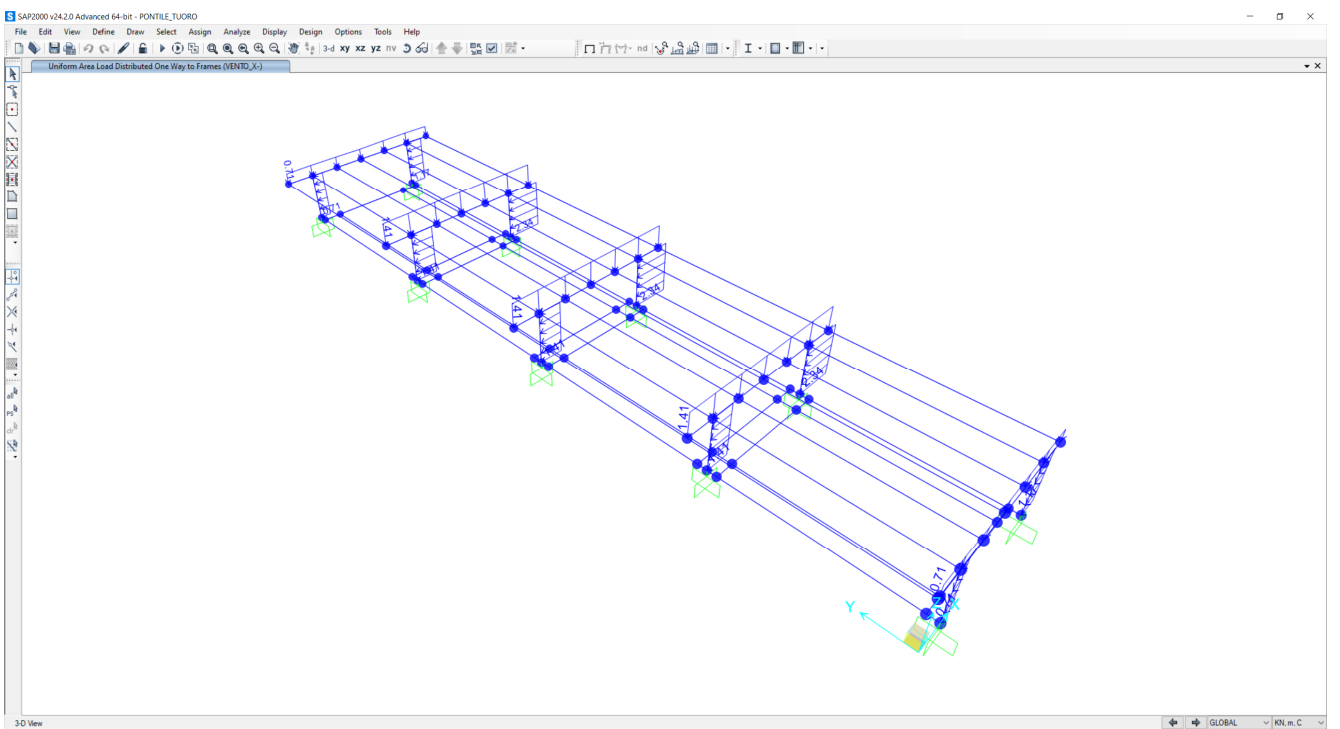


**N.B.** Se  $p$  (o  $c_{pe}$ ) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure





**Figura 7 – Vento X+**



**Figura 8 – Vento X-**

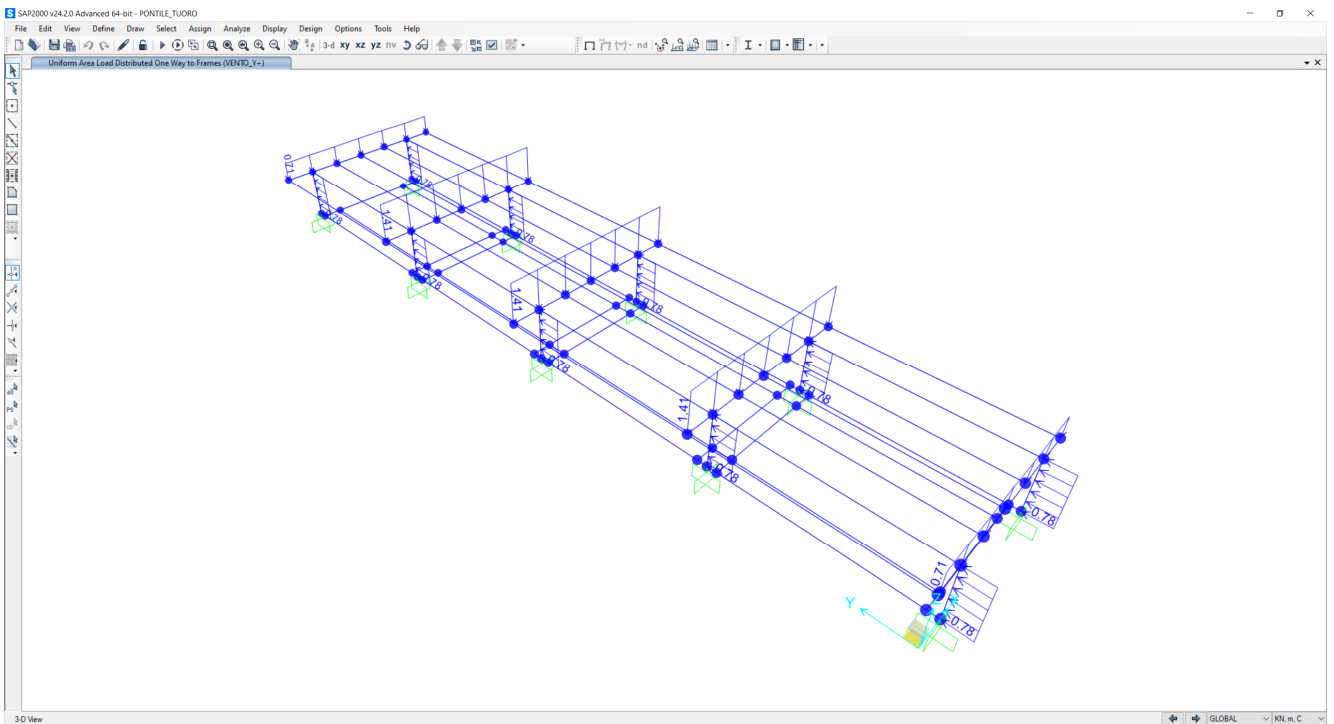


Figura 9 – Vento Y+

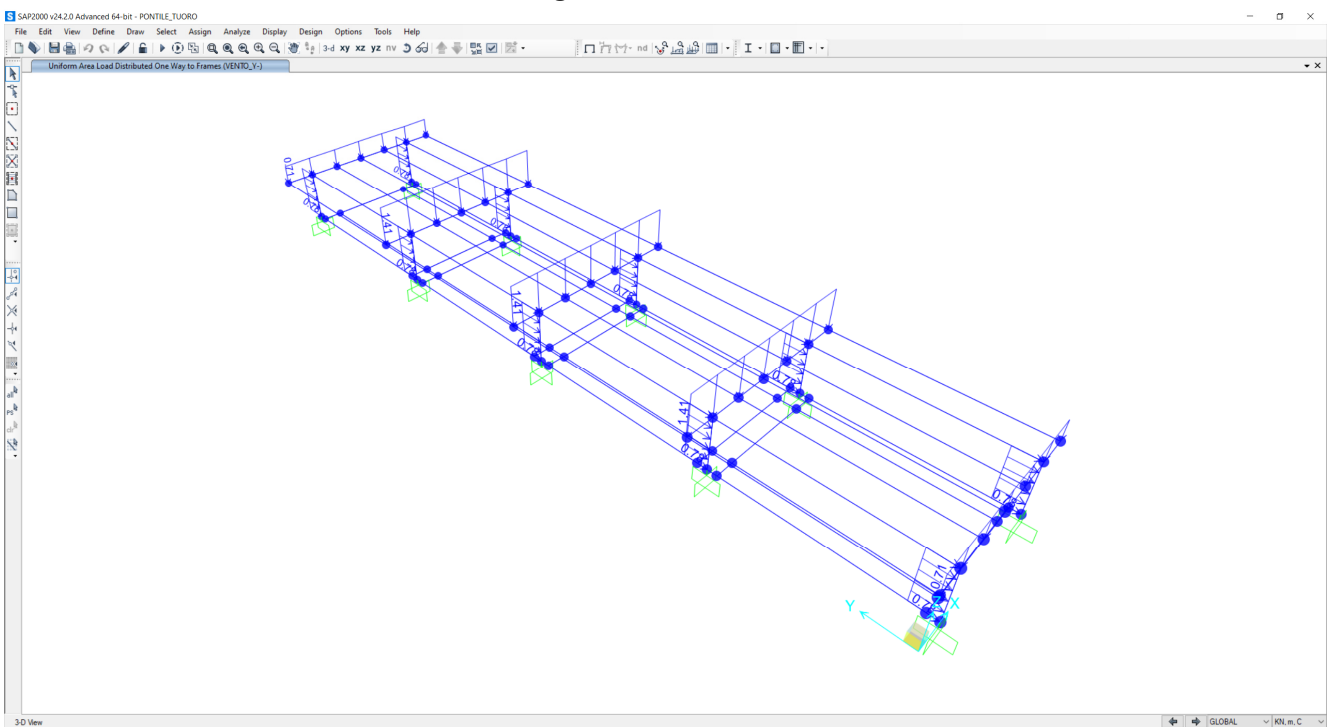


Figura 10 – Vento Y-

### 6.3.4 Azione sismica

Si rimanda al Cap.4

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

– Combinazione frequente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili; utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

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

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

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \text{ oppure } E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

**Tab. 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

**TABLE: Combination Definitions**

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Text
SLU1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU1			Linear Static	ONE	1.5	
SLU1			Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU1			Linear Static	VENTO_X+	0.9	
SLU1			Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU2			Linear Static	ONE	1.5	
SLU2			Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU2			Linear Static	VENTO_X-	0.9	
SLU2			Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU3			Linear Static	ONE	1.5	
SLU3			Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU3			Linear Static	VENTO_Y+	0.9	
SLU3			Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU4			Linear Static	ONE	1.5	

SLU4		Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU4		Linear Static	VENTO_Y-	0.9	
SLU4		Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU5	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU5		Linear Static	ONE	1.5	
SLU5		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU5		Linear Static	VENTO_X+	1.5	
SLU5		Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU6	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU6		Linear Static	ONE	1.5	
SLU6		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU6		Linear Static	VENTO_X-	1.5	
SLU6		Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU7	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU7		Linear Static	ONE	1.5	
SLU7		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU7		Linear Static	VENTO_Y+	1.5	
SLU7		Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU8	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU8		Linear Static	ONE	1.5	
SLU8		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU8		Linear Static	VENTO_Y-	1.5	
SLU8		Linear Static	TEMP+	0.9	
SLU9	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU9		Linear Static	ONE	1.5	
SLU9		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU9		Linear Static	VENTO_X+	0.9	
SLU9		Linear Static	TEMP+	1.5	
SLU10	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU10		Linear Static	ONE	1.5	
SLU10		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU10		Linear Static	VENTO_X-	0.9	
SLU10		Linear Static	TEMP+	1.5	
SLU11	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU11		Linear Static	ONE	1.5	
SLU11		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU11		Linear Static	VENTO_Y+	0.9	
SLU11		Linear Static	TEMP+	1.5	
SLU12	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1.3	Strength
SLU12		Linear Static	ONE	1.5	
SLU12		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU12		Linear Static	VENTO_Y-	0.9	
SLU12		Linear Static	TEMP+	1.5	
SLV_X	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1	Strength

