RELAZIONE DI CALCOLO – HUB DI RICERCA

PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA.

Committente:

Tozzi Green S.p.A.
Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA)
P.IVA 02132890399
R.E.A. n. RA-174504
Tel. (+39) 0544 525311
pec: tozzi.re@legalmail.it
mail: info@tozzigreen.com
web: www.tozzigreen.com

Progettista:

ArchLivIng s.r.l
Via Monsignor Maverna, 4 - 44122 Ferrara (FE)
Tel: (+39) 0532 733683 - Fax: (+39) 0532 692608
web: www.archliving.it

Coordinamento di progetto:

ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
1	**24/09/2021**	**Ing. Pierpaolo Boselli**	**Ing. Gessica Grossi**		**Prima emissione**

Codice elaborato:	Titolo elaborato:
P.6.1.1	**RELAZIONE DI CALCOLO – HUB DI RICERCA**

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 3

1.1. Individuazione del sito in cui sorge l'opera 3

1.2. Descrizione dell'opera 5

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 8

3. MATERIALI UTILIZZATI 9

3.1. Acciaio strutturale 9

3.2. Calcestruzzo strutturale 9

3.3. Acciaio per barre di armatura 10

4. INDICAZIONI DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO 11

4.1. Ricostruzione stratigrafica 11

4.2. Risultati indagini sismiche 12

4.2.1. MASW/ESAC 12

4.2.2. HVSR 13

4.2.3. Verifica di possibilità di fenomeni di liquefazione 14

5. PROGETTO DELLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE 16

5.1. Analisi dei carichi 16

5.1.1. Carichi accidentale 16

5.1.2. Carico neve 17

5.1.3. Carico vento 17

5.1.4. Peso proprio solaio 19

5.1.5. Analisi dei carichi solai 19

5.2. Definizione dell'azione sismica 20

5.3. Combinazioni delle azioni 23

6. MODELLO STRUTTURALE 25

6.1. Software di calcolo 25

6.2. Modellazione geometrica 25

6.3. Implementazione carichi 28

6.4. Modellazione meccanica 29

7. PROGETTO FONDAZIONE 31

7.1. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti 31

7.2. Progetto dell'armatura della fondazione diretta 35

8. DIEMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE 37

8.1. Risultati dell'analisi dinamica lineare 37

8.2. Verifiche agli stati limite di esercizio 39

8.3. Verifiche allo stato limite ultimo 41

8.3.1. Spostamento allo stato limite di salvaguardia della vita 70

9. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA DELLA PARETE 72

10. PROGETTO E VERIFICA DEI COLLEGAMENTI 75

10.1. Collegamento alla base dei pilasti – Tirafondi HEA 300/O 244.5x16 75

10.2. Collegamenti alla base dei pilastri – Tirafondi HEA 220 77

10.3. Squadrette di connessione – Travi HEA 260 e HEA 180 78

10.4. Incastro Pilastro O244.5 – Trave HEB 260 79

10.5. Incastro pilastro HEA 300 – Trave HEB 260 80

10.6. Connessione controventi 81

11. CONCLUSIONI 83

INDICE DELLE FIGURE 84

INDICE DELLE TABELLE 86

1. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente relazione di calcolo tratta il progetto strutturale della nuova costruzione dell'Hub di ricerca di proprietà di Tozzi Green, la cui ubicazione sarà a San Matteo della Decima, frazione di San Giovanni in Persiceto, in provincia di Bologna, territorio è a una quota di circa 21 m s.l.m. in zona sismica III.

1.1. Individuazione del sito in cui sorge l'opera

Il nuovo fabbricato costruito in provincia di Bologna a San Matteo della Decima frazione di San Giovanni in Persiceto, si affaccia sulla strada provinciale, circa al km 32. Catastalmente è individuato al foglio 22, mappale 15, 143 e 147. La costruzione sorgerà insieme ad un impianto fotovoltaico volto alla produzione e distribuzione dell'idrogeno, i cui impianti circonderanno la struttura. Frontalmente ci sarà un altro distributore di carburante anch'esso circondato da campi coltivabili.

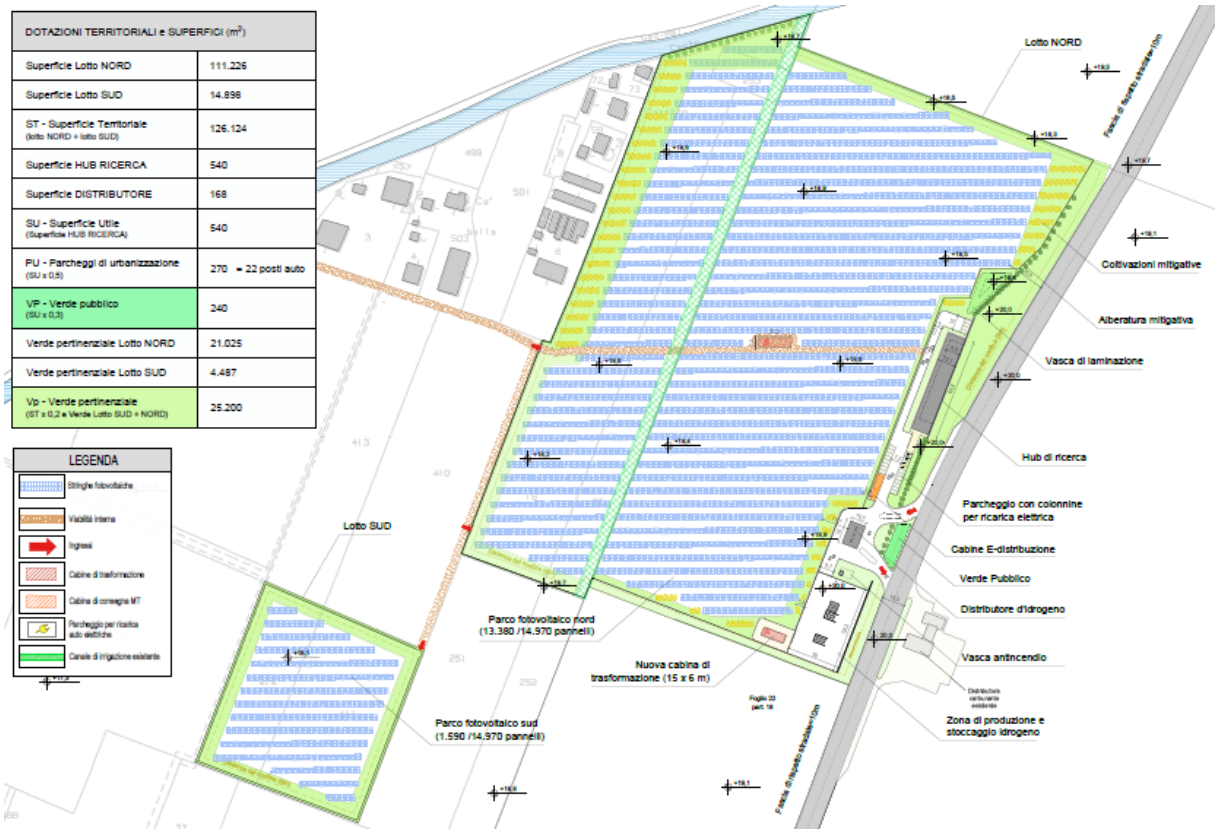


Figura 1. *Layout generale*

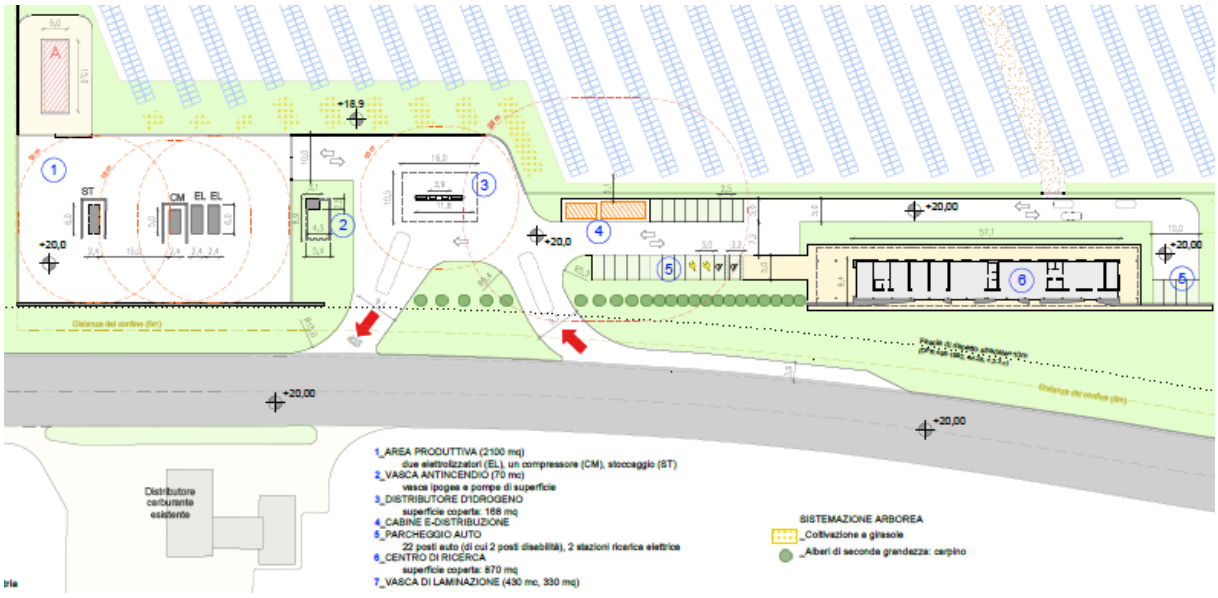


Figura 2. *Sistemazione interna*

Figura 3. *Ortofoto: area dell'intero intervento*

Figura 4. *Individuazione della posizione della struttura*

1.2. Descrizione dell'opera

La costruzione ha una dimensione in pianta di circa 68.00 m per 12.50 m, si eleva di un solo piano fuori terra e si conclude con una copertura piana alla quota di 4.65 m. La tipologia strutturale è in acciaio rinforzata da controventi concentrici nella direzione più lunga. I telai su cui poggia il solaio hanno una campa massima di 8.00 m, alcuni hanno presentano un ulteriore pilastro nel porticato esterno mentre altri terminano con uno sbalzo di 2.80 m. La fondazione è costituita da una platea di conglomerato cementizio armato, con una sezione di 40 cm.

È stata progettata inoltre una parete fronte strada di 5.50 m di altezza, che dia continuità alla struttura dell'hub. Anche questa quinta muraria è costruita da un telaio in acciaio connesso direttamente ai pannelli di tamponamento.

Si riporta la pianta dell'edificio:

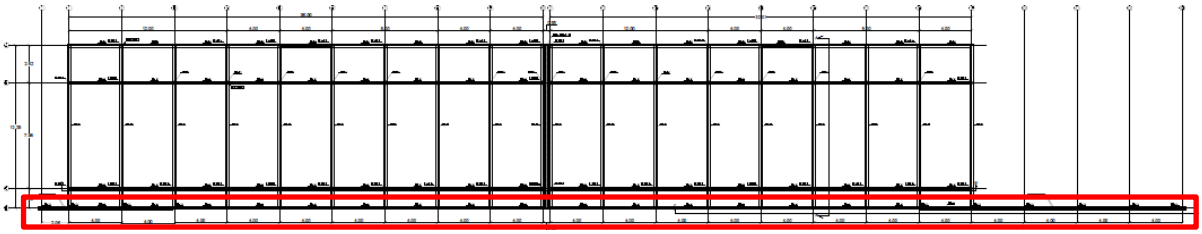


Figura 5. *Pianta piano terra – strutturale – Individuazione della parete*

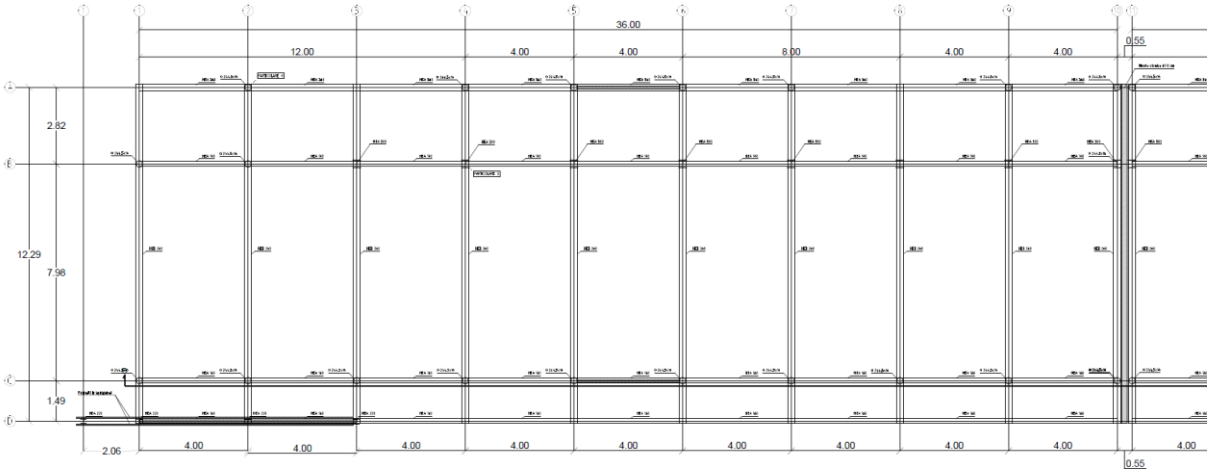


Figura 6. *Blocco strutturale A*

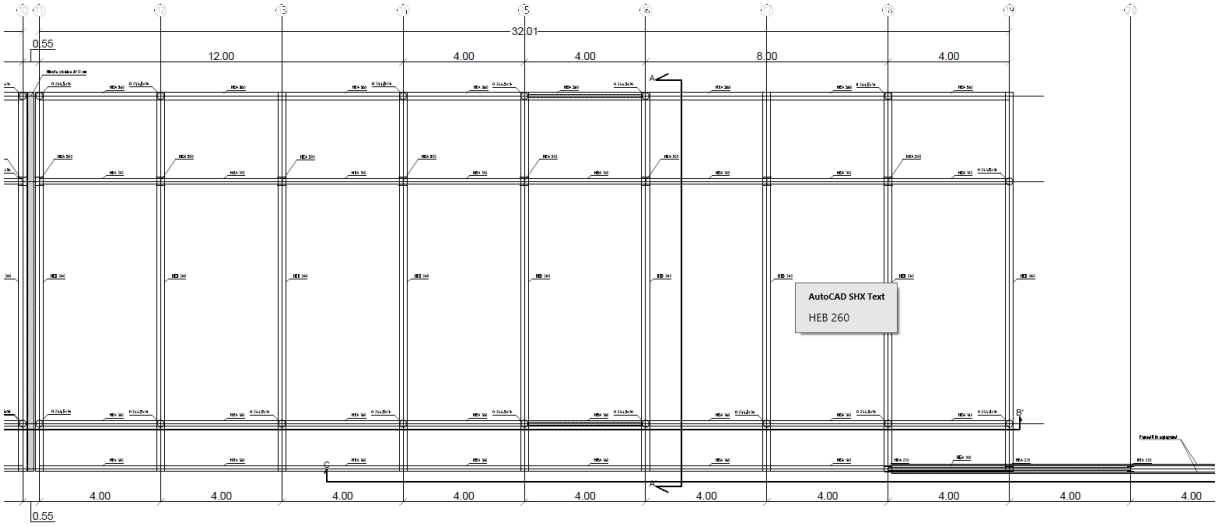


Figura 7. *Blocco strutturale B*

Per rendere la pianta regolare è stata inserito un giunto sismico che separi i due blocchi costruttivi, le dimensioni sono di 36.26 m per il blocco A e di 32.26 m per il blocco B.