SLV_X			Linear Static Response	PAVIMENTAZI ONE	1	
SLV_X			Spectrum Response	U_x	1	
SLV_X			Spectrum	U_y	0.3	
SLV_X			Linear Static	FOLLA	0.6	
SLV_Y	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI ONE	1	Strength
SLV_Y			Linear Static Response	PAVIMENTAZI ONE	1	
SLV_Y			Spectrum Response	U_x	0.3	
SLV_Y			Spectrum	U_y	1	
SLV_Y			Linear Static Response	FOLLA	0.6	
ENV_SLU	Envelope	No	Combo Response	SLU1	1	None
ENV_SLU			Combo Response	SLU2	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU3	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU4	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU5	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU6	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU7	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU8	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU9	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU10	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU11	1	
ENV_SLU			Combo Response	SLU12	1	
ENV_SLV	Envelope	No	Combo Response	SLV_X	1	None
ENV_SLV			Combo	SLV_Y	1	
SLO_X	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI ONE	1	None
SLO_X			Linear Static Response	PAVIMENTAZI ONE	1	
SLO_X			Spectrum Response	U_x_SLO	1	
SLO_X			Spectrum	U_y_SLO	0.3	
SLO_X			Linear Static	FOLLA	0.6	
SLO_Y	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI ONE	1	None
SLO_Y			Linear Static	PAVIMENTAZI ONE	1	

SLO_Y		Response Spectrum	U_x_SLO	0.3	
SLO_Y		Response Spectrum	U_y_SLO	1	
SLO_Y		Linear Static	FOLLA	0.6	
SLU13	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU13		Linear Static	ONE	1.5	
SLU13		Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU13		Linear Static	VENTO_X+	0.9	
SLU13		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU14	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU14		Linear Static	ONE	1.5	
SLU14		Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU14		Linear Static	VENTO_X-	0.9	
SLU14		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU15	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU15		Linear Static	ONE	1.5	
SLU15		Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU15		Linear Static	VENTO_Y+	0.9	
SLU15		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU16	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU16		Linear Static	ONE	1.5	
SLU16		Linear Static	FOLLA	1.5	
SLU16		Linear Static	VENTO_Y-	0.9	
SLU16		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU17	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU17		Linear Static	ONE	1.5	
SLU17		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU17		Linear Static	VENTO_X+	1.5	
SLU17		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU18	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU18		Linear Static	ONE	1.5	
SLU18		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU18		Linear Static	VENTO_X-	1.5	
SLU18		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU19	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU19		Linear Static	ONE	1.5	
SLU19		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU19		Linear Static	VENTO_Y+	1.5	
SLU19		Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU20	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
			PAVIMENTAZI		
SLU20		Linear Static	ONE	1.5	
SLU20		Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU20		Linear Static	VENTO_Y-	1.5	

SLU20			Linear Static	TEMP-	0.9	
SLU21	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
				PAVIMENTAZI		
SLU21			Linear Static	ONE	1.5	
SLU21			Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU21			Linear Static	VENTO_X+	0.9	
SLU21			Linear Static	TEMP-	1.5	
SLU22	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
				PAVIMENTAZI		
SLU22			Linear Static	ONE	1.5	
SLU22			Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU22			Linear Static	VENTO_X-	0.9	
SLU22			Linear Static	TEMP-	1.5	
SLU23	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
				PAVIMENTAZI		
SLU23			Linear Static	ONE	1.5	
SLU23			Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU23			Linear Static	VENTO_Y+	0.9	
SLU23			Linear Static	TEMP-	1.5	
SLU24	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.3	Strength
				PAVIMENTAZI		
SLU24			Linear Static	ONE	1.5	
SLU24			Linear Static	FOLLA	1.05	
SLU24			Linear Static	VENTO_Y-	0.9	
SLU24			Linear Static	TEMP-	1.5	
RARA1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA1			Linear Static	ONE	1	
RARA1			Linear Static	FOLLA	1	
RARA1			Linear Static	VENTO_X+	0.6	
RARA1			Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA2			Linear Static	ONE	1	
RARA2			Linear Static	FOLLA	1	
RARA2			Linear Static	VENTO_X-	0.6	
RARA2			Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA3			Linear Static	ONE	1	
RARA3			Linear Static	FOLLA	1	
RARA3			Linear Static	VENTO_Y+	0.6	
RARA3			Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA4			Linear Static	ONE	1	
RARA4			Linear Static	FOLLA	1	
RARA4			Linear Static	VENTO_Y-	0.6	
RARA4			Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA5			Linear Static	ONE	1	



RARA5		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA5		Linear Static	VENTO_X+	1	
RARA5		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA6	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA6		Linear Static	ONE	1	
RARA6		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA6		Linear Static	VENTO_X-	1	
RARA6		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA7	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA7		Linear Static	ONE	1	
RARA7		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA7		Linear Static	VENTO_Y+	1	
RARA7		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA8	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA8		Linear Static	ONE	1	
RARA8		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA8		Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA8		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA9	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA9		Linear Static	ONE	1	
RARA9		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA9		Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA9		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA10	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA10		Linear Static	ONE	1	
RARA10		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA10		Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA10		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA11	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA11		Linear Static	ONE	1	
RARA11		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA11		Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA11		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA12	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA12		Linear Static	ONE	1	
RARA12		Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA12		Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA12		Linear Static	TEMP+	0.6	
RARA13	Linear Add No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA13		Linear Static	ONE	1	
RARA13		Linear Static	FOLLA	1	
RARA13		Linear Static	VENTO_X+	0.6	
RARA13		Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA14	Linear Add No	Linear Static	DEAD	1	Deflection

				PAVIMENTAZI		
RARA14			Linear Static	ONE	1	
RARA14			Linear Static	FOLLA	1	
RARA14			Linear Static	VENTO_X-	0.6	
RARA14			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA15	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA15			Linear Static	ONE	1	
RARA15			Linear Static	FOLLA	1	
RARA15			Linear Static	VENTO_Y+	0.6	
RARA15			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA16	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA16			Linear Static	ONE	1	
RARA16			Linear Static	FOLLA	1	
RARA16			Linear Static	VENTO_Y-	0.6	
RARA16			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA17	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA17			Linear Static	ONE	1	
RARA17			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA17			Linear Static	VENTO_X+	1	
RARA17			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA18	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA18			Linear Static	ONE	1	
RARA18			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA18			Linear Static	VENTO_X-	1	
RARA18			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA19	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA19			Linear Static	ONE	1	
RARA19			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA19			Linear Static	VENTO_Y+	1	
RARA19			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA20	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA20			Linear Static	ONE	1	
RARA20			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA20			Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA20			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA21	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA21			Linear Static	ONE	1	
RARA21			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA21			Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA21			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA22	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	Deflection
				PAVIMENTAZI		
RARA22			Linear Static	ONE	1	
RARA22			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA22			Linear Static	VENTO_Y-	1	

RARA22			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA23	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA23			Linear Static	ONE	1	
RARA23			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA23			Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA23			Linear Static	TEMP-	0.6	
RARA24	Linear Add	No	Linear Static	DEAD PAVIMENTAZI	1	Deflection
RARA24			Linear Static	ONE	1	
RARA24			Linear Static	FOLLA	0.7	
RARA24			Linear Static	VENTO_Y-	1	
RARA24			Linear Static	TEMP-	0.6	
ENV_SLE	Envelope	No	Response Combo	RARA1	1	None
ENV_SLE			Response Combo	RARA2	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA3	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA4	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA5	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA6	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA7	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA8	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA9	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA10	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA11	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA12	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA13	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA14	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA15	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA16	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA17	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA18	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA19	1	
ENV_SLE			Response Combo	RARA20	1	

---

ENV_SLE	Response Combo	RARA21	1
ENV_SLE	Response Combo	RARA22	1
ENV_SLE	Response Combo	RARA23	1
ENV_SLE	Response Combo	RARA24	1

# 8 VERIFICA DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE METALLICHE

## 8.1 SOLLECITAZIONI

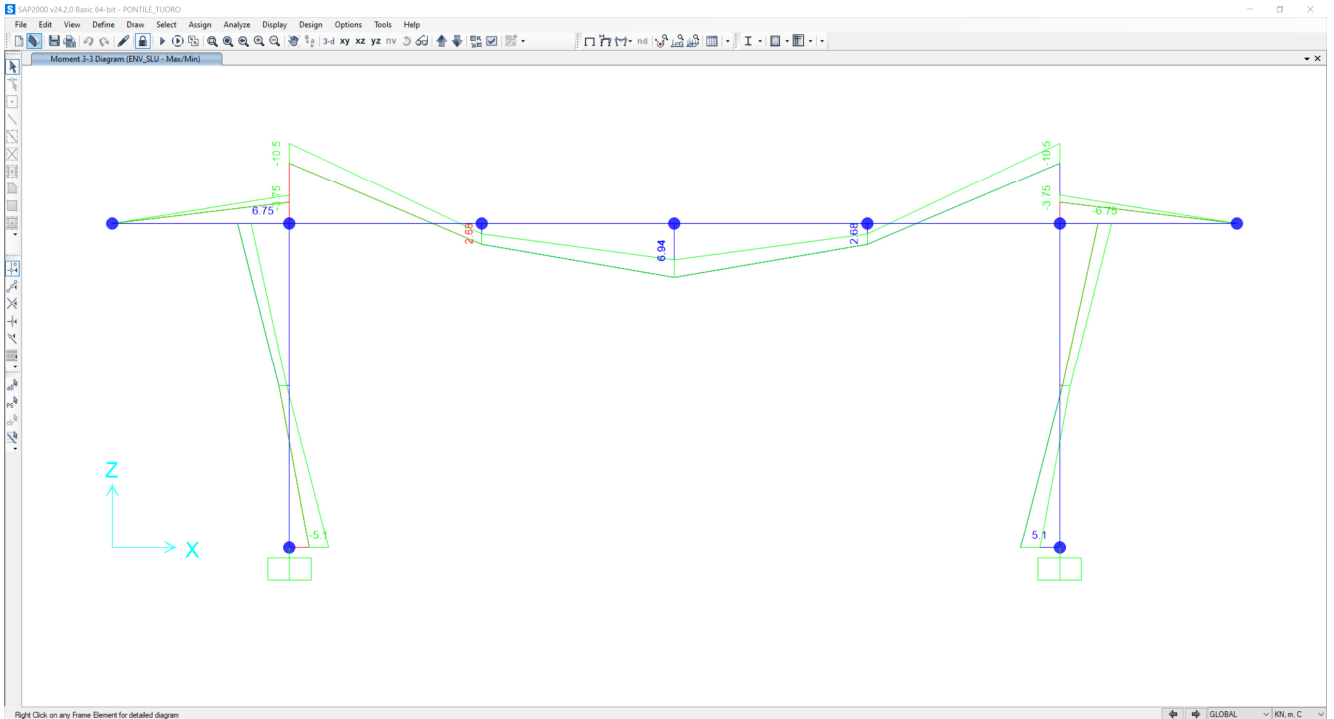


Figura 11 - Momento ENV\_SLU

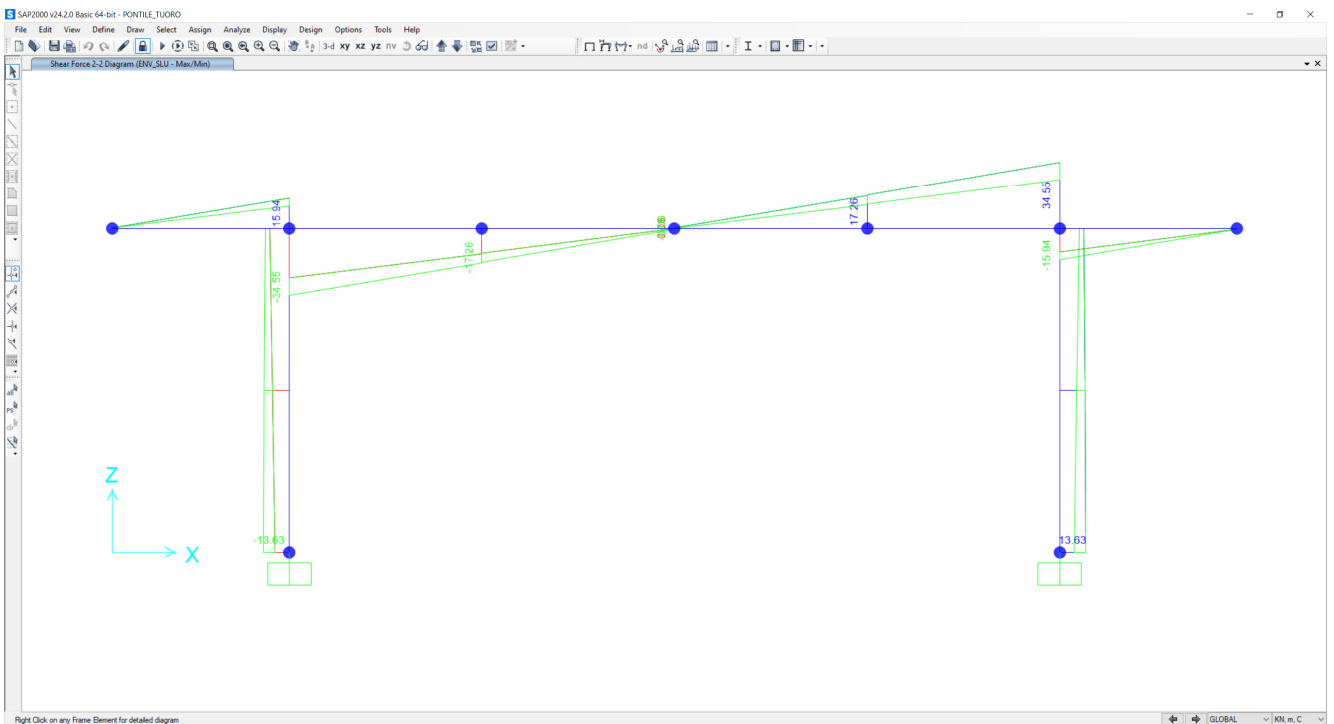
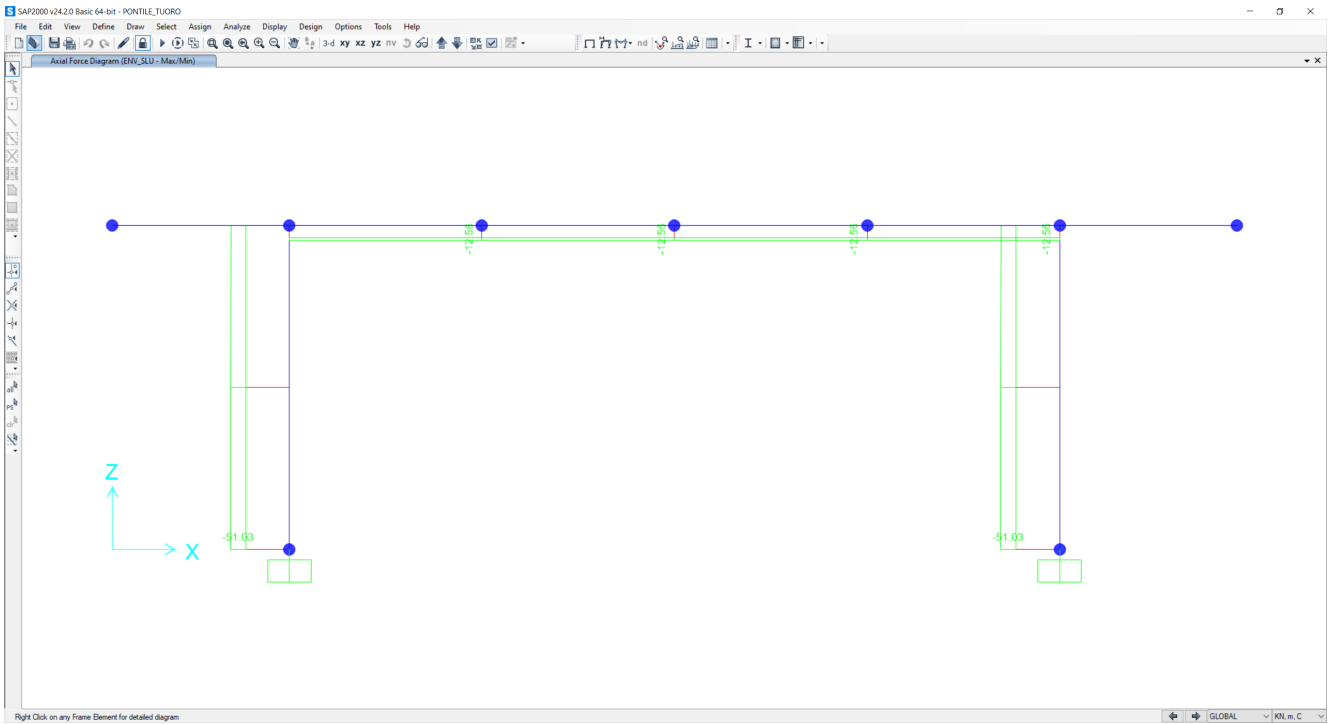
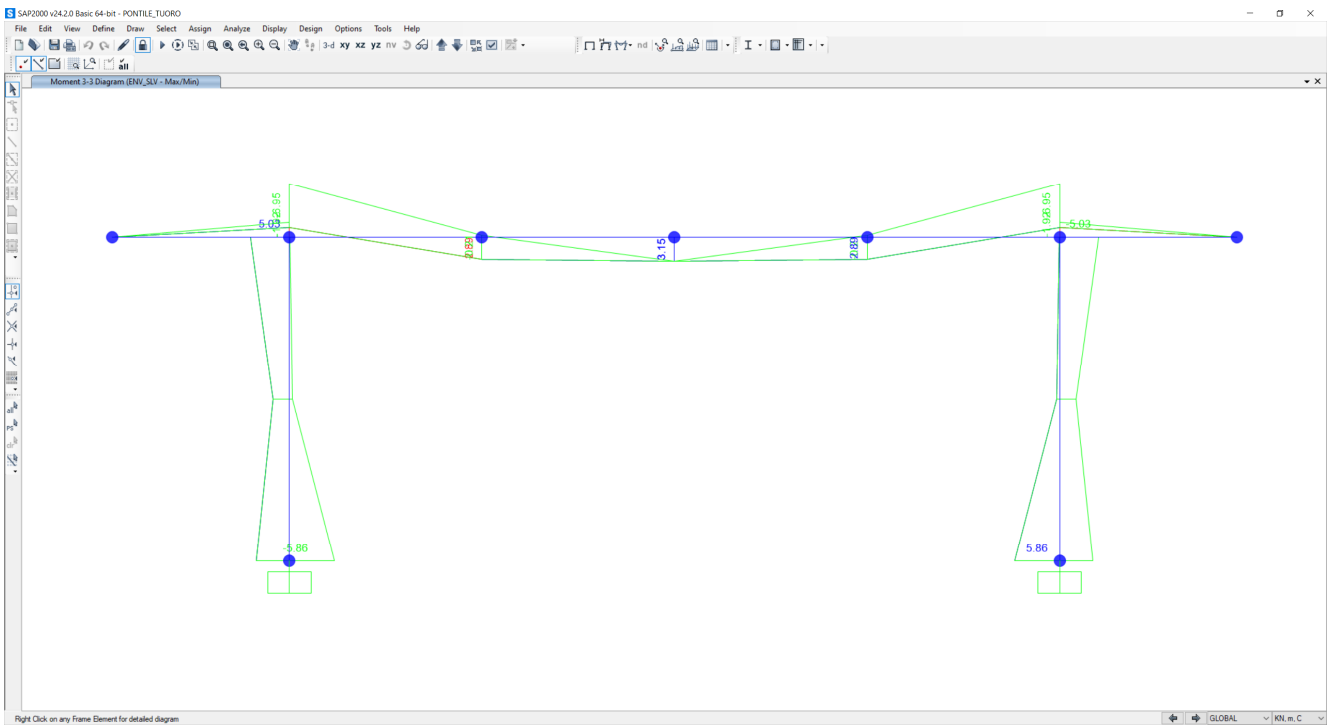