Questi sono sostanzialmente simmetrici se non per un telaio in più nel blocco A, la modellazione è pertanto la medesima. La parete invece è stata progettata staccandola dal resto della struttura.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione è basato sul metodo degli stati limite.

- D.M. 17 Gennaio 2018 - "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 27 Luglio 2018 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- UNI-EN 1993-1-1: 2005 Eurocodice 3 – "Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

3. MATERIALI UTILIZZATI

I materiali utilizzati per la relazione delle strutture portanti sono:

3.1. Acciaio strutturale

Acciaio strutturale S275JR (t≤40mm) (Travi, Pilastri e connessioni)

- f_{yk} – Tensione di snervamento caratteristica 275 N/mm^2
- f_{tk} – Tensione a rottura caratteristica 430 N/mm^2
- E – Modulo elastico 210000 N/mm^2
- G – Modulo di taglio 81000N/mm^2
- ν - Coefficiente di Poisson (tratto elastico) 0.3
- J – Energia minima 27 J
- R – Temperatura di prova della resilienza 20° C

Acciaio strutturale S235JR (t≤40mm) (Lamiera grecata)

- f_{yk} – Tensione di snervamento caratteristica 235 N/mm^2
- f_{tk} – Tensione a rottura caratteristica 360 N/mm^2
- E – Modulo elastico 210000 N/mm^2
- G – Modulo di taglio 81000N/mm^2
- ν - Coefficiente di Poisson (tratto elastico) 0.3
- J – Energia minima 27 J
- R – Temperatura di prova della resilienza 20° C

3.2. Calcestruzzo strutturale

Classe di resistenza C25/30 (Solaio)

- $F_{cd}= \alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$ = 0.85x25/1.5=14.2 MPa
- E= 28960 MPa
- Classe di esposizione XC3 per strutture in elevazione
- Copriferro minimo 25mm, dimensione max inerte 16 mm
- Classe di consistenza (slump) S4

Classe di resistenza C30/37 (Platea)

- $F_{cd}= \alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$ = 0.85x30/1.5=17 MPa
- E= 32836 MPa
- Classe di esposizione XC2 per strutture di fondazione
- Copriferro minimo 25mm, dimensione max inerte 16 mm
- Classe di consistenza (slump) S4

3.3. Acciaio per barre di armatura

Tipo FeB450C

- f_{yk}= 450 MPa (Valore caratteristico della tensione di snervamento)
- f_{yd}= 450/1.15 =391.3 MPa (Valore della resistenza da utilizzare nel calcolo)
- E = 200000 MPa (Modulo elastico)

4. INDICAZIONI DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Ai fini delle caratteristiche geotecnica e sismica dei terreni oggetto di intervento è stata effettuata:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 m da p.c.;
- n. 1 piezometri per il controllo della soggiacenza della falda sotterranea;
- n.3 prove penetrometriche CPTU spinti a 15,0 m di profondità
- n.1 prova penetrometrica CPTU spinta a 20,0 m di profondità
- n.8 prova penetrometrica CPT spinta a 5,0 m di profondità
- prove di laboratorio geotecnico su 3 campioni di terreno indisturbato (prove edometriche);
- indagine sismica M.A.S.W. e ESARC

L'elaborazione delle informazioni ricavate dalle indagini permette di fornire:

1. la caratterizzazione ai fini geotecnici e sismici della serie litostratigrafica;
2. il calcolo della capacità portante delle fondazioni;
3. la verifica del rischio di liquefazione dei terreni.

4.1. Ricostruzione stratigrafica

Sono stati realizzate prove penetrometriche a varie profondità ed un sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di un piezometro di monitoraggio delle acque sotterranee. Le prove CPTU ed il sondaggio sono state eseguite al di sotto dell'impronta delle nuove strutture di progetto le prove CPT nell'area di installazione dei pannelli fotovoltaici. I risultati delle prove hanno permesso la ricostruzione del modello geologico schematizzato in tabella successiva:

Tabella 1. *stratigrafia e caratteristiche geotecniche*

Profondità M dal p.c.	litologia	Qc Kg/cmq	γ t/mc	Cu_k Kg/cmq	Ø Gradi	Mo Kg/cmq
0,0 ÷ 1,20	Terreno agrario limoso	20	1,92	0,80	28	60
1,20 ÷ 2,80	Limo argilloso poco compatto debolmente sabbioso	7	1,89	0,40	23	32
2,80 ÷ 4,30	Limo argilloso debolmente sabbioso mediamente compatto	12	1,85	0,55	20	38
4,30 ÷ 11,10	Limo argilloso poco compatto	7	1,85	0,40	15	35
11,10 ÷ 13,00	Limo argilloso debolmente sabbioso mediamente compatta	12	1,85	0,66	-	46
13,00 ÷ 15,50	Argilla limosa debolmente sabbiosa compatta	16	1,85	0,80	15	45
15,50 ÷ 20,00	Argilla limosa mediamente compatta	13	1,85	0,65	-	45

I risultati delle prove eseguite indicano la presenza di terreni poco compatti al di sotto del primo strato agrario fino a circa 2,50 metri di profondità per poi aumentare le caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di 4,30 da piano campagna. Oltre fino a 11,00m i risultati indicano terreni con basse caratteristiche geomeccaniche. Al di sotto le caratteristiche migliorano con la presenza di argille da mediamente compatte a compatte.

4.2. Risultati indagini sismiche

4.2.1. MASW/ESAC

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali e, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su una artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al.,1999).

La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con al profondità delle velocità delle onde S.

Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione di inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali delle curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

A differenza del MASW, l'ESAC registra i rumori di fondo esistenti in natura: la sorgente in questo caso non è più il martello, ma ogni fonte di vibrazione o rumore. Il vantaggio dell'utilizzo di tale metodologia di indagine è un segnale più ricco e con frequenze più basse, mentre lo svantaggio

consiste nella scarsità della conoscenza circa la direzione da cui provengono le fonti di rumore registrate. Per tale motivo si dispongono i geofoni con array bidimensionale, detto appunto antenna sismica.

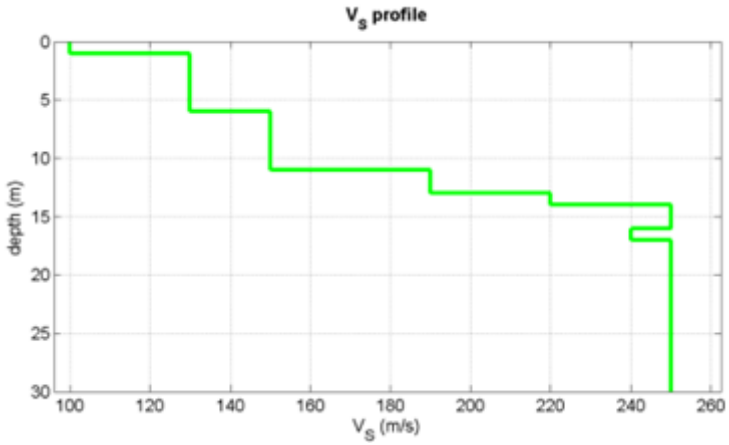


Figura 8. *Profilo delle velocità delle onde*

Mean model

Vs (m/s): 100, 130, 150, 190, 220, 250, 250, 240, 250, 250, 250

Thickness (m): 1.0, 5.0, 5.0, 2.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.66 1.74 1.77 1.83 1.87 1.90 1.90 1.86 1.84 1.83 1.83

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 29 40 66 90 118 118 107 115 114 114

Vs30 (m/s): 186

4.2.2. HVSR

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Rario – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo un sistema dove gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel primo mezzo viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a :

$$fr = VP1/(4\ h)$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$fr = VS1/(4\ h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Dall'analisi sismica acquisita non è stato individuato un substrato sismico (formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec) nei primi 30 m; il valore di VSeq è risultato il seguente:

VSeq =Vs 30= 186 m/sec.

Dall'analisi sismica effettuata è possibile classificare i terreni nella seguente categoria di sottosuolo:

CATEGORIA D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

4.2.3. Verifica di possibilità di fenomeni di liquefazione

Il D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 7/2019 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semi-empirico.

Tali verifiche devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato. Allo stesso tempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di uno dei seguenti casi:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g (a < 1 m/s2);
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60>30 oppure q_{c1N}>180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove

penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Per quanto riguarda l'area di intervento, la verifica a liquefazione viene omessa ai sensi del punto punto 4 in quanto, i terreni indagati risultano avere curve granulometriche esterne a quelle liquefacibili indicate dalle NTC 2018.

5. PROGETTO DELLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE

La struttura portante è realizzata in acciaio S275JR per entrambe i blocchi. Tale tipologia strutturale consente una maggior libertà progettuale in quanto la struttura non vincola la forma dell'edificio: è possibile creare grandi luci e limitare al minimo il numero dei pilastri senza porre quindi vincoli al concept architettonico. Inoltre, la struttura risulta più leggere snella rispetto ad una in c.c.a. consentendo di utilizzare fondazioni superficiali meno costose.

Lo schema statico alla base della concezione strutturale è quello del telaio costituito da una componente orizzontale che poggia su due piedritti. La connessione tra colonna e trave consente solo in alcuni casi la trasmissione di momenti flettenti, ovvero per i telai della direzione corta, dove la trave è continua, e si compone di uno sbalzo di circa 1.5 m, una capata di 8m e uno sbalzo di altri 2.8 m, quest'ultimo talvolta ha un punto incastro esterno dato dalla presenza di un pilastro. Nella direzione ortogonale vi sono altri telai con campata di 4 m con schema statico appoggio-appoggio.

Il solaio di copertura, accessibile solo per manutenzione, è realizzato con lamiera grecata e soletta collaborante armata, connessa alla trave principale da pioli di collegamento.

Gli elementi verticali sono vincolati al piede con degli incastri.

5.1. Analisi dei carichi

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il metodo Semi Probabilistico agli Stati Limite (rif. D.M. 2018). I carichi elementari sono cumulati secondo le azioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo SLU (Stato Limite Ultimo) e allo SLE (Stato Limite di Esercizio).

Le azioni elementari considerate ai fini del progetto strutturale sono:

- Peso proprio degli elementi strutturali G_{k1}
- Carichi permanenti non strutturali G_{k2}
- Carico variabile (rif. alla categoria d'uso della costruzione, NTC § 3.1.4) Q_{k1}
- Carico variabile da vento (NTC § 3.3) Q_{k2}
- Carico variabile da neve (NTC § 3.3) Q_{k3}
- Sisma E

5.1.1. Carichi accidentale

Ai fini delle verifiche svolte si fa riferimento, per la definizione dei sovraccarichi variabili, alle NTC 2018.

I sovraccarichi assunti nelle verifiche rispecchiano la destinazione degli ambienti. Per questo tipo di struttura si fa riferimento alla tipologia H – Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione.

La tabella di seguito, estrapolata dalla Tab.3.1.II delle NTC, riepiloga i carichi di progetto.

Tabella 2. *Tab. 3.1.II NTC18 - Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*

Cat.	***Ambienti***	***q_k [kN/m²]***	***Q_k [kN]***	***H_k [kN/m]***
H	*Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione*	*0.50*	*1.20*	*1.00*

5.1.2. Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione (§ 3.4.1, NTC 2018):

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

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m2];

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

La provincia di Bologna si trova in Zona I- Mediterranea , per la quale il valore caratteristico di riferimento del carico

neve al suolo vale:

$$q_{sk} = 1{,}5 \text{ kN/m}^2$$

essendo la quota del suolo sul livello del mare a_s= 21m s.l.m < 200 m.

Si hanno quindi i seguenti valori:

quota a_s = 21 m s.l.m.

carico neve carat. q_{sk} = 1,5 kN/m²

coeff. di esposizione CE = 1

coeff. termico C_t = 1

coeff. di forma delle falde μ_1 = 0,8

carico neve di progetto q_s = 1,20 kN/m²

5.1.3. Carico vento

L'applicazione dell'azione del vento sulla struttura si articola in due fasi:

1. calcolo della pressione Normale e Tangenziale lungo l'altezza dell'edificio;
2. trasformazione delle pressioni in forze (lineari/concentrate) sugli elementi (strutturali/non strutturali) dell'edificio.