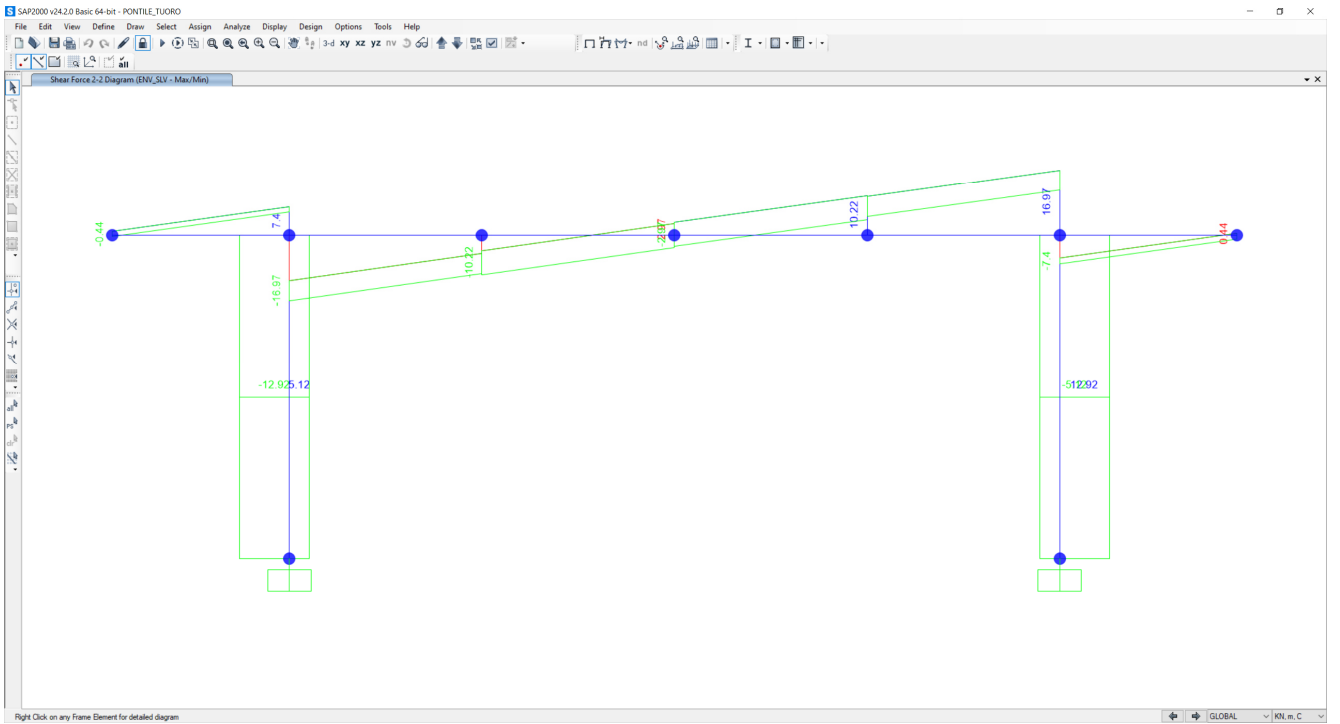
Figura 12 - Taglio ENV\_SLU



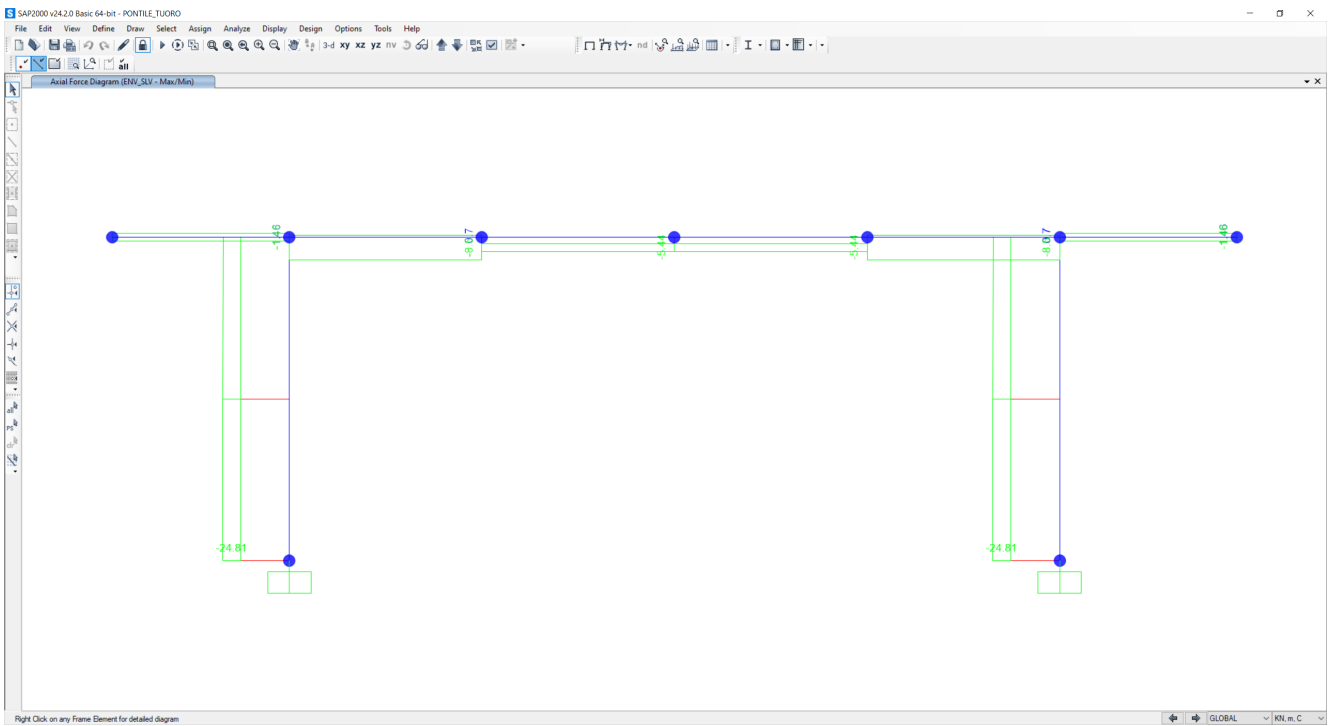
**Figura 13 – Sforzo assiale ENV\_SLU**



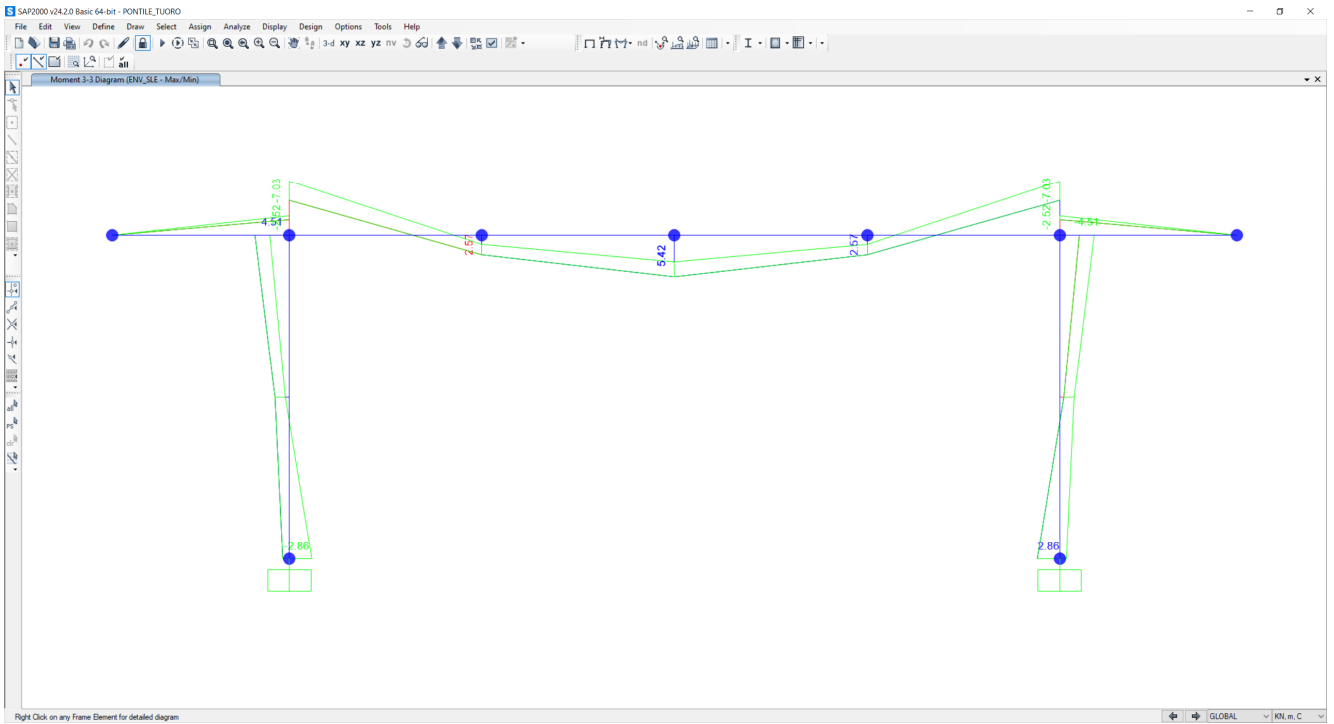
**Figura 14 - Momento ENV\_SLU**



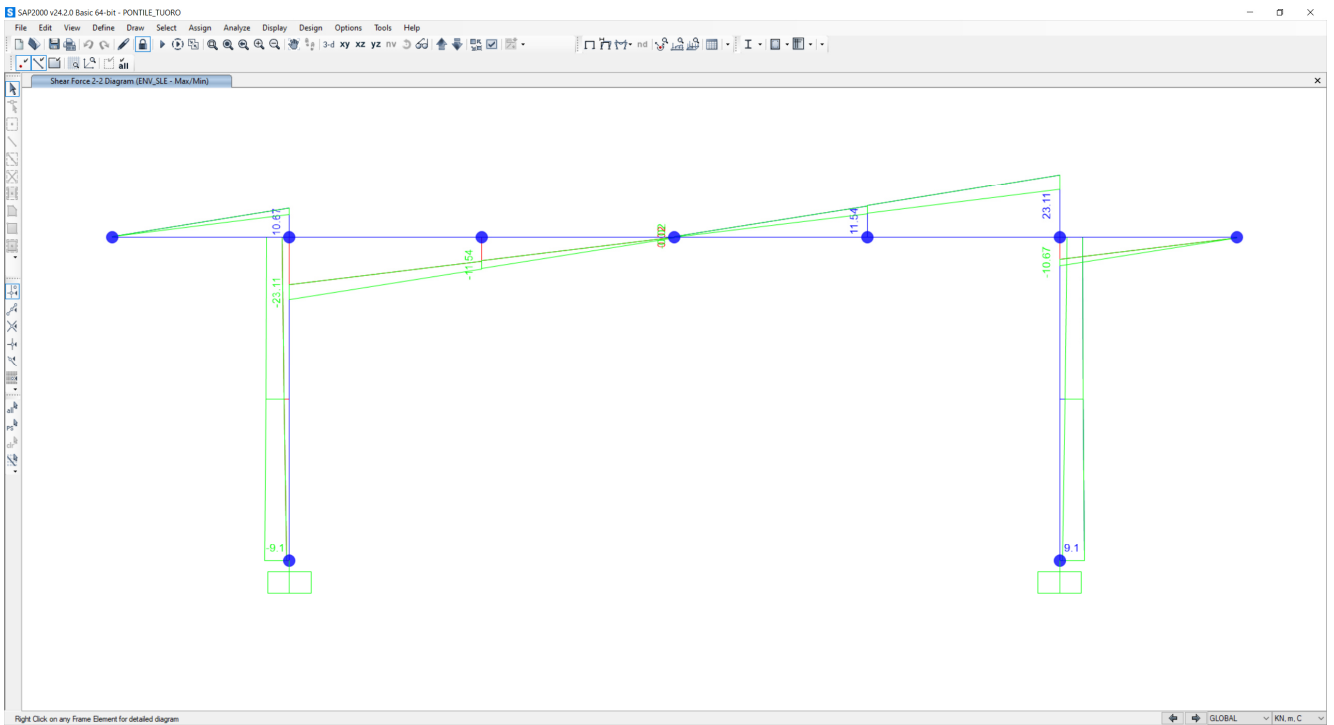
**Figura 15 – Taglio ENV\_SLV**



**Figura 16 – Sforzo assiale ENV\_SLV**

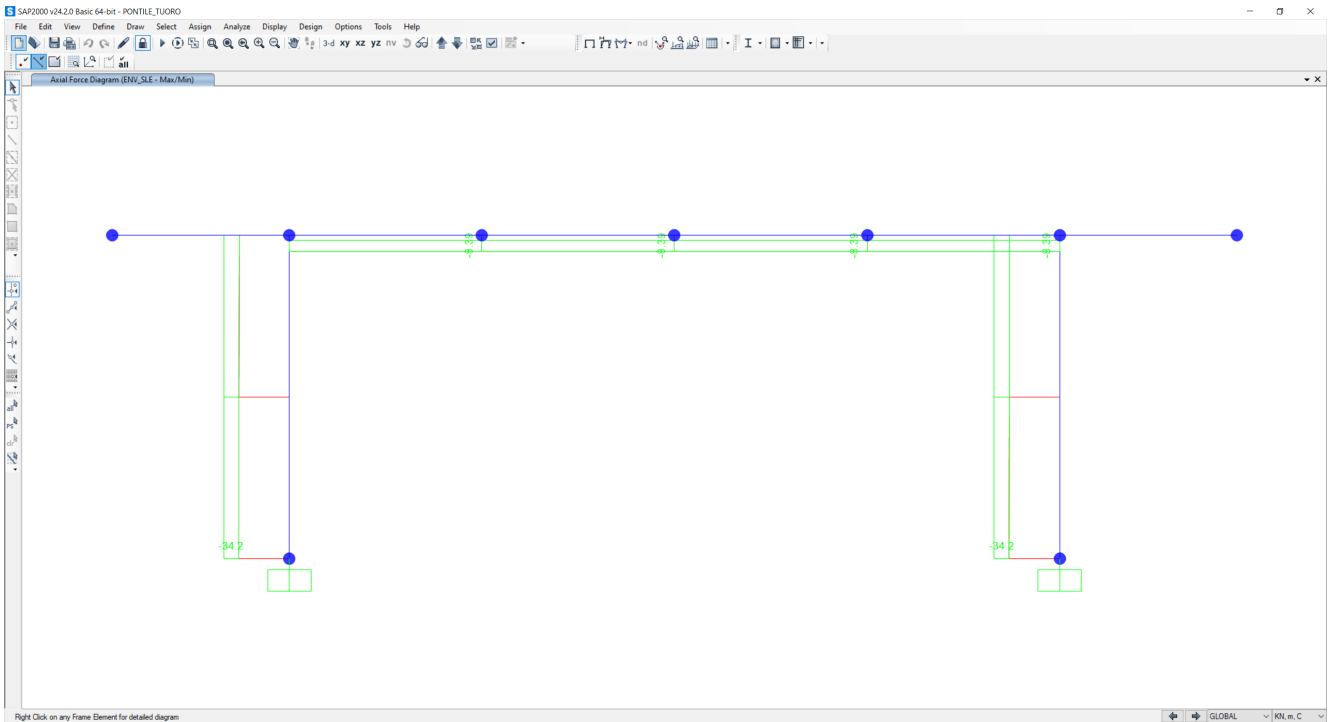


**Figura 17 - Momento ENV\_SLV**



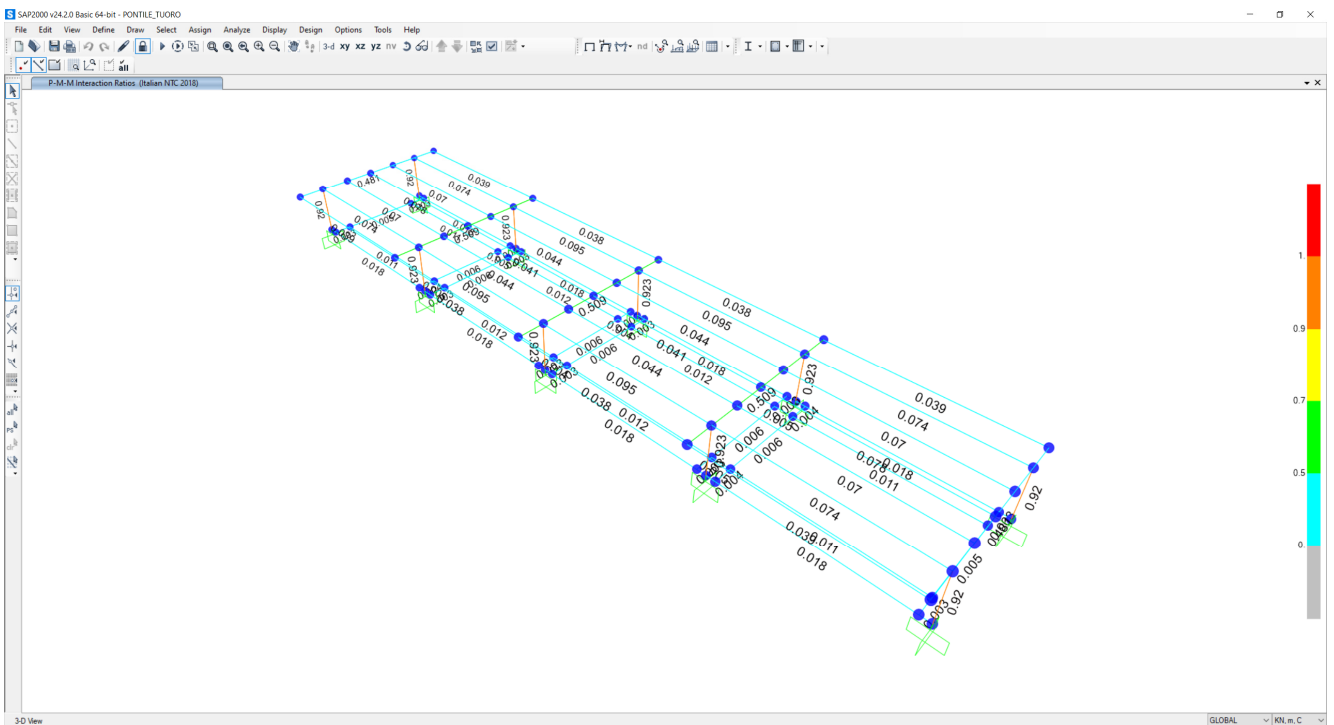
**Figura 18 - Taglio ENV\_SLV**





**Figura 19 – Sforzo assiale ENV\_SLV**

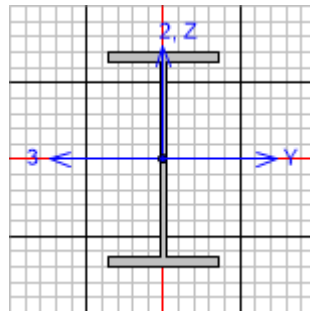
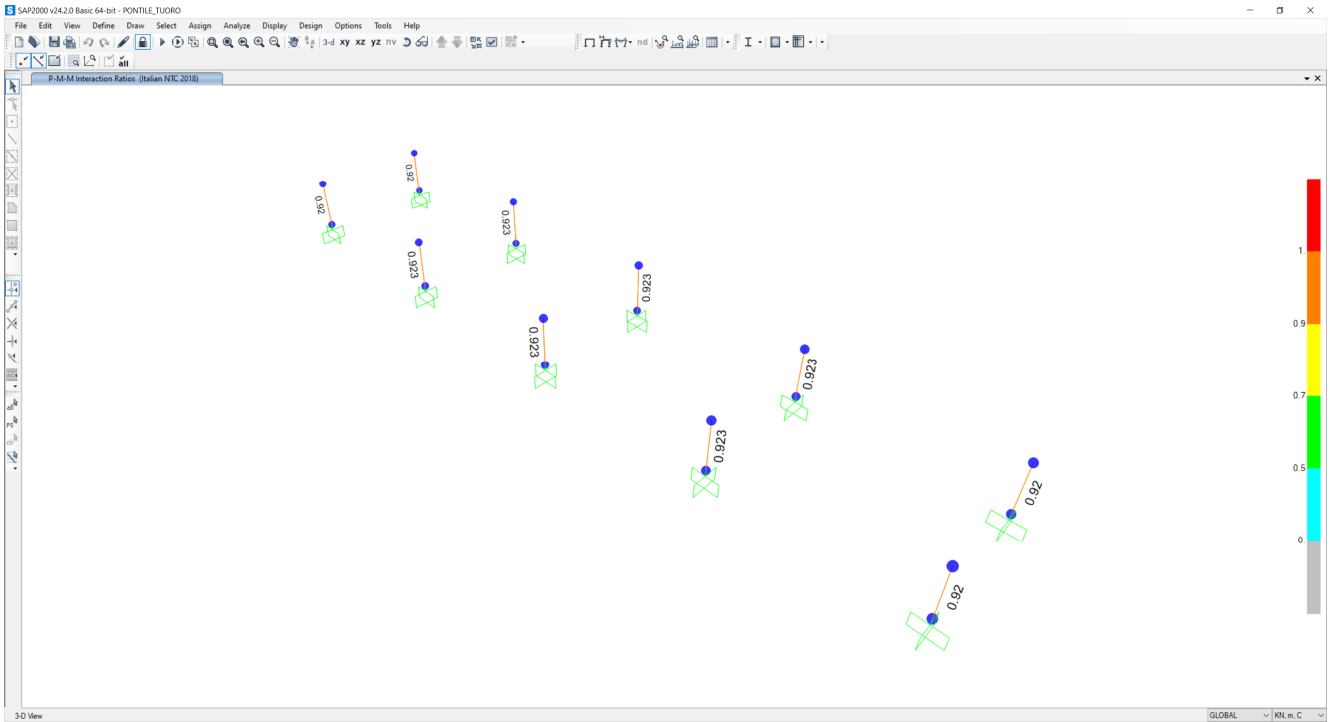
Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza ottenuti dal modello di calcolo.



**Figura 20 – Coefficienti di verifica**

## 8.2 VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE IPE160

Si riporta di seguito la verifica del profilo maggiormente sollecitato



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

Frame : 7	X Mid: 0.46	Combo: SLV_Y	Design Type: Column
Length: 0.843	Y Mid: 6.	Shape: IPE160	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 0.422	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	D/C Lim=1.	Prin. Axis Angle = 0. deg
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.		

Aeff=0.002	Av,2=8.712E-04	Av,3=0.001	eNy=0.	eNz=0.
A=0.002	Iy=8.693E-06	iy=0.066	We1,y=1.087E-04	Weff,y=1.087E-04
It=3.600E-08	Iz=6.831E-07	iz=0.018	We1,z=1.666E-05	Weff,z=1.666E-05
Iw=3.977E-09	Iyz=0.	h=0.16	Wpl,y=1.239E-04	
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,z=2.610E-05	

### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	My,Ed	Mz,Ed	V2,Ed	V3,Ed	TEd
0.	-22.481	-2.31	-8.121	6.606	9.634	0.061

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)  
D/C Ratio: 0.923 =  $(0.055)^2 + (0.92)^1 < 1.$  OK  
=  $(M_y, Ed/Mn, y, Rd)^{\text{Alpha}} + (M_z, Ed/Mn, z, Rd)^{\text{Beta}}$  (NTC Eq 4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	NEd Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity				
Axial	-22.481	679.571	679.571				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	679.571	738.072	1245.107	1245.107	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	a	0.21	6340.051	0.335	0.57	0.969	658.542
Y-Y Braced	a	0.21	51815.538	0.117	0.498	1.	679.571
Z-Z	b	0.34	498.204	1.197	1.386	0.48	326.116
Z-Z Braced	b	0.34	4071.689	0.419	0.625	0.919	624.265
Torsional TF	b	0.34	1245.107	0.757	0.881	0.751	510.06

MOMENT DESIGN

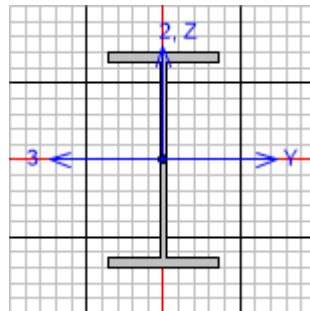
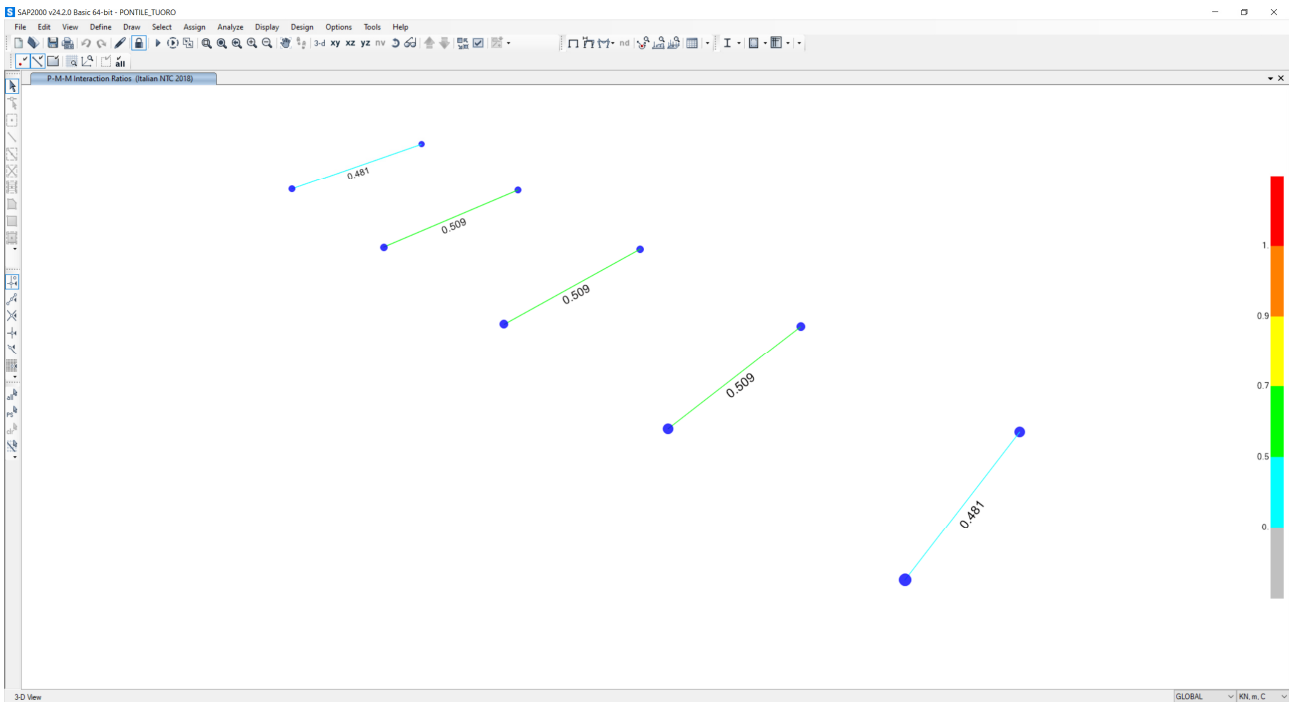
	MEd Moment	MEd, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment			
Y-Y	-2.31	-2.31	0.096	-0.924			
Z-Z	-8.121	-8.121	-4.061	-4.873			
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Y-Y	41.89	41.89	41.89	37.601			
Z-Z	8.824	8.824	8.824				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	McR
	b	0.34	0.469	0.656	0.898	3.977E-09	199.777
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1.	2.35	0.	0.384			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.08	-1.4E-17	0.08	7.929E-18	-2.181E-17		
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0.399	0.363	0.99	0.605			
	Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor			
2-Axis	6.606	170.058	0.039	1.			
3-Axis	9.634	250.636	0.038	1.			