2) Emilia Romagna			
Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s

2	25	750	0.45
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			21
T_R (Tempo di ritorno)			50
$\mathbf{v_b = v_{b,0} \cdot c_a}$ $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$ $c_a = 1+k_s (a_s/a_0 - 1)$ *per* $a_0 < a_s \leq 1500$ *m*			
$c_a = 1$	v_b [m/s] = 25.000		
$\mathbf{v_r = v_b \cdot c_r}$ $c_r = 0{,}75 \cdot \{1-0{,}2 \cdot \ln[-\ln(1-1/T_r)]\}^{0,5}$			
$c_r = 1.00000$	v_r [m/s] = 25.000		

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

$q_r = 1/2 \cdot r \cdot v_r^2$ (r = 1,25 kg/mc)

q_r [N/mq]	390.63

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) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
2	D	21

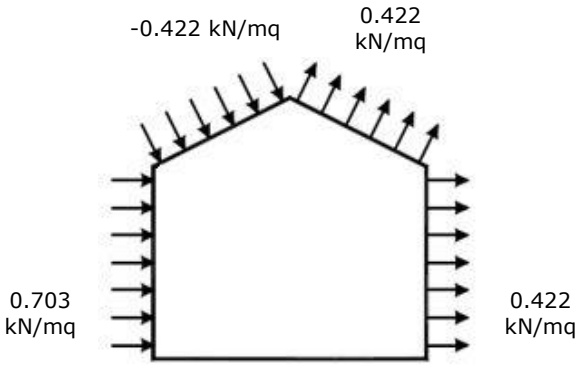
$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7+c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

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

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
II	0.19	0.05	4	1

Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0.703
(2)	-0.422
(3)	0.422
(4)	0.422



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

5.1.4. Peso proprio solaio

Gli orizzontamenti utilizzati sono del tipo "HI-BOND TYPE A 55/P600" di spessore 110 mm. Si riporta di seguito il peso proprio delle componenti strutturali estrapolando direttamente dalla sceda tecnica fornitura del costruttore.

H cm	Peso soletta - Slab weight Poids de la dalle - Gewicht der Decke kg/m²	Spessore lamiera- Sheet thickness Epaisseur de la tôle - Blechstärke mm	Xs cm	J tot. cm⁴/m	Ws cm³/m	Wi cm³/m	T Kg/m
10	190	0,70	3,61	329,49	1368,98	51,57	1130
		0,80	3,79	362,35	1435,63	58,31	
		1,00	4,08	422,25	1550,71	71,38	
		1,20	4,33	475,79	1648,72	83,90	
11	215	0,70	3,92	424,00	1624,49	59,85	1250
		0,80	4,11	466,42	1701,96	67,70	
		1,00	4,44	543,66	1834,79	82,93	
		1,20	4,72	612,43	1946,55	97,51	

***Figura 9.** Peso proprio solaio strutturale*

5.1.5. Analisi dei carichi solai

L'analisi dei carichi utilizzata per le verifiche è riportata in seguito sulla base delle diverse tipologie di solaio considerato.

***Tabella 3.** Stratigrafia della copertura*

ANALISI DEI CARICHI COPERTURA HUB

G1	Lamiera grecata HI-BOND		s=11 cm	2.15	kN/m²
			G1	2.15	kN/m²
G2	Massetto delle pendenze	g=13 kN/m³	s=5 cm	0.65	kN/m²
	Manto di copertura			0.10	kN/m²

Controsoffitto + Impianti + Isolante		0.50	kN/m²
	G2	1.25	kN/m²
Accidentali	Q	1.20	kN/m²

5.2. Definizione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata calcolata in riferimento agli spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazione orizzontale come definito al punto §3.2 del DM 2018. Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \le T < T_B \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \le T < T_C \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \le T < T_D \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \le T \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$$

Dove T e S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale, inoltre:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido, determinata per il sito in cui sorge l'opera, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S=S_S \cdot S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione η=10/ (5+ ξ) ≥0,55, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T^*_C$ dove T^*_C è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante $T_B = T_C/3$
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D=4{,}0 \cdot a_g/g + 1{,}6$.

La categoria di sottosuolo in oggetto è la "D", come illustrato al § 4.2

I coefficienti S_S e C_C allo SLV valgono, quindi:

S_S = 1.785

C_C = 2.376

Al fine di determinare il tempo di ritorno (TR) per il quale viene definito lo spettro di progetto sono stati adottati i seguenti valori di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento, scelti in accordo a quanto prescritto al § 2.4.3 delle NTC 2018.

- V_N: vita nominale di 50 anni;
- C_U: Classe d'uso II
- V_R: periodo di riferimento pari a 50 anni.

Gli spettri elastici di riferimento sono illustrati Figura 10

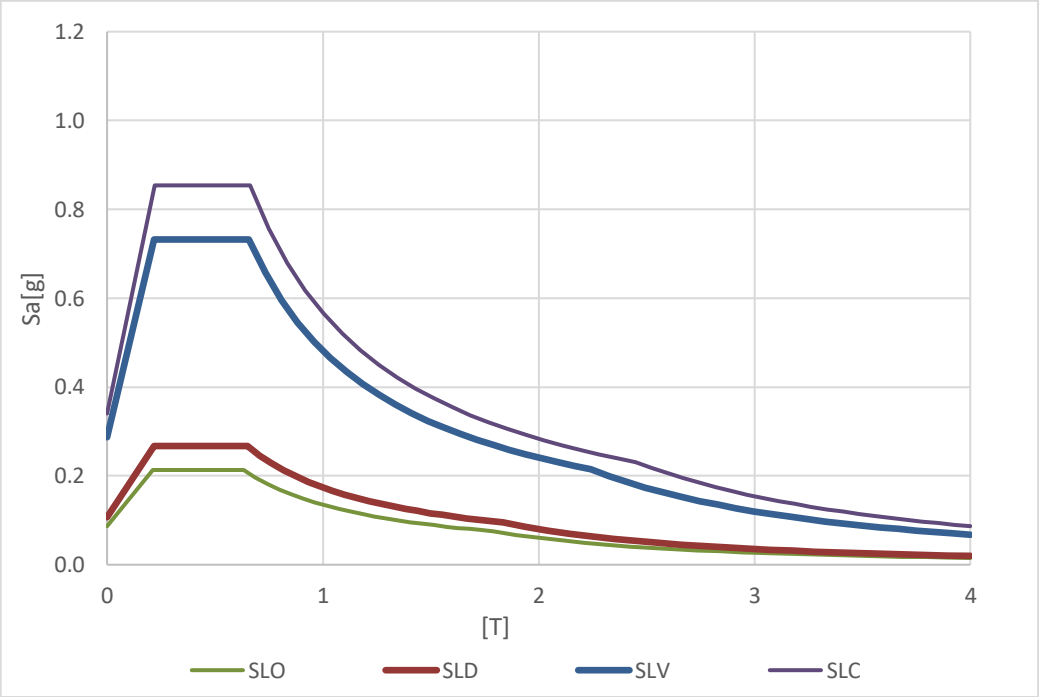


Figura 10. *Spettri di risposta elastici (q=1) – SLO, SLD, SLV, SLC*

Lo spettro di progetto per il dimensionamento e la verifica delle strutture in oggetto è ricavato tramite un approccio non dissipativo, considerando un fattore di comportamento q=1.5, come indicato al §7.3 delle NTC.

Cioè equivale a dire che nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico.

Quanto sopra riportato, rende superfluo la verifica di regolarità in pianta e in altezza, dato che infatti:

- Restando in accordo alla normativa, al § 7.3 vengono indicati i metodi di analisi e criteri di verifica. In particolare, alla Tab. 7.3.I, prendiamo atto che per un'analisi lineare, statica o dinamica che sia, il fattore di comportamento, per un criterio di progettazione non dissipativo, utilizzabile allo stato limite di salvaguardia della vita è $q \leq 1.5$.

Inoltre, segue questa specifica: "per le strutture a comportamento non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND}, ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD"B" (Tab. 7.3.II) secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = 2/3\ q_{CD"B"} \leq 1.5$$

Per entrambi i blocchi strutturali in esame, riferendosi alla tab. 7.3.II delle NTC18 si considera cautelativamente "Strutture con controventi concentrici a V" con $q_{CD"B"} = 2$, questa scelta è stata fatta in quanto gli elementi di controvento lavorano sia a compressione che a trazione, per cui non può essere considerata "Struttura con controventi concentrici a diagonale tesa attiva".

Nello specifico le analisi e le verifiche sono state eseguite, in accordo a quanto prescritto dalla normativa, con un fattore di comportamento pari a 1.5.

Si tiene a precisare che, adottato un criterio non dissipativo, in accordo con la normativa, non si eseguono le verifiche in termini di duttilità e non è necessario rispettare le regole di progetto e i requisiti di gerarchia delle resistenze indicati al §7.5 delle NTC.

Concludendo si riporta lo spetro di progetto calcolato con il fattore di comportamento scelto (q=1.5).

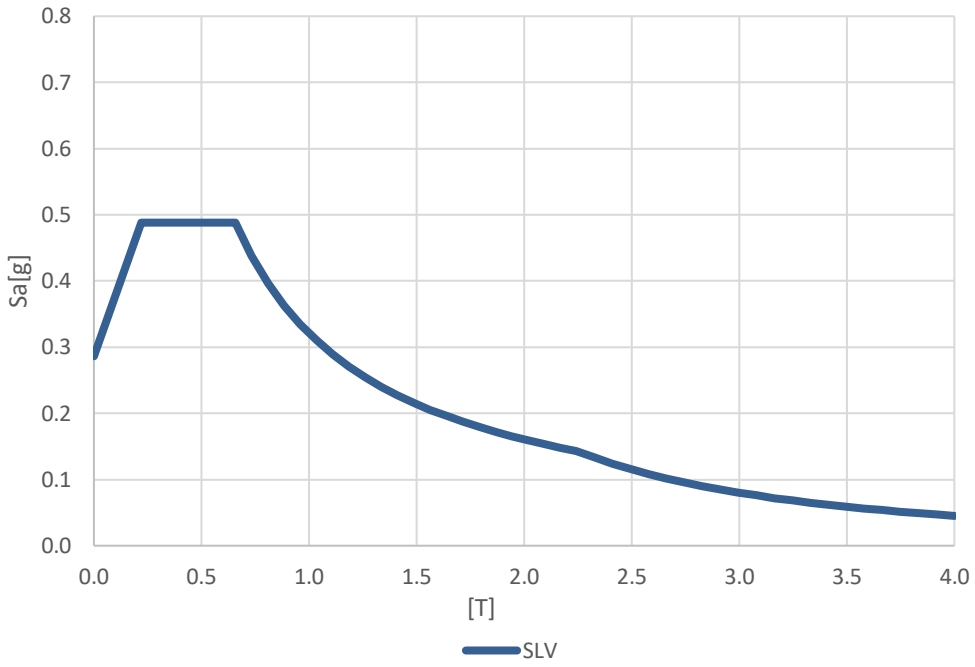


Figura 11. *Spettro di progetto (q=1.50)*

5.3. Combinazioni delle azioni

Combinazione allo STATO LIMITE ULTIMO:

Le verifiche allo SLU vengono condotte considerando la combinazione fondamentale:

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

Dove il coefficiente di sicurezza γG vale generalmente 1,3 per i carichi permanenti e per i carichi permanenti non strutturali ben definiti, mentre il coefficiente di sicurezza per le azioni variabili γQ vale 1.5.

Combinazione allo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA:

Le verifiche allo SLV vengono condotte considerando le combinazioni simiche:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Dove:

- G_1: rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali, il peso proprio del terreno quando pertinente, le forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno), le forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G_2: rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P: rappresenta pretensione e precompressione;
- Q_{ki}: rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;

- Ψ_{2i}: sono coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici;
- E: rappresenta l'azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame.

I valori di riferimento per i coefficienti di combinazione sono rilevati dalla tabella2.5. I delle NTC 2018:

Tabella 4. *NTC 2018: tabella 2.5.I – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*

Categoria / Azioni variabili	Ψ_{01}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- Gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$1.00 \cdot E_X + 0.30\, E_Y \qquad 0.30 \cdot E_X + 1.00 \cdot E_Y$$

dove:

E_X rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

E_Y rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura;

6. MODELLO STRUTTURALE

6.1. Software di calcolo

Al fine di eseguire il progetto e la verifica degli elementi strutturali è stato implementato un modello tridimensionale agli elementi finiti mediante il software Acca Edilus. Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha conseguito di valutare 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. Ad ogni modo i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli. Il "check" ha compreso il confronto con i risultati dei 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.

6.2. Modellazione geometrica

Nelle immagini seguenti vengono riportate alcune viste tridimensionali del modello di calcolo realizzato.