SHEAR DESIGN

	VED Force	TEd Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
2-Axis	6.606	0.061	170.058	0.039	OK
3-Axis	9.634	0.061	250.636	0.038	OK
	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor	
2-Axis	170.058	1.2	0.389	1.2	
3-Axis	250.636	1.2	0.	1.	

## 8.3 VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE160

Si riporta di seguito la verifica del profilo maggiormente sollecitato.



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

Frame : 37	X Mid: 1.46	Combo: SLV Y	Design Type: Beam
Length: 2.92	Y Mid: 6.	Shape: IPE160	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.96	Z Mid: 0.843	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B  
Consider Torsion? No

MultiResponse=Envelopes

P-Delta Done? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	Prin. Axis Angle = 0. deg

Aeff=0.002	Av,2=8.712E-04	Av,3=0.001	eNy=0.	eNz=0.
A=0.002	Iy=8.693E-06	iy=0.066	Wel,y=1.087E-04	Weff,y=1.087E-04
It=3.600E-08	Iz=6.831E-07	iz=0.018	Wel,z=1.666E-05	Weff,z=1.666E-05
Iw=3.977E-09	Iyz=0.	h=0.16	Wpl,y=1.239E-04	
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,z=2.610E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	My,Ed	Mz,Ed	V2,Ed	V3,Ed	TEd
1.96	-5.281	3.151	-4.235	6.608	6.465	7.715E-11

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)  
D/C Ratio: 0.509 = 0.008 + 0.074 + 0.427 < 1. OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT My,Rk/GammaM1)  
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

		NEd	Nc,Rd	Nt,Rd			
		Force	Capacity	Capacity			
Axial		-5.281	679.571	679.571			
		Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
		679.571	738.072	7691.167	7691.167	1.	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	a	0.21	4504.315	0.398	0.6	0.953	647.84
Y-Y Braced	a	0.21	4504.315	0.398	0.6	0.953	647.84
Z-Z	b	0.34	5663.218	0.355	0.589	0.944	641.229
Z-Z Braced	b	0.34	5663.218	0.355	0.589	0.944	641.229
Torsional TF	b	0.34	7691.167	0.305	0.564	0.962	654.033

MOMENT DESIGN

		MEd	MEd, span	Mm,Ed	Meq,Ed		
		Moment	Moment	Moment	Moment		
Y-Y		1.803	3.151	2.477	2.612		
Z-Z		-3.051	-4.235	-3.643	-3.761		
		Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd		
		Capacity	Capacity	Capacity	Capacity		
Y-Y		41.89	41.89	41.89	40.697		
Z-Z		8.824	8.824	8.824			
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	b	0.34	0.28	0.553	0.972	3.977E-09	562.264
	kw	Psi	C2	C3			
Factors	1.	1.247	0.	0.994			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.08	-1.4E-17	0.08	7.929E-18	2.181E-17		
		kyy	kyz	kzy	kzz		
Factors		0.878	0.533	0.955	0.889		
		Ved	Vpl,Rd	Ved/Vpl,Rd	rho		
		Force	Capacity	Ratio	Factor		
2-Axis		6.608	170.058	0.039	1.		
3-Axis		6.465	250.636	0.026	1.		

SHEAR DESIGN

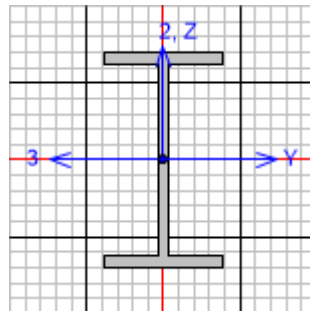
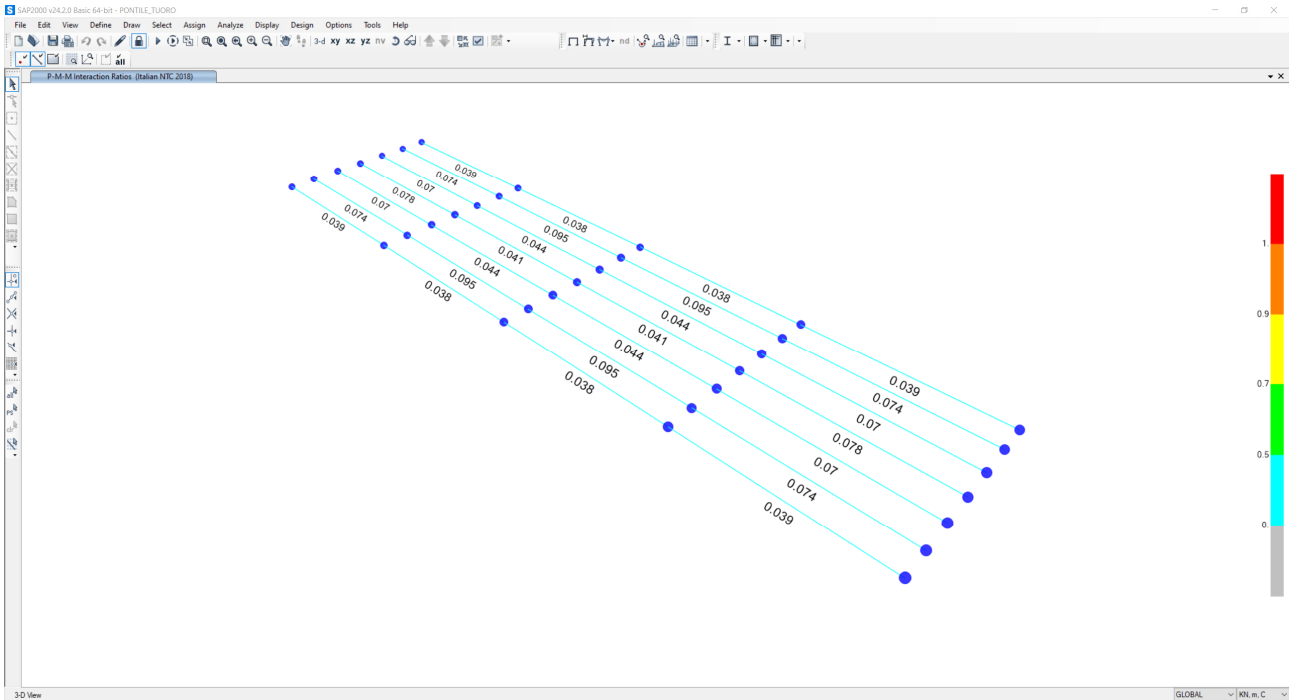
		VED	TEd	Vc,Rd	Stress	Status
		Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
2-Axis		8.166	7.715E-11	170.058	0.048	OK
3-Axis		6.465	7.715E-11	250.636	0.026	OK
		Vpl,Rd	Eta	Lambdabar	Chi	
		Capacity	Factor	Ratio	Factor	
2-Axis		170.058	1.2	0.405	1.2	
3-Axis		250.636	1.2	0.	1.	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

		V2	V2
		Left	Right
2-2 (V2)		0.969	0.969

## 8.4 VERIFICHE DI RESISTENZA ARCARECCI SUPERIORI IPE100

Si riporta di seguito la verifica del profilo maggiormente sollecitato.



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

Frame : 89	X Mid: 0.46	Combo: SLU12	Design Type: Beam
Length: 3.	Y Mid: 7.5	Shape: IPE100	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 3.	Z Mid: 0.843	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B  
Consider Torsion? No

MultiResponse=Envelopes

P-Delta Done? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	Prin. Axis Angle = 0. deg

Aeff=0.001	Av,2=4.359E-04	Av,3=6.667E-04	eNy=0.	eNz=0.
A=0.001	Iy=1.710E-06	iy=0.041	Wel,y=3.420E-05	Weff,y=3.420E-05
It=1.200E-08	Iz=1.592E-07	iz=0.012	Wel,z=5.789E-06	Weff,z=5.789E-06
Iw=3.539E-10	Iyz=0.	h=0.1	Wpl,y=3.941E-05	
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,z=9.150E-06	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	My,Ed	Mz,Ed	V2,Ed	V3,Ed	TEd
3.	-2.094	0.13	0.	0.173	0.	1.138E-08

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)  
D/C Ratio: 0.095 = 0.067 + 0.029 + 0. < 1. OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT My,Rk/GammaM1)  
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	NEd Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-2.094	348.238	348.238			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	348.238	378.216	578.995	578.995	1.	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	a 0.21	393.797	0.964	1.044	0.691	240.605
Y-Y Braced	a 0.21	393.797	0.964	1.044	0.691	240.605
Z-Z	b 0.34	36.662	3.158	5.99	0.09	31.432
Z-Z Braced	b 0.34	36.662	3.158	5.99	0.09	31.432
Torsional TF	b 0.34	578.995	0.795	0.917	0.728	253.423

MOMENT DESIGN

	MEd Moment	MEd, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment			
Y-Y	0.	0.13	0.084	0.11			
Z-Z	0.	0.	0.	0.			
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Y-Y	13.324	13.324	13.324	4.512			
Z-Z	3.094	3.094	3.094				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	b	0.34	1.51	1.862	0.339	3.539E-10	6.138
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1.	1.132	0.459	0.525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.05-1.4E-17		0.05	1.013E-18	1.489E-17		
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0.956	0.656	0.99	1.093			
2-Axis	Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor			
	0.173	85.09	0.002	1.			
3-Axis							
	0.	130.147	0.	1.			

SHEAR DESIGN

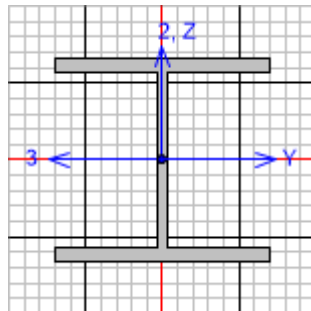
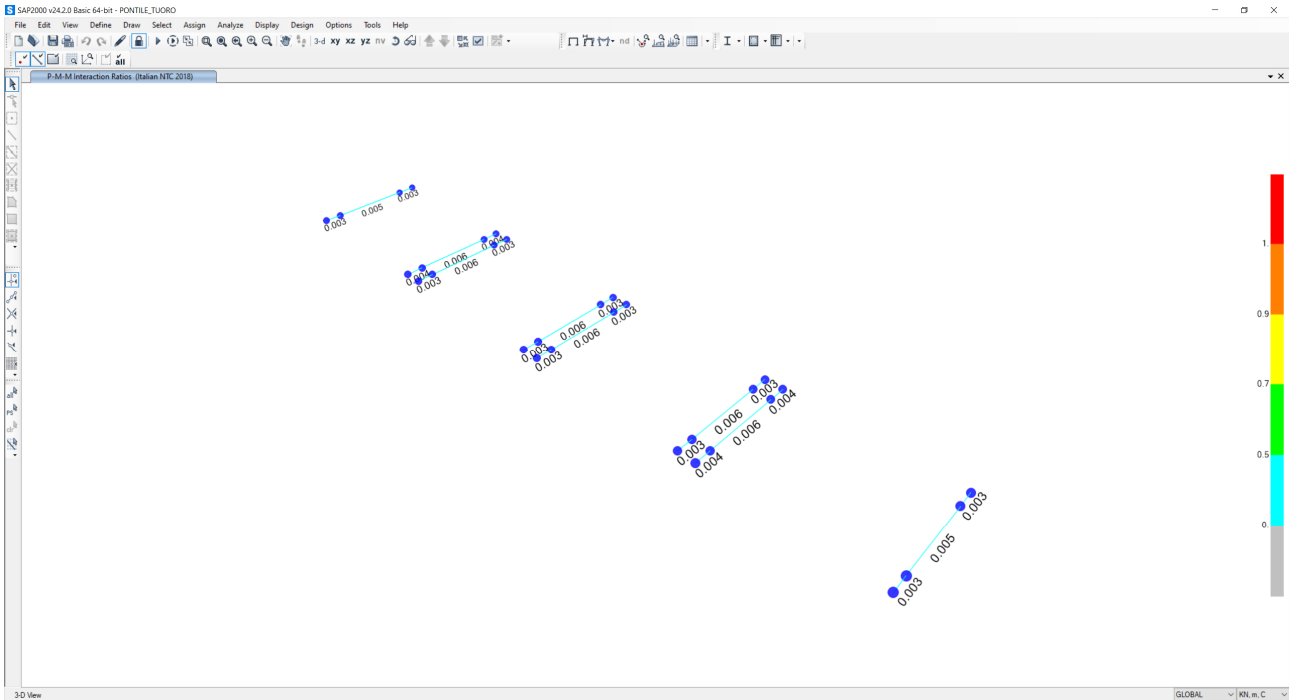
	VED Force	TEd Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
2-Axis	0.173	1.138E-08	85.09	0.002	OK
3-Axis	0.	1.138E-08	130.147	0.	OK
	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor	
2-Axis	85.09	1.2	0.304	1.2	
3-Axis	130.147	1.2	0.	1.	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	V2 Left	V2 Right
2-2 (V2)	0.173	0.173

## 8.5 VERIFICHE DI RESISTENZA TRAVI INFERIORI HEA120

Si riporta di seguito la verifica del profilo maggiormente sollecitato.



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

Frame : 39	X Mid: 1.46	Combo: SLU24	Design Type: Beam
Length: 1.4	Y Mid: 5.85	Shape: HE120A	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.4	Z Mid: 0.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B  
Consider Torsion? No

MultiResponse=Envelopes

P-Delta Done? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	Prin. Axis Angle = 0. deg

Aeff=0.003	Av,2=8.420E-04	Av,3=0.002	eNy=0.	eNz=0.
A=0.003	Iy=6.060E-06	iy=0.049	Wel,y=1.063E-04	Weff,y=1.063E-04
It=6.040E-08	Iz=2.310E-06	iz=0.03	Wel,z=3.850E-05	Weff,z=3.850E-05
Iw=6.489E-09	Iyz=0.	h=0.114	Wpl,y=1.190E-04	
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,z=5.890E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	My,Ed	Mz,Ed	V2,Ed	V3,Ed	TEd
1.4	0.	0.198	0.	0.199	0.	0.



PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)  
D/C Ratio: 0.006 = 0. + 0.006 + 0. < 1. OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT My,Rk/GammaM1)  
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	NEd Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity				
Axial	0.	855.381	855.381				
	Npl,Rd 855.381	Nu,Rd 929.016	Ncr,T 3548.675	Ncr,TF 3548.675	An/Ag 1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	b	0.34	6408.193	0.374	0.6	0.936	800.738
Y-Y Braced	b	0.34	6408.193	0.374	0.6	0.936	800.738
Z-Z	c	0.49	2442.727	0.606	0.783	0.782	668.568
Z-Z Braced	c	0.49	2442.727	0.606	0.783	0.782	668.568
Torsional TF	c	0.49	3548.675	0.503	0.701	0.841	719.602

MOMENT DESIGN

	MEd Moment	MEd, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment			
Y-Y	0.136	0.198	0.177	0.198			
Z-Z	0.	0.	0.	0.			
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Y-Y	40.233	40.233	40.233	34.378			
Z-Z	19.914	19.914	19.914				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	b	0.34	0.565	0.721	0.854	6.489E-09	132.551
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1.	1.132	0.459	0.525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.057	6.9E-18	0.057	1.142E-18	5.797E-18		

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.984	0.6	1.	1.

	Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor
2-Axis	0.199	164.358	0.001	1.
3-Axis	0.	398.207	0.	1.

SHEAR DESIGN

	VED Force	TEd Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
2-Axis	0.199	0.	164.358	0.001	OK
3-Axis	0.	0.	398.207	0.	OK

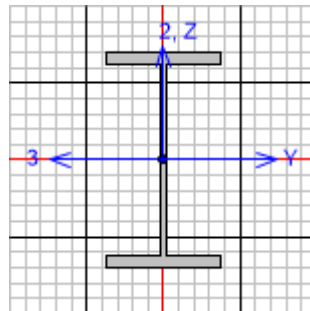
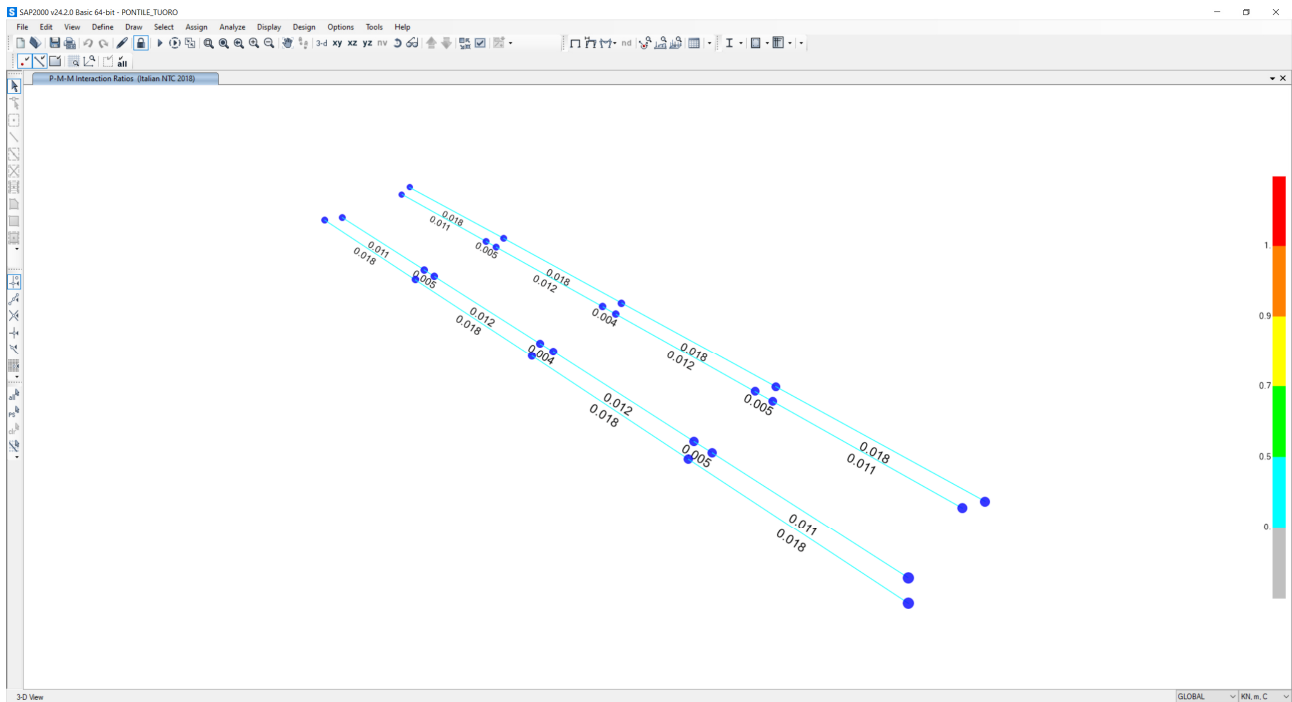
	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor
2-Axis	164.358	1.2	0.272	1.2
3-Axis	398.207	1.2	0.	1.

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	V2 Left	V2 Right
2-2 (V2)	0.199	0.199

## 8.6 VERIFICHE DI RESISTENZA ARCARECCI INFERIORI IPE120

Si riporta di seguito la verifica del profilo maggiormente sollecitato.



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

Frame : 85	X Mid: 0.46	Combo: SLU24	Design Type: Beam
Length: 3.	Y Mid: 4.5	Shape: IPE120	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.85	Z Mid: 0.	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B  
Consider Torsion? No

MultiResponse=Envelopes

P-Delta Done? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	Prin. Axis Angle = 0. deg

Aeff=0.001	Av,2=5.671E-04	Av,3=8.474E-04	eNy=0.	eNz=0.
A=0.001	Iy=3.178E-06	iy=0.049	Wel,y=5.297E-05	Weff,y=5.297E-05
It=1.740E-08	Iz=2.767E-07	iz=0.014	Wel,z=8.647E-06	Weff,z=8.647E-06
Iw=8.943E-10	Iyz=0.	h=0.12	Wpl,y=6.073E-05	
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,z=1.358E-05	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	My,Ed	Mz,Ed	V2,Ed	V3,Ed	TEd
2.85	6.243E-18	-0.182	1.898E-18	0.699	0.	0.001

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)  
D/C Ratio: 0.018 = 0. + 0.018 + 0. < 1. OK  
= NEd/(Chi\_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT My,Rk/GammaM1)  
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	NEd Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity				
Axial	0.	446.286	446.286				
	Npl,Rd 446.286	Nu,Rd 484.704	Ncr,T 634.127	Ncr,TF 634.127	An/Ag 1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Y-Y	a	0.21	731.864	0.8	0.883	0.796	355.066
Y-Y Braced	a	0.21	731.864	0.8	0.883	0.796	355.066
Z-Z	b	0.34	78.668	2.441	3.859	0.146	65.163
Z-Z Braced	b	0.34	78.668	2.441	3.859	0.146	65.163
Torsional TF	b	0.34	634.127	0.86	0.982	0.687	306.609

MOMENT DESIGN

	MEd Moment	MEd, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment			
Y-Y	-0.075	-0.182	0.012	-6.826E-04			
Z-Z	0.	1.898E-18	1.722E-18	1.140E-18			
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Y-Y	20.533	20.533	20.533	10.297			
Z-Z	4.591	4.591	4.591				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
	b	0.34	1.158	1.333	0.501	8.943E-10	16.08
Factors	kw	Psi	C2	C3			
	1.	1.699	0.459	0.525			
	za	zs	zg	zz	zj		
	0.06	6.9E-18	0.06	-4.321E-18	-1.126E-17		

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.4	0.6	1.	1.
	Ved Force	Vpl,Rd Capacity	Ved/Vpl,Rd Ratio	rho Factor
2-Axis	0.699	110.692	0.006	1.
3-Axis	0.	165.42	0.	1.