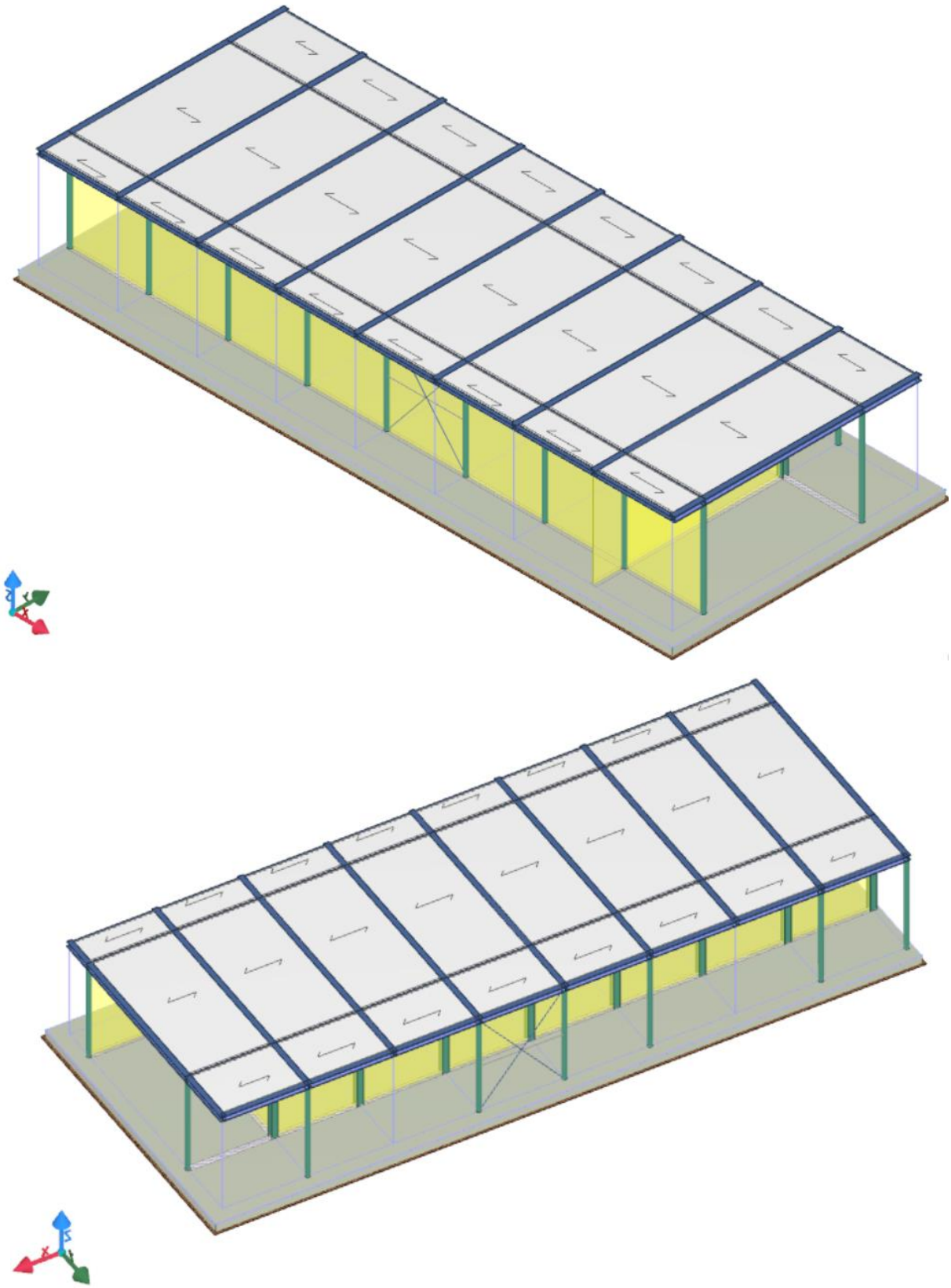


Figura 12. *Modello 3D - Edilus*

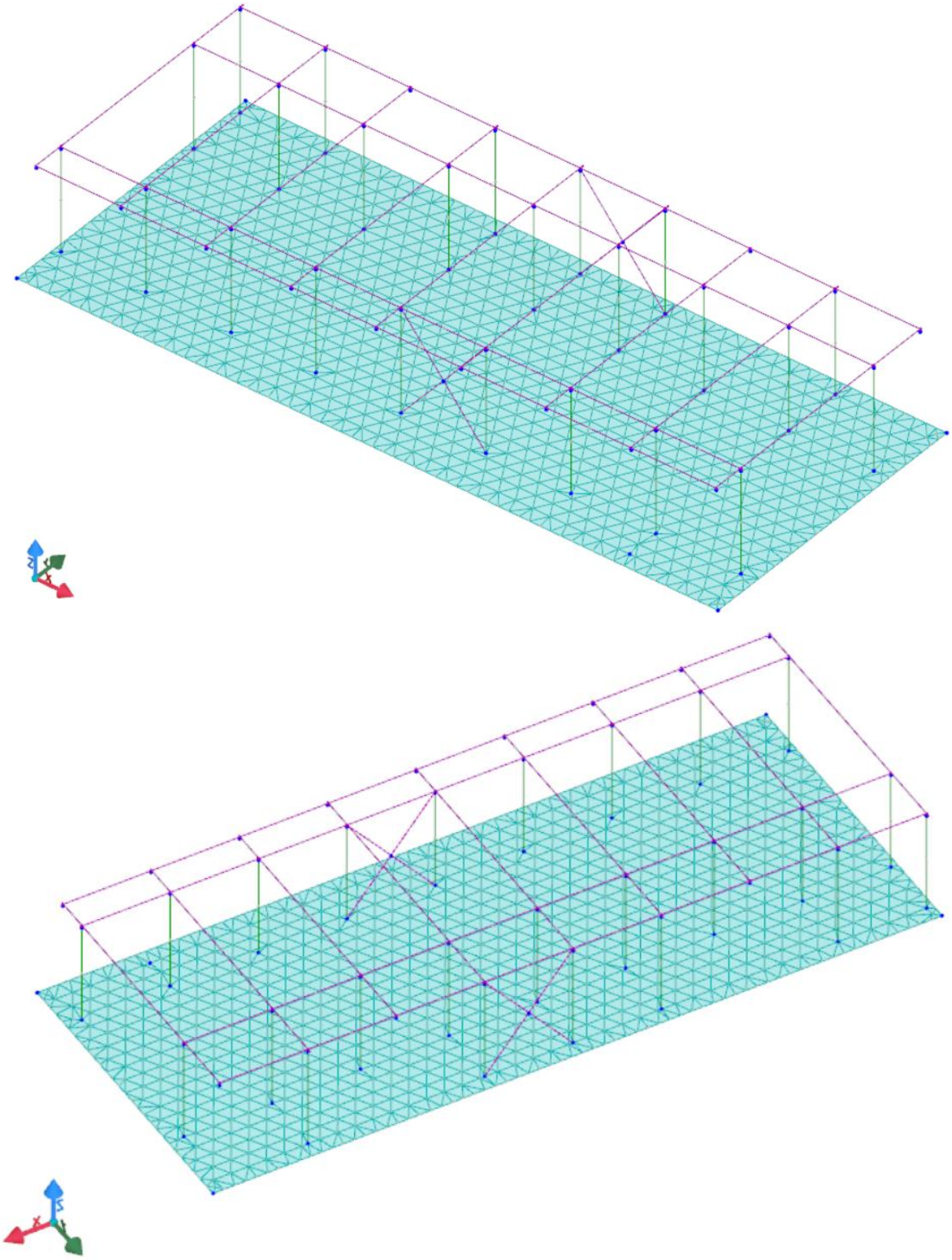


Figura 13. *Modello 3D strutturale - Edilus*

Nel modello sono state implementate tutte le componenti strutturali in acciaio come colonne, travi principali e controventi; inoltre sono state considerati anche gli elementi in calcestruzzo quali platea di fondazione.

In particolare, la platea di fondazione è modellata con elementi di tipo "plate", le travi e le colonne in acciaio sono modellati con elementi di tipo "beam". La fondazione verrà trattata nel capitolo "*7 Progetto fondazione*"

Più nel dettaglio, le colonne sono state modellate come elementi verticali, aventi profilo tubolare O 244.5X16 e HEA 300. Le travi in direzione Y sono anch'esse elementi beam, posizionate in orizzontale, e di profilo HEB 260, mentre quelle in direzione X sono perlopiù HEA 180, mentre la travata più esterna nel portico è HEA260. In quest'ultime vengono applicati degli svincoli che consentono di liberare le rotazioni nel piano verticale, simulando il comportamento di una trave appoggiata-appoggiata.

Infine, i controventi sono costituiti da tondini di diametro 45 mm, inseriti come elementi "truss".

Gli elementi non strutturali non sono direttamente implementati nel modello se non come carichi e masse inerziali che contribuiscono a determinare la sollecitazione tagliante in combinazione sismica.

I solai, dotati tutti di soletta collaborante di 5 cm, possono essere considerati infinitamente rigidi nel proprio piano, e vengono implementati come tali nel software insieme al proprio peso.

I vincoli alla base dei pilastri sono degli incastri perfetti.

6.3. Implementazione carichi

Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato in automatico dal programma, esso si riferisce agli elementi direttamente modellati come travi, pilastri. Come indicato al capitolo 3.1.2 delle Norme Tecniche, il carico viene calcolato considerando un peso per unità di volume dell'acciaio.

I solai e i tamponamenti presenti nel modello influiscono sia in termini di peso che in termini di massa, inoltre, ripartiscono le azioni agenti su di essi agli elementi strutturali.

Il carico vento, agente sugli elementi di tamponamento e sulla copertura, che scaricano su pilastri e travi, vene inserito anch'esso direttamente su questi ultimi come consentito dal programma:

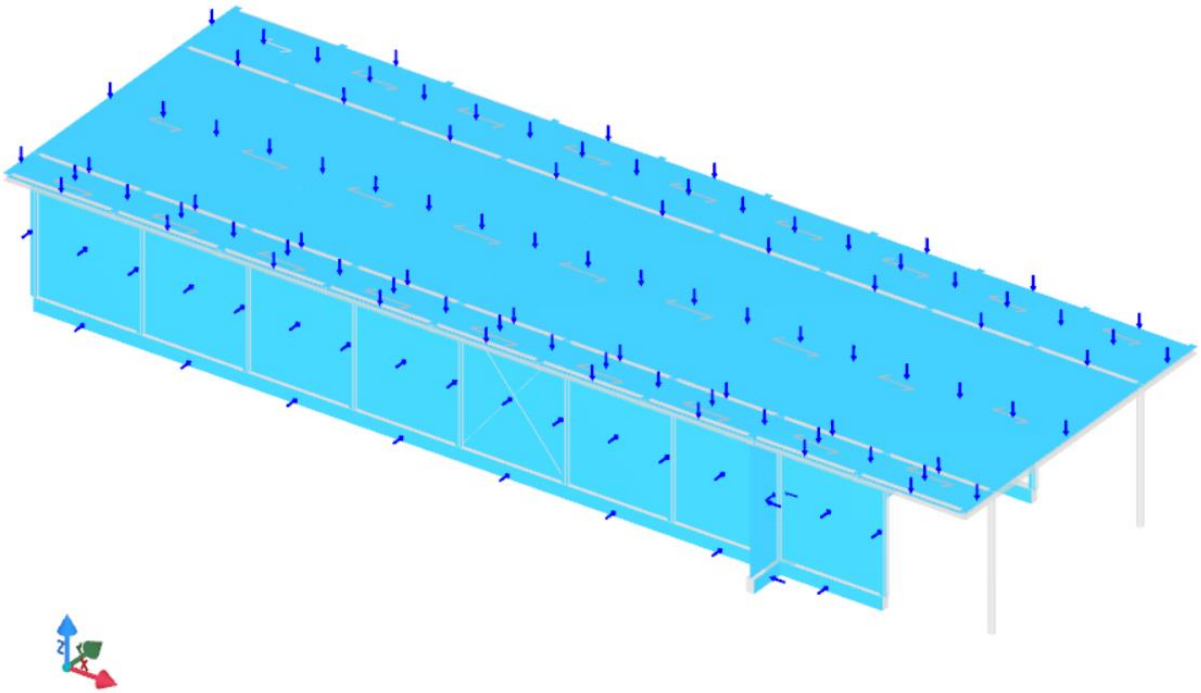


Figura 14. *Modellazione dell'azione del vento*

Il software considera in automatico la possibilità di avere la superfice sottovento e sopravento e le combina fra loro.

6.4. Modellazione meccanica

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i materiali indicati al § **Errore. L 'origine riferimento non è stata trovata.**.

Le resistenze di progetto vengono ottenute, a partire dalle resistenze caratteristiche dei materiali, grazie ai coefficienti riduttivi previsti dalle NTC e riportati in seguito.

Tabella 5. *4.2.VII delle NTC2018 – Coefficienti per la resistenza delle membrature*

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1{,}05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1{,}05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1{,}10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1{,}25$

Per la platea in cemento armato invece, le resistenze di progetto si calcolano nel modo seguente:

4.1.2.1.1.1 ***Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo***

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd}, é:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \qquad [4.1.3]$$

dove:

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari ad 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

4.1.2.1.1.3 ***Resistenza di progetto dell'acciaio***

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \qquad [4.1.5]$$

dove:

γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (§ 11.3.2), per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da f_{pyk} (barre), $f_{p(0,1)k}$ (fili), $f_{p(1)k}$ (trefoli e trecce); si veda in proposito la Tab. 11.3.VIII.

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

7. PROGETTO FONDAZIONE

La scelta della tipologia di fondazione, a valle di tutte le considerazioni della relazione geologica, è ricaduta su una platea. Nello specifico la platea di dimensioni di massina 70.00m x 14.00 m per un'altezza della sezione di 40 cm. La profondità in cui si getterà la fondazione sarà di 1 m rispetto al piano di calpestio della struttura, ovvero alla quota del piano di campagna allo stato di fatto. La struttura di fondazione sarà costruita solo a seguito della rimozione del primo strato di "Terreno agrario limoso", che verrà sostituto con un terreno misto granulare.

I pilastri della struttura vengono costruiti su dei colli di fondazione che non hanno funzione strutturale ma solamente di contenimento del pacchetto non strutturale contro terra.

7.1. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti

Le verifiche geotecniche effettuate sono riferite ad una porzione della fondazione in progetto (platea) poggiante su un terreno granulare di riporto, ad una profondità di 1.00 m dalla quota media di piano campagna allo stato di progetto.

Per effettuare l'analisi dei cedimenti e determinare il carico limite del terreno è stata implementata la stratigrafia nel software di calcolo, si riportano le caratteristiche del singolo terreno.