SHEAR DESIGN

	VED Force	TEd Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
2-Axis	0.699	0.001	110.692	0.006	OK
3-Axis	0.	0.001	165.42	0.	OK
	Vpl,Rd Capacity	Eta Factor	Lambdabar Ratio	Chi Factor	
2-Axis	110.692	1.2	0.342	1.2	
3-Axis	165.42	1.2	0.	1.	

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	V2 Left	V2 Right
2-2 (V2)	0.713	0.721

---

## 9 VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA

Le verifiche degli spostamenti orizzontali lungo X (U1) e lungo Y (U2) e degli abbassamenti/frecce (U3) dovuti al carico accidentale ( $\delta_2$ ) e al carico permanente + accidentale ( $\delta_{max}$ ) vengono valutati secondo la combinazione caratteristica, come prescritto al paragrafo 4.2.4.2.1.

Riassumendo i limiti di deformazione sono:

- Gli abbassamenti limite delle travi superiori sono:

- $$\frac{\delta_{max}}{l} < \frac{1}{250}$$

- $$\frac{\delta_2}{l} < \frac{1}{300}$$

- Gli spostamenti laterali limite alla sommità delle colonne sono:

- $$\frac{\delta}{H} < \frac{1}{300}$$

## 9.1 TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI IN MEZZERIA

Si effettua la verifica dell'abbassamento massimo in mezzeria delle travi IPE160.

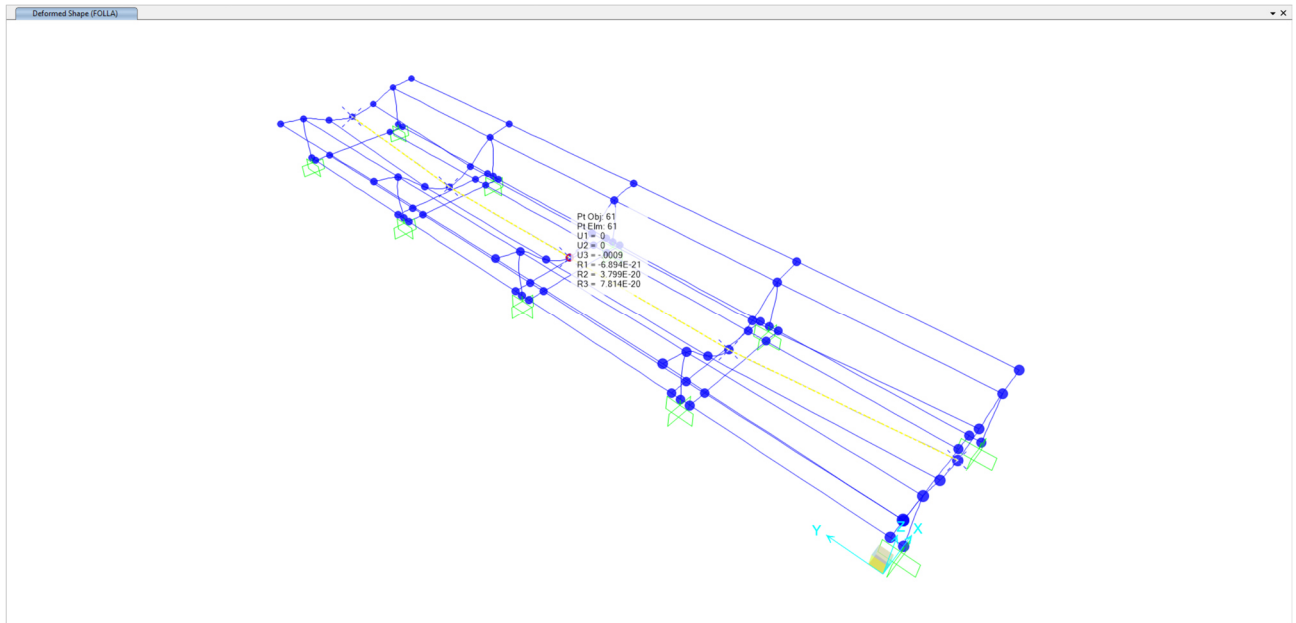


Figura 21 – abbassamento generato dal carico folla

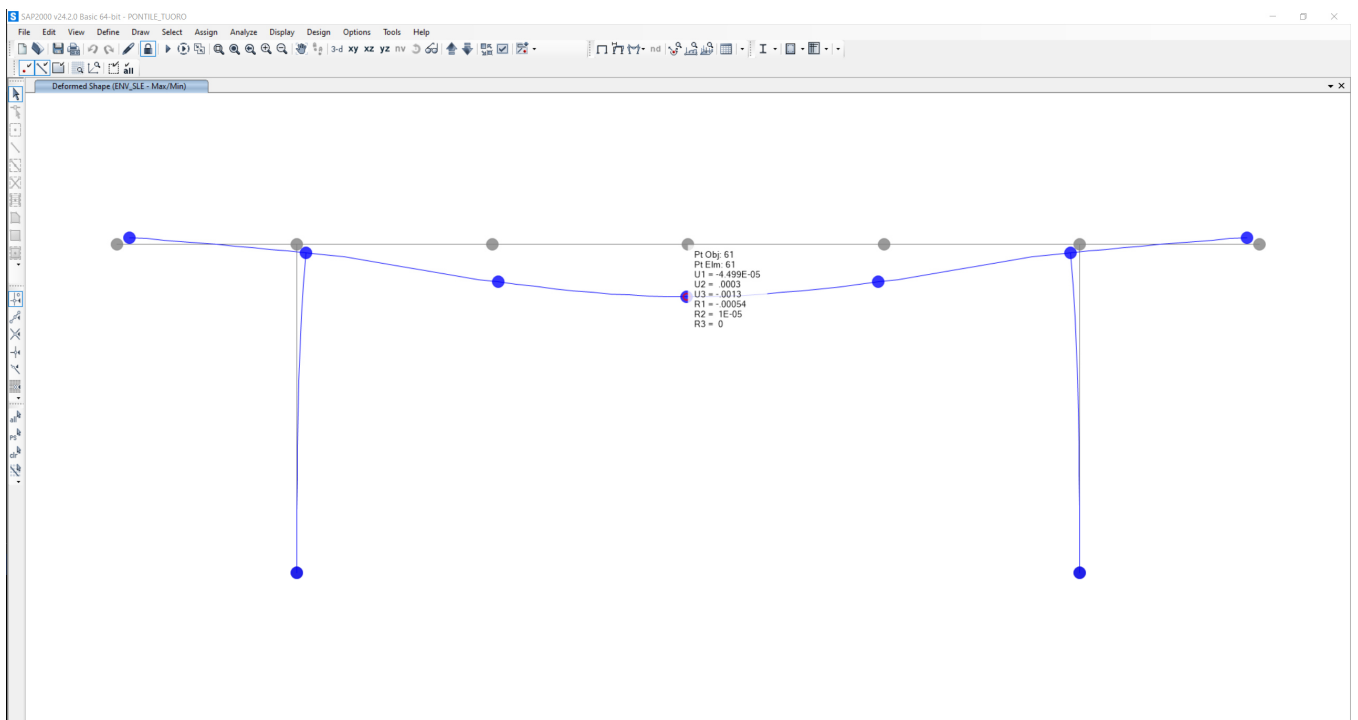
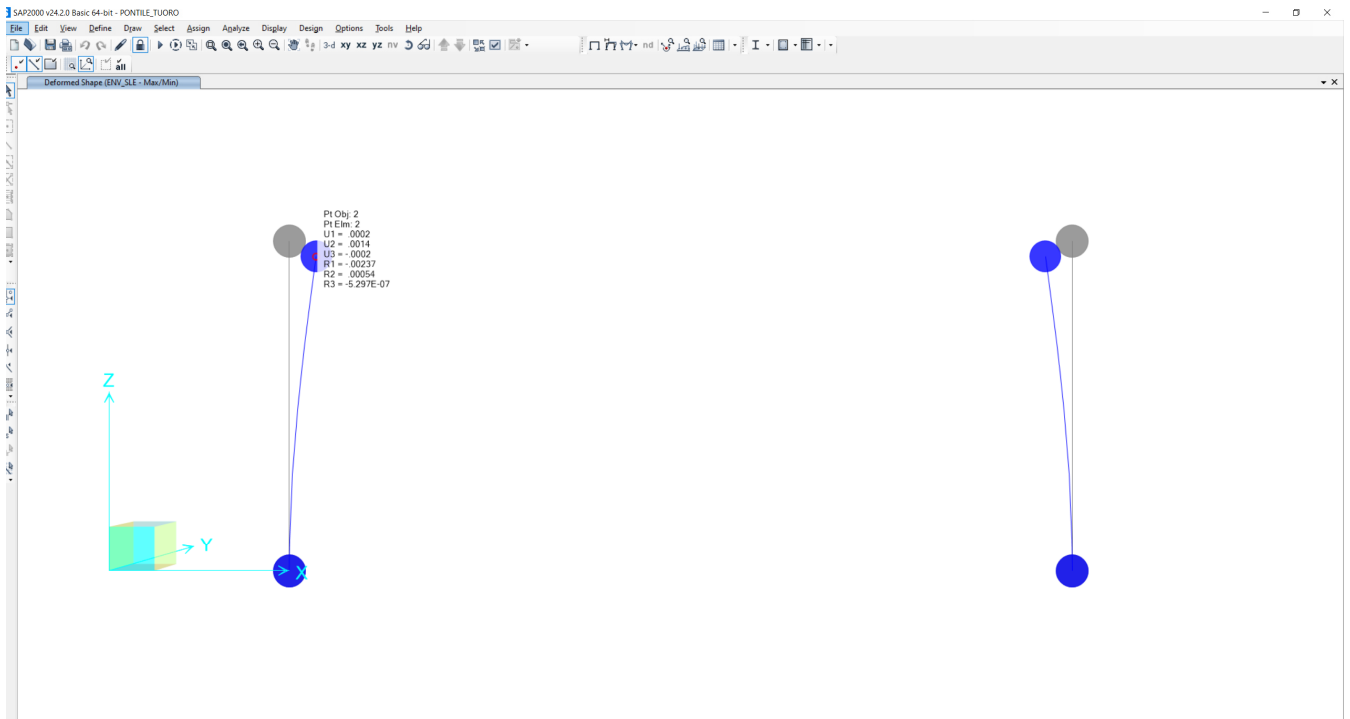


Figura 22 – abbassamento generato dalla combinazione caratteristica

	<b>U3</b>	
	m	
<b>MAX</b>	0.00046	
<b>MIN</b>	0.00093	
	OK	
	OK	
L	<b>2</b>	m
$\delta_2$	0.00667	m
	<b>U3</b>	
	m	
<b>MAX</b>	0.00017	
<b>MIN</b>	0.00135	
	OK	
	OK	
L	<b>2</b>	m
$\delta_{max}$	0.00800	m

## 9.2 COLONNE - SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Si effettua la verifica dello spostamento orizzontale massimo assoluto sulla sommità delle colonne IPE160.



	<b>U1</b>	<b>U2</b>
	m	m
<b>MAX</b>	0.000228	0.00138
<b>MIN</b>	0.000228	0.00138
	OK	OK
	OK	OK
H	<b>0.85</b>	m
$\delta_{max}$	0.00283	m