TERRENI

Terreni

N_{TRN}	γ_f	K1			ϕ	c_u	c'	E_d	E_{cu}	A_{S-B}
		K_{1X}	K_{1Y}	K_{1Z}						
	[N/m³]	[N/cm³]	[N/cm³]	[N/cm³]	[°]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	
Sabbia ghiaiosa										
T001	18 000	80	80	300	35	0,000	0,000	150	0	0,000
Terreno argilloso limoso poco compatto										
T002	19 000	15	15	15	23	0,040	0,000	3	32	1,125
Terreno Limo argilloso mediamente compatto										
T003	18 142	18	18	18	20	0,020	0,000	4	16	0,750

LEGENDA:

- N_{TRN} Numero identificativo del terreno.
- γ_f Peso specifico del terreno.
- **K1** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K_{1X}), Y (K_{1Y}), e Z (K_{1Z}).
- ϕ Angolo di attrito del terreno.
- c_u Coesione non drenata.
- c' Coesione efficace.
- E_d Modulo edometrico.
- E_{cu} Modulo elastico in condizione non drenate.
- A_{S-B} Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

STRATIGRAFIE

Stratigrafie

N_{TRN}	Q_i	Q_f	Cmp. S.	Add	ΔEd
	[m]	[m]			
[S001]-Terreno agrario					
T001	0,00	-1,20	incoerente	sciolto	nulla
T002	-1,20	-2,60	coerente	sciolto	nulla
T003	-2,60	-4,10	coerente	sciolto	nulla
T002	-4,10	-10,80	coerente	sciolto	nulla
T003	-10,80	INF	coerente	sciolto	nulla

LEGENDA:

- N_{TRN} Numero identificativo della stratigrafia.
- Q_i Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
- Q_f Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale.
- **Cmp. S.** Comportamento dello strato.
- **Add** Addensamento dello strato.
- **ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.

Figura 15. *Caratteristiche geotecniche del terreno e stratigrafia*

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

Tabella 6. *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]*

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

Tabella 7. *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]*

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\varphi_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,00	1,00

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

Tabella 8. *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.*

Verifica	Coefficiente Parziale
	(R3)
Carico limite	γ_R = 2,3
Scorrimento	γ_R = 1,1

Tabella 9. *Verifiche carico limite fondazione SLU*

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi						Q_{Ed}	Q_{Rd}
								per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ		
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]
Platea 1	1,48	37,00	13,78	0,00	0,55	-	NON Coesivo	0,93	0,78	0,54	1,00	5,14	0,00	0,030	0,044

LEGENDA:

Id_{Fnd}	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld}	Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed}	Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd}	Resistenza di progetto del terreno.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

Tabella 10. *Verifica carico limite fondazioni SLD*

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi						Q_{Ed}	Q_{Rd}
								per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ		
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]
Platea 1	2,55	37,00	13,78	0,00	0,55	-	NON Coesivo	0,84	0,76	0,47	1,00	5,14	0,00	0,021	0,054

LEGENDA:

Id_{Fnd}	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld}	Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed}	Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd}	Resistenza di progetto del terreno.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

Per quanto concerne i cedimenti differenziali risultano anch'essi tutti soddisfatti come indicato dalla tabella successiva.

Il cedimento massimo è di 6 cm nella combinazione di inviluppo.

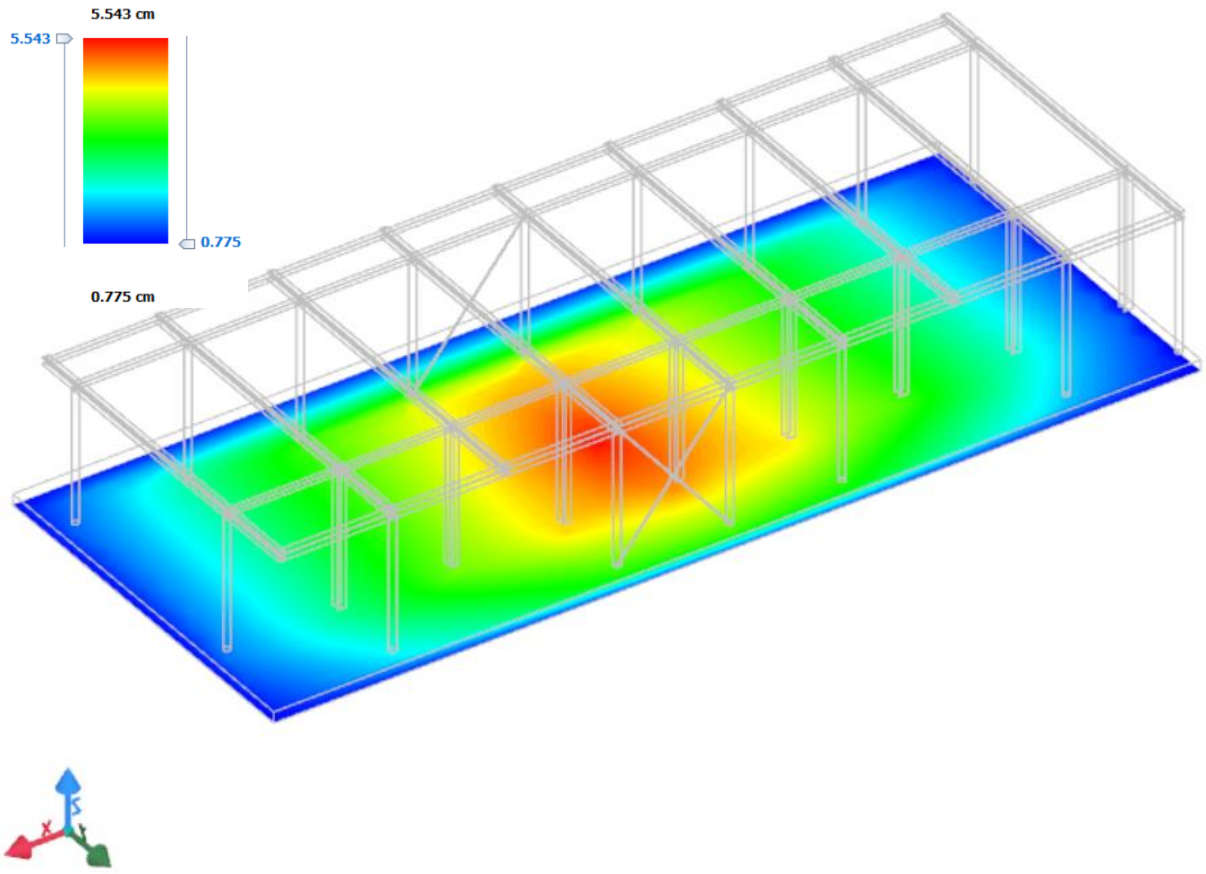


Figura 16. *Grafico dei cedimenti assoluti*

Tabella 11. *Esiti delle verifiche dei cedimenti*

Id_W	$Id_{\Delta W}$	$(L/\Delta W)_{i-f}$	$(L/\Delta W)_{lim}$	CS
001	C0021-C0006	11 956,89	200	59,78
002	C0006-C0020	1 039,27	200	5,20
003	C0007-C0004	5 435,02	200	27,18
004	C0008-C0017	3 327,80	200	16,64
005	C0017-C0023	316,90	200	1,58
006	C0013-C0016	2 520,29	200	12,60
007	C0011-C0018	2 074,37	200	10,37
008	C0018-C0015	212,75	200	1,06
009	C0012-C0003	2 030,55	200	10,15
010	C0003-C0014	211,41	200	1,06
011	C0009-C0001	2 587,31	200	12,94
012	C0010-C0005	3 439,06	200	17,20
013	C0005-C0019	323,13	200	1,62
014	C0022-C0002	5 675,97	200	28,38
015	C0020-C0023	508,64	200	2,54

Id_W	$Id_{\Delta W}$	$(L/\Delta W)_{i-f}$	$(L/\Delta W)_{lim}$	CS
016	C0023-C0015	709,10	200	3,55
017	C0015-C0014	17 383,71	200	86,92
018	C0014-C0019	680,70	200	3,40
019	C0006-C0004	368,96	200	1,84
020	C0004-C0017	362,70	200	1,81
021	C0017-C0016	414,69	200	2,07
022	C0016-C0018	669,37	200	3,35
023	C0018-C0003	25 450,00	200	NS
024	C0003-C0001	623,58	200	3,12
025	C0001-C0005	399,90	200	2,00
026	C0005-C0002	356,31	200	1,78
027	C0002-C0025	392,61	200	1,96
028	C0021-C0007	393,86	200	1,97
029	C0007-C0008	374,88	200	1,87
030	C0008-C0013	469,06	200	2,35
031	C0013-C0011	742,90	200	3,71
032	C0011-C0012	17 109,86	200	85,55
033	C0012-C0009	715,60	200	3,58
034	C0009-C0010	428,99	200	2,14
035	C0010-C0022	384,38	200	1,92
036	C0022-C0024	413,84	200	2,07
037	C0024-C0025	10 725,88	200	53,63

LEGENDA

Id_W	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
$Id_{\Delta W}$	Identificativo del cedimento differenziale.
$(L/\Delta W)_{i-f}$	Distorsione angolare ([NS] = Non Significativo - per valori di $(L/\Delta W)_{i-f}$ maggiori o uguali di 50.000).
$(L/\Delta W)_{lim}$	Distorsione angolare limite.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

7.2. Progetto dell'armatura della fondazione diretta

A questo punto resta da definire l'armatura nella platea di fondazione.

Il dimensionamento e la verifica della fondazione, così come il calcolo dell'armatura necessaria vengono svolti con l'ausilio di un modello analitico realizzato con il software Edilus.

Considerando tutti i carichi e tutte le combinazioni agli stati limite ultimo, ritroviamo la seguente disposizione di armatura nella platea di fondazione (s = 40 cm).

La rete di base, distribuita su tutta la platea, è costituita da armatura φ14/20 cm in entrambe le direzioni. In questo caso, non sono necessarie armature aggiuntive, infatti dalle tabelle estratte si nota che il momento massimo in fondazione è pari a M= 106 kN/m e il taglio T = 2.9 kN.

La verifica del momento resistente è stata effettuata con VcaSLU, implementando la geometria della fondazione e le caratteristiche dei materiali utilizzati.

Il coefficiente di sicurezza è pari a 1.01 > 1, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

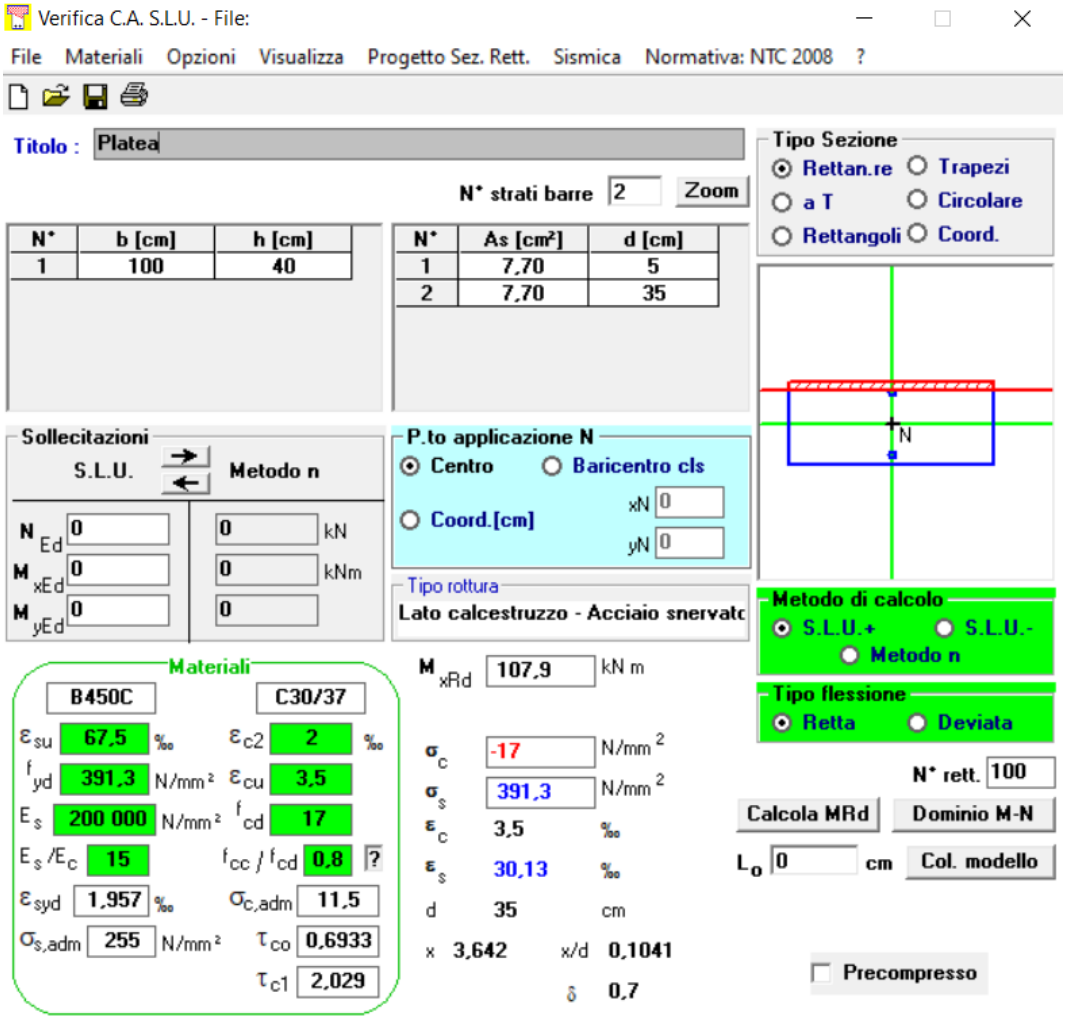


Figura 17. *Verifca della platea di fondazione*

8. DIEMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE

Nel capitolo in oggetto si riportano il dimensionamento e le successive verifiche degli elementi strutturali principali.

8.1. Risultati dell'analisi dinamica lineare

Il metodo di analisi utilizzato è l'analisi dinamica lineare con spettro di progetto ottenuto utilizzando un fattore di comportamento pari a 1.5.

Si riporta, di seguito, una tabella riepilogativa nella quale sono evidenziati i modi principale di vibrare della struttura.

Tabella 12. *Modi di vibrare*

Sptr	T	$a_{g,0}$	$a_{g,v}$	Γ	CM	%M.M	M_{Ecc}
	[s]	[m/s²]	[m/s²]			[%]	[N·s²/m]
Modo Vibrazione n. 1							
SLU-X	0,544	4,789	0,000	384,336	2,8855	99,49	147 714
SLU-Y	0,544	4,789	0,000	3,540	0,0266	0,01	13
SLU-Z	0,000	0,000	0,855	0,000	0,0000	0,00	0
SLD-X	0,544	2,620	0,000	384,336	2,8855	99,49	147 714
SLD-Y	0,544	2,620	0,000	3,540	0,0266	0,01	13
SLD-Z	0,000	0,000	0,190	0,000	0,0000	0,00	0
Elast-X	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Y	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0,000	0,855	-	-	-	-
Modo Vibrazione n. 2							
SLU-X	0,375	4,789	0,000	18,203	0,0649	0,22	331
SLU-Y	0,375	4,789	0,000	-286,544	-1,0209	55,30	82 108
SLU-Z	0,000	0,000	0,855	0,000	0,0000	0,00	0
SLD-X	0,375	2,620	0,000	18,203	0,0649	0,22	331
SLD-Y	0,375	2,620	0,000	-286,544	-1,0209	55,30	82 108
SLD-Z	0,000	0,000	0,190	0,000	0,0000	0,00	0
Elast-X	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Y	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0,000	0,855	-	-	-	-
Modo Vibrazione n. 3							
SLU-X	0,342	4,789	0,000	-15,044	-0,0447	0,15	226
SLU-Y	0,342	4,789	0,000	-257,182	-0,7639	44,55	66 143
SLU-Z	0,000	0,000	0,855	0,000	0,0000	0,00	0
SLD-X	0,342	2,620	0,000	-15,044	-0,0447	0,15	226
SLD-Y	0,342	2,620	0,000	-257,182	-0,7639	44,55	66 143
SLD-Z	0,000	0,000	0,190	0,000	0,0000	0,00	0
Elast-X	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Y	-	2,620	0,000	-	-	-	-
Elast-Z	-	0,000	0,855	-	-	-	-

Si nota che il modo principale è in direzione X mentre gli altri 2 sono in direzione Y.

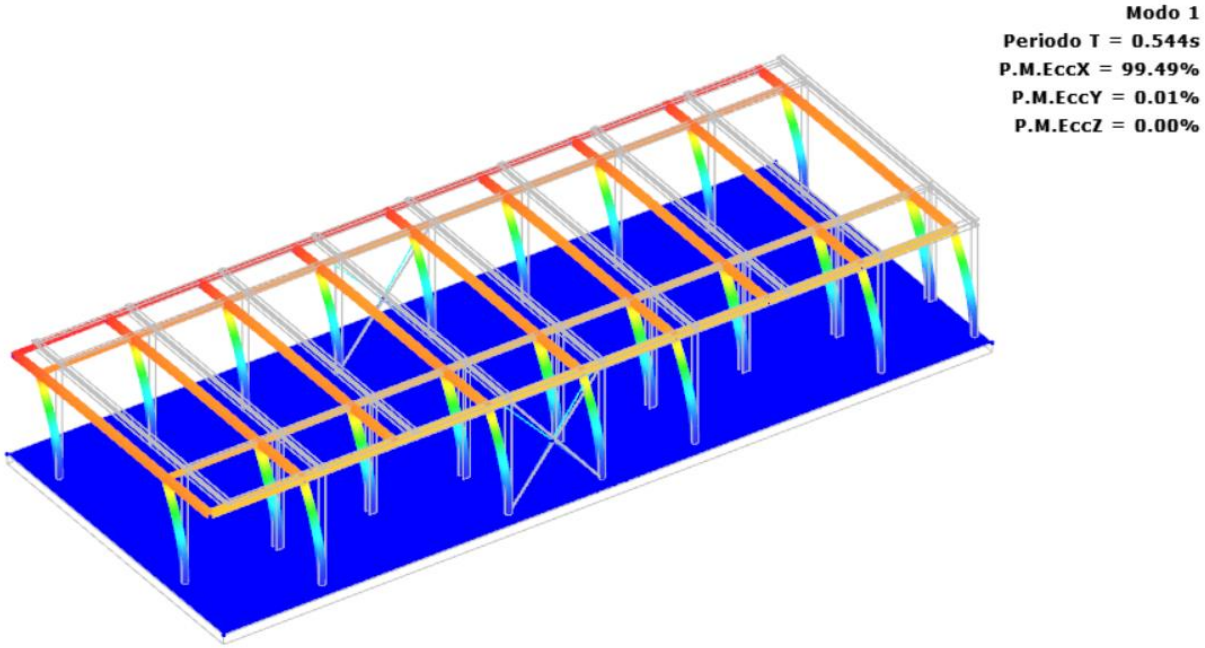


Figura 18. *Primo modo di vibrare*

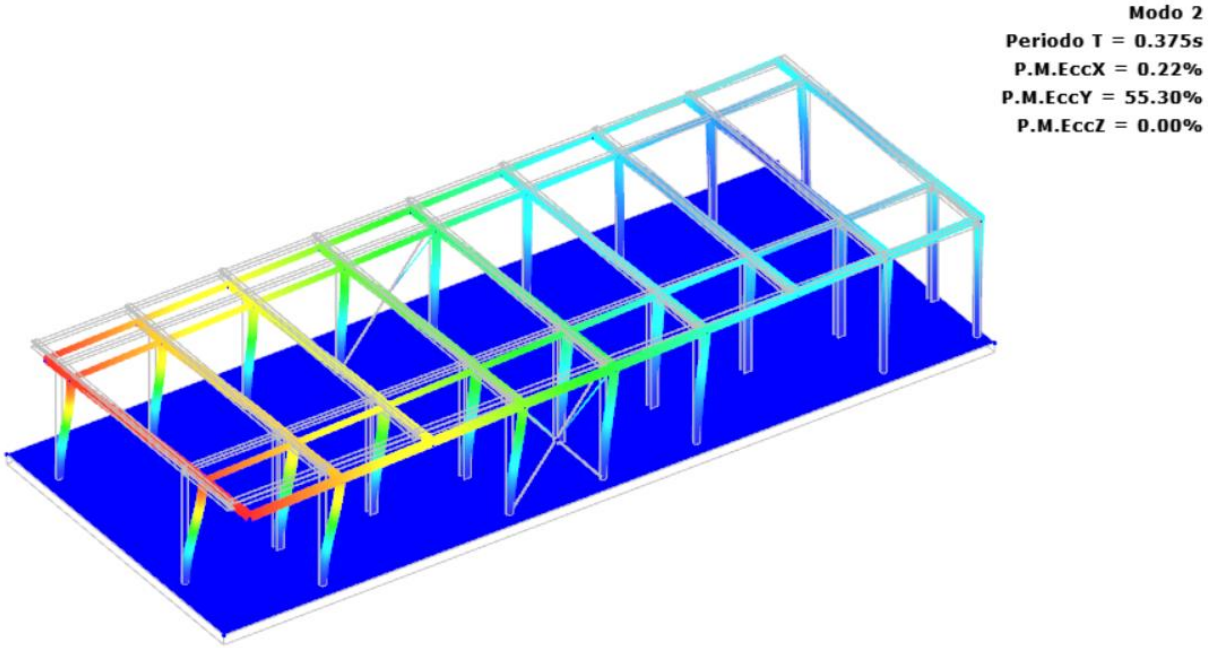


Figura 19. *Secondo modo di vibrare*

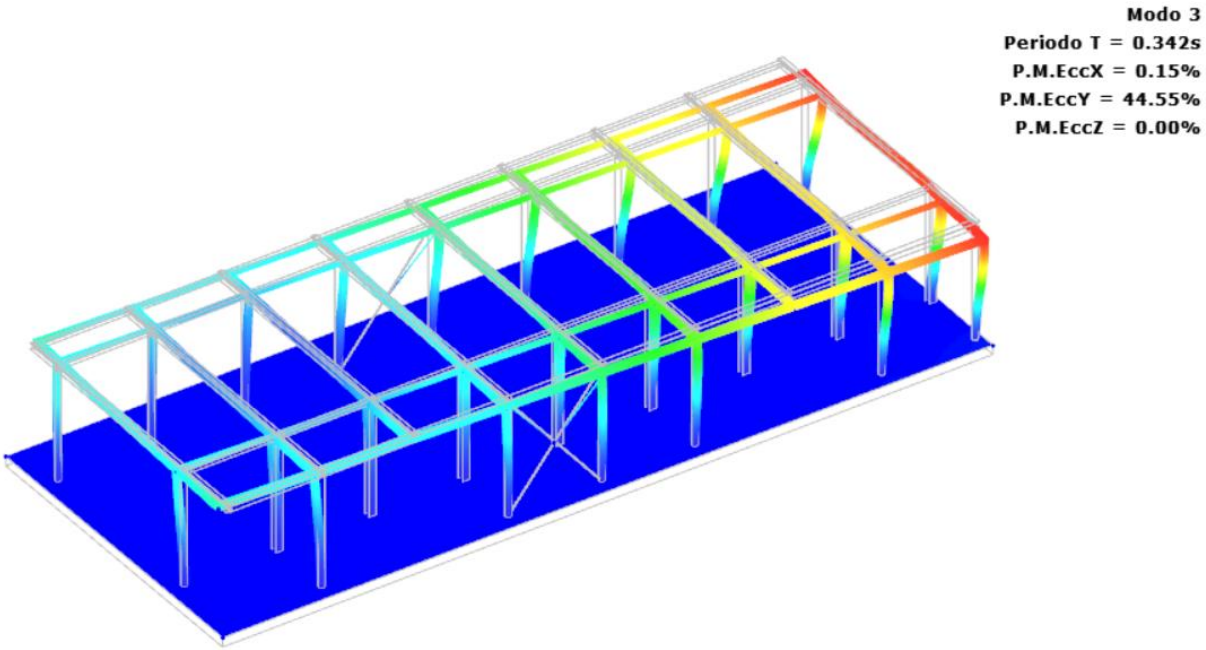


Figura 20. *Terzo modo di vibrare*

8.2. Verifiche agli stati limite di esercizio

Di seguito si riportano le configurazioni deformate della struttura allo stato limite di danno, rispettivamente in direzione x e direzione y. Lo spostamento massimo avviene in direzione x, nella la forzante sismica è maggiore, e vale, considerando l'inviluppo di tutte le combinazioni 2.21 cm.

La verifica risulta soddisfatta in quanto l'altezza rispetto al piano di fondazione è di 4.8 m, come indicato al paragrafo 7.3.6.1 delle NTC18:

$$q_{dr}=22.1 \text{ mm} < 0{,}005 \times 4.8 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

Sottolineando inoltre che sono stati trascurati nel modello i colli di fondazione che riducono sicuramente riducono lo spostamento.

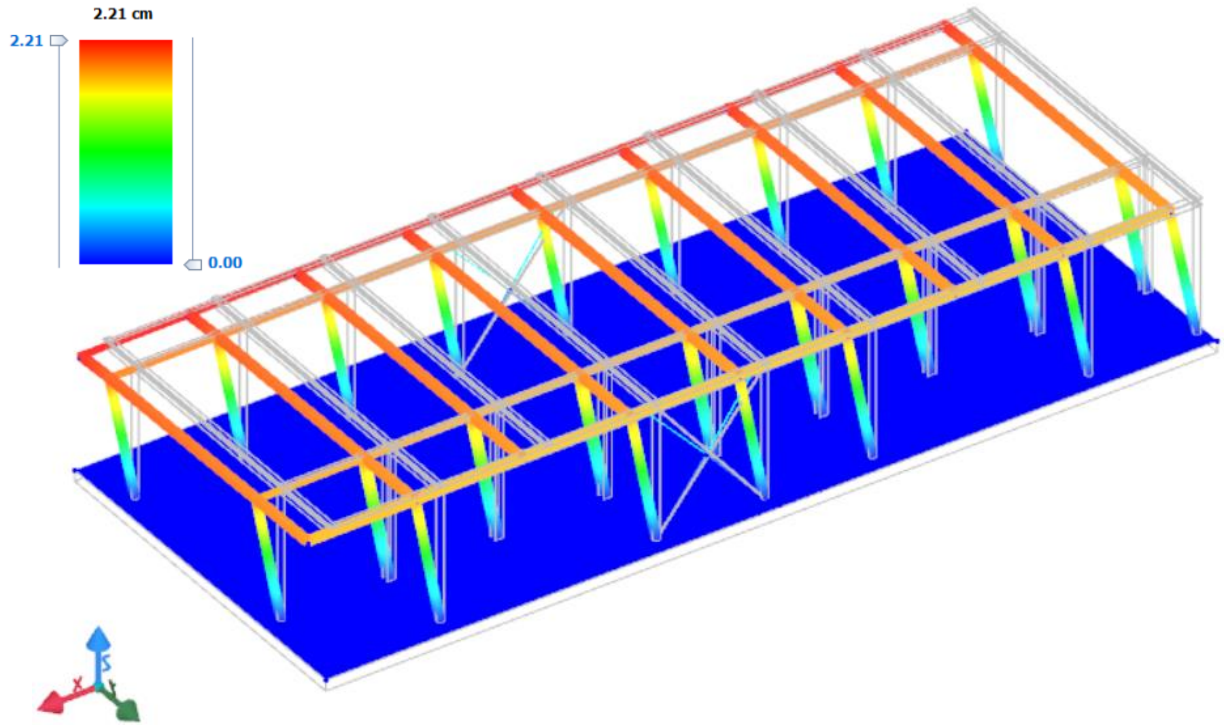


Figura 21. *Spostamento in direzione X – Inviluppo*

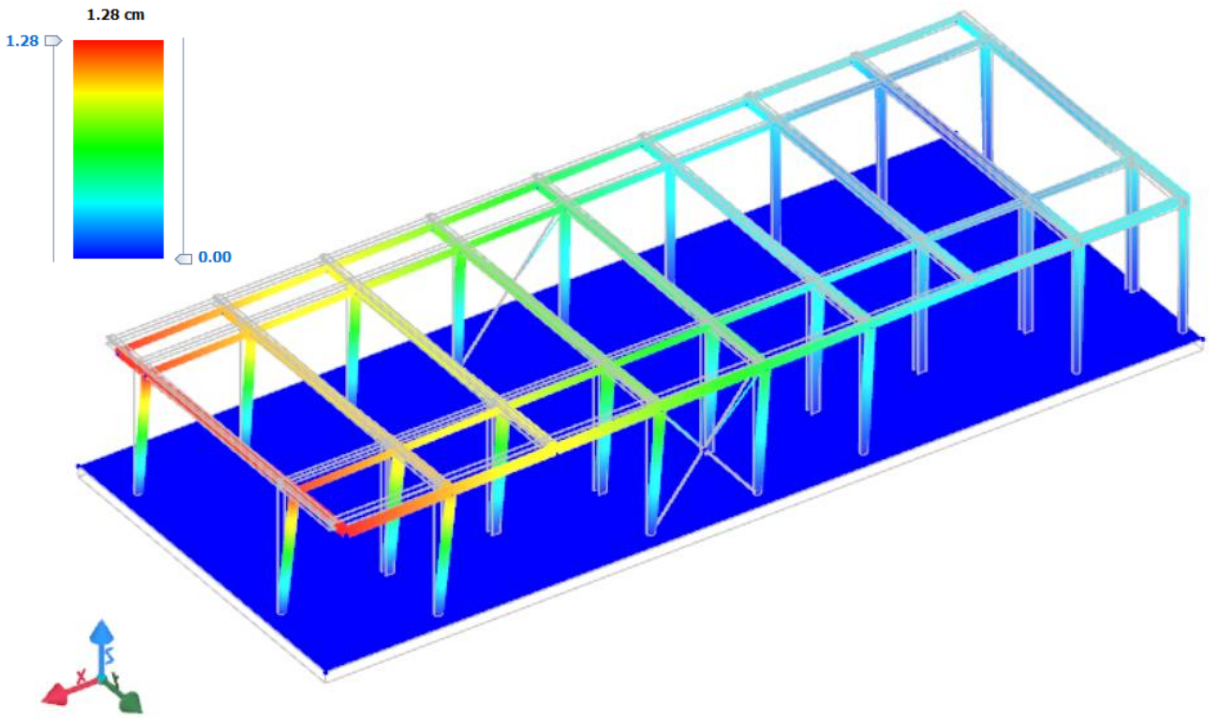


Figura 22. *Spostamento in direzione Y – Inviluppo*

8.3. Verifiche allo stato limite ultimo

Si esplicitano di seguito le sollecitazioni agenti nelle combinazioni SLU e SLV.

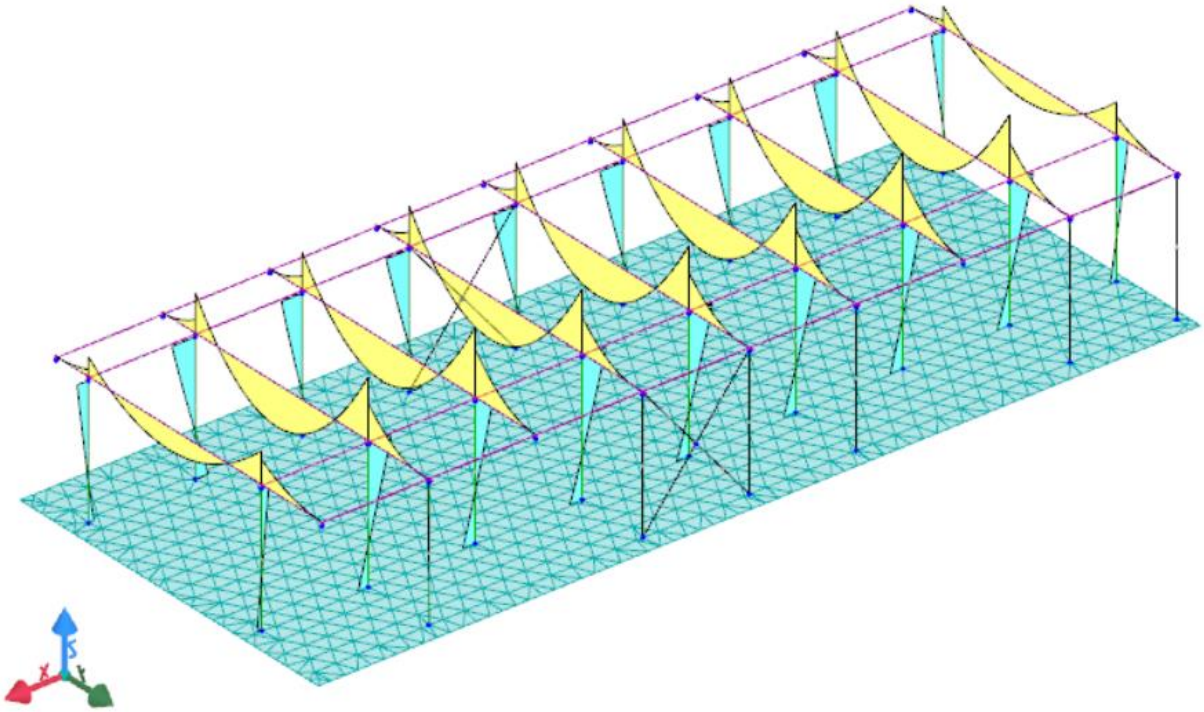


Figura 23. *Andamento del momento flettente*

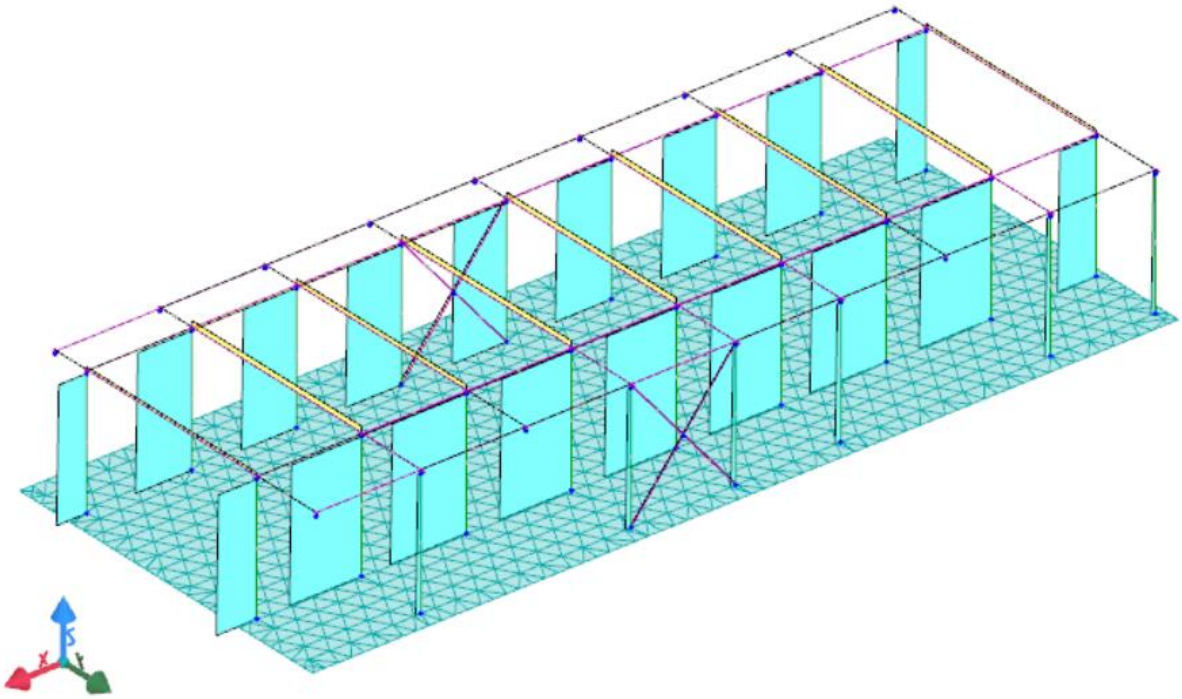


Figura 24. *Andamento dello sforzo normale*

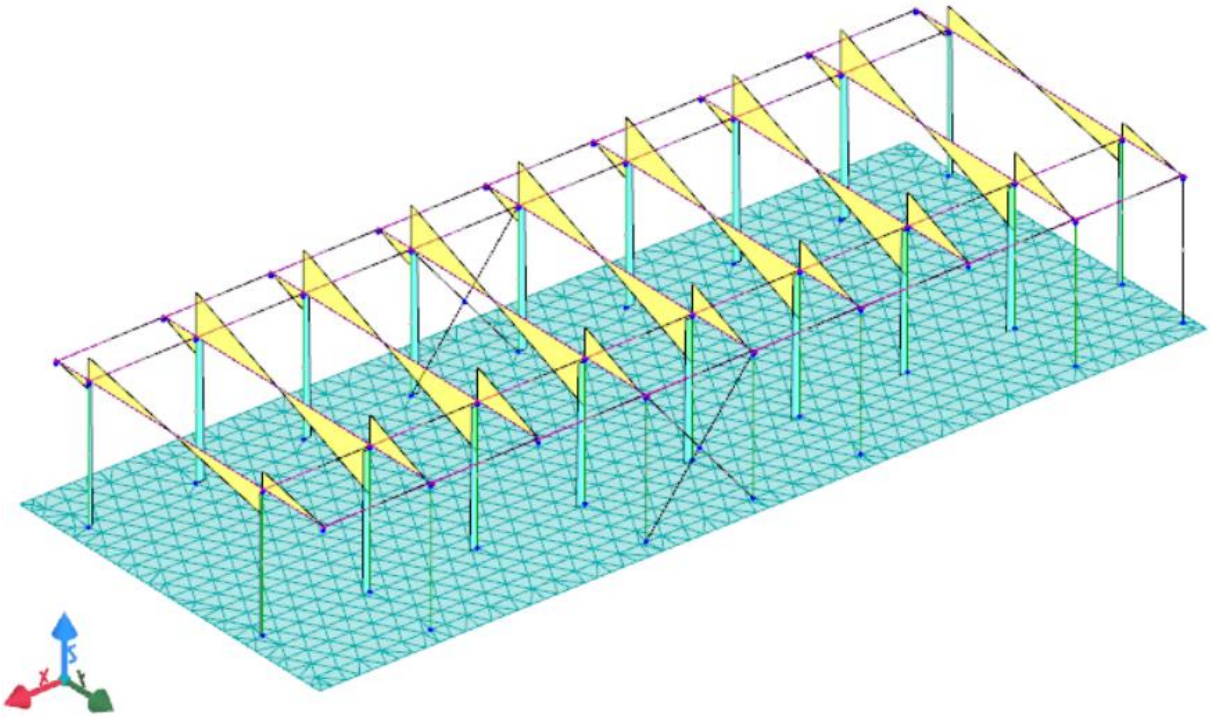


Figura 25. *Andamento del taglio*

Nella tabella seguente si riportano le verifiche condotte, per ciascuna tipologia di sezione, per l'elemento maggiormente sollecitato. Come si evince tutte le verifiche risultano soddisfatte.

In allegato si riportano tutti i tabulati di calcolo.

Tabella 13. *Verifica a trazione - Travi*

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	CS	A_{net}	$N_{pl,Rd}$	$N_{u,Rd}$
	[%]	[N]		[mm²]	[N]	[N]
Trave Acciaio 10a-6	0%	150 773	2,56	1 588	385 657	468 778
	100%	151 082	2,55	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 10a-6	0%	151 525	2,55	1 588	385 657	468 778
	100%	151 221	2,55	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 5-10a	0%	151 441	2,55	1 588	385 657	468 778
	100%	151 132	2,55	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 5-10a	0%	150 853	2,56	1 588	385 657	468 778
	100%	151 157	2,55	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 12a-23	0%	145 355	2,65	1 588	385 657	468 778
	100%	145 664	2,65	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 12a-23	0%	145 581	2,65	1 588	385 657	468 778
	100%	145 277	2,65	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 22-12a	0%	145 510	2,65	1 588	385 657	468 778
	100%	145 201	2,66	1 588	385 657	468 778
Trave Acciaio 22-12a	0%	145 422	2,65	1 588	385 657	468 778
	100%	145 726	2,65	1 588	385 657	468 778

LEGENDA:

Id_{Tr} Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.

$\%L_{LI}$ Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.

N_{Ed} Sforzo normale di progetto.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

A_{net} Area netta della sezione di verifica.

$N_{pl,Rd}$ Resistenza plastica a Sforzo Normale.

$N_{u,Rd}$ Resistenza a rottura della sezione netta.

Tabella 14. *Verifica a Pressoflessione - Travi*

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Trave Acciaio 10-19	0%	34 212	65 631	95 495	3,52	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	34 212	60 775	49 134	6,84	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	16 426	-19 702	7 699	20,49	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	16 426	-19 702	21 819	7,23	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	18 695	-19 320	36 105	4,37	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 1a-1	0%	88 784	29 761	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	88 784	29 761	25 004	6,31	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	88 784	29 761	14 773	10,68	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	48 226	5 041	23 387	14,37	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	48 226	2 853	36 809	9,13	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 1-10	0%	38 701	5 128	26 344	5,99	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	38 701	5 128	16 111	9,79	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	9 115	-3 218	47 719	7,04	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	23 980	-12 295	26 667	12,60	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	23 980	-26 606	73 420	4,58	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 11-20	0%	36 364	80 868	114 184	2,94	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	36 364	71 949	58 605	5,73	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	21 526	-19 731	7 409	21,29	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	21 526	-19 731	21 397	7,37	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	23 309	-19 341	35 533	4,44	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 2-11	0%	15 927	90 870	86 874	3,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	17 299	44 414	52 702	6,38	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	17 299	-6 305	90 815	3,70	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	32 977	-26 814	32 243	10,42	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	17 300	-105 570	137 190	2,45	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Trave Acciaio 2a-2	0%	87 656	29 760	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	87 656	29 760	25 001	6,31	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	87 656	29 760	14 765	10,68	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	57 120	-781	27 276	12,32	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	57 120	-4 811	43 494	7,73	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 12-11a	0%	167 906	64 875	111 090	3,02	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	167 906	56 271	68 331	4,92	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	167 906	46 492	32 362	10,38	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	167 906	20 397	21 235	7,43	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	167 906	20 397	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 3a-3	0%	85 421	29 826	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	85 421	29 826	24 974	6,32	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	85 421	29 826	14 715	10,72	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	65 994	1 929	26 794	12,54	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	65 994	-2 101	42 757	7,86	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 3-12	0%	14 880	89 580	83 999	4,00	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	16 667	39 077	54 897	6,12	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	14 731	-8 816	87 316	3,85	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	34 416	-27 818	26 346	12,75	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	16 667	-106 481	153 561	2,19	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 13-21	0%	33 774	77 317	108 761	3,09	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	33 774	68 398	55 749	6,03	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	29 834	-19 729	7 406	21,30	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	29 834	-19 729	21 400	7,37	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	30 165	-19 305	35 532	4,44	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 4-13	0%	15 922	90 871	86 867	3,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	17 284	44 409	52 721	6,37	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	17 285	-6 309	90 825	3,70	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	39 506	-25 708	30 834	10,90	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	100%	17 284	-105 575	137 202	2,45	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 4a-4	0%	84 172	29 780	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	84 172	29 780	25 012	6,31	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	84 172	29 780	14 788	10,67	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	76 084	5 013	26 536	12,66	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	76 084	983	42 359	7,93	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 14-22	0%	30 487	77 305	109 323	3,07	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	30 487	68 272	55 773	6,02	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	29 031	-19 715	7 726	20,41	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	29 031	-19 715	21 836	7,22	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	29 439	-19 224	36 100	4,37	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 5a-5	0%	85 152	29 859	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	85 152	29 859	25 052	6,30	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	85 152	29 859	14 869	10,61	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	82 263	6 897	26 743	12,56	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	82 263	2 867	42 677	7,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 5-14	0%	15 924	90 877	86 883	3,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	17 276	44 408	52 728	6,37	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	17 276	-6 311	90 830	3,70	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	42 345	-25 269	30 917	10,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	17 277	-105 576	137 204	2,45	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 15-23	0%	33 310	81 195	115 141	2,92	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	33 310	72 162	58 742	5,72	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	27 326	-19 710	7 731	20,40	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	27 326	-19 710	21 834	7,22	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	28 164	-19 218	36 096	4,37	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 9a-6	0%	92 871	29 831	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	92 871	29 831	25 057	6,29	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	92 871	29 831	14 877	10,60	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	79 194	5 963	28 364	11,85	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	79 194	1 934	45 174	7,44	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 6-15	0%	15 923	90 875	86 873	3,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	17 276	44 411	52 734	6,37	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	50,0%	17 277	-6 308	90 840	3,70	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	40 797	-25 396	32 668	10,29	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	17 276	-105 573	137 182	2,45	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 16-13a	0%	193 369	69 009	119 353	2,82	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	193 369	60 405	73 701	4,56	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	193 369	50 626	34 838	9,65	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	193 369	20 424	21 244	7,42	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	193 369	20 424	35 237	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 7-16	0%	14 871	89 578	83 988	4,00	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	16 611	39 056	54 967	6,11	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	14 697	-8 828	87 336	3,85	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	37 079	-27 098	28 960	11,60	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	16 611	-106 501	153 612	2,19	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 6a-7	0%	99 832	29 807	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	99 832	29 807	24 989	6,31	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	99 832	29 807	14 741	10,70	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	75 460	4 810	29 828	11,27	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	75 460	781	47 426	7,09	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 17-24	0%	40 266	90 979	130 045	2,58	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	40 266	81 946	66 503	5,05	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	24 564	-19 640	7 707	20,46	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	24 564	-19 640	21 818	7,23	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	26 457	36 529	79 967	4,20	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 7a-8	0%	109 332	29 704	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	109 332	29 704	25 009	6,31	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	109 332	29 704	14 781	10,67	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	73 266	4 140	31 832	10,56	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	100%	73 266	110	50 510	6,65	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 8-17	0%	17 274	92 963	86 717	3,87	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	17 273	44 416	52 736	6,37	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	17 274	-6 302	90 852	3,70	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	37 654	-25 649	36 034	9,33	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	17 273	-105 568	137 149	2,45	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 18-14a	0%	116 961	39 043	68 024	4,94	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	25,0%	116 961	34 416	42 131	7,98	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	50,0%	116 961	29 201	19 863	16,92	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	75,0%	116 961	20 335	21 319	7,40	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	100,0%	116 961	20 335	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
Trave Acciaio 9-18	0%	6 509	5 065	26 221	6,01	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 100 413
	25,0%	6 509	5 065	16 093	9,80	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 100 413
	50,0%	6 855	-4 343	48 197	6,97	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 100 413
	75,0%	5 108	-13 164	20 580	16,33	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 100 413
	100%	7 867	-55 359	75 948	4,42	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 100 413
Trave Acciaio 8a-9	0%	119 544	29 783	35 236	4,48	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	25,0%	119 544	29 783	24 970	6,32	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	50,0%	119 544	29 783	14 702	10,73	PLS	157 719	1 523 364	0,000	10 074	35,00	3 102 116
	75,0%	72 130	12 322	29 873	11,25	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
	100%	72 130	10 134	46 789	7,18	PLS	336 024	568 468	0,000	3 759	10,00	3 102 116
Trave Acciaio 20-11a	0%	7 042	1 667	895	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	7 042	844	2 028	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	-114	-	2 674	90,09	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	-2 955	-844	2 028	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	-2 955	-1 667	895	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 22-23	0%	2 560	1 667	572	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	-1 403	1 332	2 169	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	50,0%	-1 403	-	2 834	85,00	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	-1 403	-1 332	2 170	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	-65	-1 667	572	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 21-22	0%	36 066	1 667	4 526	53,23	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	36 066	844	3 608	66,77	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	-127	-	2 675	90,06	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	33 584	-844	3 608	66,77	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	33 584	-1 667	4 526	53,23	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 7a-8a	0%	1 950	919	173	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-94	769	1 160	73,36	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-94	-	1 542	55,18	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-94	-769	1 159	73,42	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100%	1 904	-920	171	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 1a-2a	0%	1 915	919	171	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-87	769	1 159	73,42	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-87	-	1 542	55,18	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-87	-769	1 158	73,48	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100,0%	1 915	-920	169	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 2a-3a	0%	1 144	919	113	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-149	769	1 165	73,04	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-149	-	1 546	55,04	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-149	-769	1 163	73,17	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100%	1 137	-920	111	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 3a-4a	0%	404	919	49	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-198	769	1 167	72,92	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-198	-	1 551	54,86	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-198	-769	1 166	72,98	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100,0%	396	-920	47	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 4a-5a	0%	581	353	49	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	25,0%	-227	769	1 169	72,79	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	50,0%	-227	-	1 554	54,76	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	75,0%	-227	-769	1 168	72,85	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	100%	581	-353	50	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
Trave Acciaio 5a-9a	0%	660	353	55	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	25,0%	-244	769	1 171	72,67	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-244	-	1 556	54,69	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-244	-769	1 170	72,73	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100%	660	-353	56	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 9a-6a	0%	-900	781	76	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-207	769	1 169	72,79	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-207	-	1 552	54,83	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-207	-769	1 168	72,85	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100%	-900	-781	74	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 6a-7a	0%	-1 408	781	121	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-158	769	1 165	73,04	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	-158	-	1 548	54,97	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	-158	-769	1 163	73,17	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100,0%	-1 408	-781	120	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 17-18	0%	5 423	1 129	460	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	121	1 077	1 600	53,18	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	50,0%	121	1	2 137	39,82	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	75,0%	121	-1 075	1 600	53,18	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	100%	5 109	-1 129	460	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 15-16	0%	7 806	-85	666	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-4 315	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-4 315	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-4 315	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	7 806	86	663	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 16-17	0%	9 002	-85	769	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-4 824	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-4 824	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-4 824	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	9 002	86	767	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 10-11	0%	3 887	1 129	333	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-901	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-901	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-901	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	3 762	-1 129	333	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Trave Acciaio 11-12	0%	2 384	-85	204	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-1 635	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-1 635	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-1 635	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	2 384	86	201	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 12-13	0%	3 436	-85	293	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-2 192	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-2 192	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-2 192	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	3 436	86	290	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 13-14	0%	4 819	-85	412	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-2 910	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-2 910	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-2 910	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	4 819	86	408	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 14-15	0%	6 272	-85	536	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	25,0%	-3 625	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	50,0%	-3 625	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	75,0%	-3 625	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	100%	6 272	86	533	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
Trave Acciaio 8-9	0%	1 929	1 129	167	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	468	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	468	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	468	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	1 883	-1 129	167	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 6-7	0%	24 705	1 129	2 111	40,31	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-6 054	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-6 054	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-6 054	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	23 673	-1 129	2 111	40,31	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 7-8	0%	12 346	148	1 056	80,58	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-6 515	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-6 515	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-6 515	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	100%	12 346	-147	1 054	80,73	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 1-2	0%	2 485	1 129	210	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-547	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-547	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-547	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	2 400	-1 129	210	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 2-3	0%	-920	-494	79	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-914	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-914	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-914	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	-920	495	81	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 3-4	0%	6 248	1 129	533	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-1 313	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-1 313	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-1 313	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	6 034	-1 129	533	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 4-5	0%	25 045	1 129	2 146	39,65	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
	25,0%	-1 627	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	50,0%	-1 627	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	75,0%	-1 627	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 184 908
	100%	24 019	-1 129	2 146	39,65	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 184 908
Trave Acciaio 5-6	0%	-5 565	-155	476	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
	25,0%	-5 186	1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	50,0%	-5 186	-	2 202	18,61	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	75,0%	-5 186	-1 101	1 652	24,81	PLS	40 988	573 564	0,000	3 793	19,00	1 185 156
	100%	-5 565	156	477	NS	PLS	85 093	218 823	0,000	1 447	6,00	1 185 156
Trave Acciaio 19-20	0%	3 627	1 667	465	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	-122	1 332	2 009	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	-122	-	2 674	90,09	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	-122	-1 332	2 011	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100,0%	179	-1 667	465	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 11a-21	0%	17 353	1 667	2 185	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	17 353	844	2 556	94,25	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	-138	-	2 678	89,96	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	CS	Tp Vr	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]			[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
	75,0%	11 133	-844	2 556	94,25	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	11 133	-1 667	2 185	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 23-13a	0%	33 048	1 667	4 133	58,29	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	33 048	844	3 665	65,73	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	17 301	-	2 775	86,81	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	22 411	-844	3 665	65,73	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	22 411	-1 667	4 133	58,29	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 13a-24	0%	17 813	1 667	2 237	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	17 813	844	2 438	98,81	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	-64	-	2 667	90,33	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	16 111	-844	2 438	98,81	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	16 111	-1 667	2 237	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
Trave Acciaio 24-14a	0%	11 926	1 667	1 500	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	25,0%	11 835	844	2 634	91,46	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	50,0%	11 835	-	2 938	81,99	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	75,0%	-8 141	-844	2 634	91,46	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318
	100%	-328	-1 667	1 500	NS	PLS	240 900	434 836	0,000	2 876	7,50	2 273 318

LEGENDA:

Id_{Tr} Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.

$\%L_{LI}$ Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.

N_{Ed} Sforzo normale di progetto.

V_{Ed} Taglio di progetto utilizzato per il calcolo di r .

$M_{Ed,3}$ Momento flettente di progetto intorno a 3.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

Tp Vr Tipo di verifica considerata: "PLS" = con Modulo di resistenza plastico; "ELA" = con modulo di resistenza elastico; "EFF" = con modulo di resistenza efficace.

$M_{c,Rd}$ Momento resistente.

$V_{c,Rd}$ Taglio resistente.

r Coefficiente riduttivo per presenza di taglio.

A_v Area resistente a taglio.

t_w Spessore anima resistente a taglio.

$N_{pl,Rd}$ Resistenza plastica a Sforzo Normale.

Tabella 15. *Verifica a taglio - Travi*

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
Trave Acciaio 10-19	0%	8,66	3 759	0,09	65 631	568 339	-
	25,0%	9,35	3 759	0,09	60 775	568 339	-
	50,0%	10,27	3 759	0,09	55 334	568 339	-
	75,0%	11,39	3 759	0,09	49 892	568 339	-
	100,0%	11,49	3 759	0,09	-49 456	568 339	-
Trave Acciaio 1a-1	0%	18,12	3 759	49,18	-26 986	488 942	-
	25,0%	16,76	3 759	49,18	-29 174	488 942	-
	50,0%	15,30	3 759	49,18	-31 948	488 942	-
	75,0%	14,08	3 759	49,18	-34 723	488 942	-
	100%	13,25	3 759	49,18	-36 911	488 942	-
Trave Acciaio 1-10	0%	11,64	3 759	0,00	48 829	568 468	-
	25,0%	24,35	3 759	0,00	23 349	568 468	-
	50,0%	60,92	3 759	0,14	-9 328	568 265	-
	75,0%	19,09	3 759	0,00	-29 786	568 468	-
	100%	10,29	3 759	0,00	-55 266	568 468	-
Trave Acciaio 11-20	0%	7,03	3 759	0,15	80 868	568 246	-
	25,0%	7,90	3 759	0,15	71 949	568 246	-
	50,0%	9,19	3 759	0,15	61 856	568 246	-
	75,0%	10,98	3 759	0,15	51 762	568 246	-
	100,0%	11,46	3 759	0,15	-49 589	568 246	-
Trave Acciaio 2-11	0%	6,12	3 759	0,00	92 959	568 468	-
	25,0%	12,80	3 759	0,00	44 414	568 468	-
	50,0%	55,22	3 759	0,14	-10 291	568 265	-
	75,0%	9,97	3 759	0,00	-57 025	568 468	-
	100%	5,38	3 759	0,00	-105 570	568 468	-
Trave Acciaio 2a-2	0%	18,35	3 759	49,17	-26 641	488 964	-
	25,0%	15,94	3 759	49,17	-30 671	488 964	-
	50,0%	13,63	3 759	49,17	-35 873	488 964	-
	75,0%	11,90	3 759	49,17	-41 077	488 964	-
	100%	10,84	3 759	49,17	-45 107	488 964	-
Trave Acciaio 12-11a	0%	8,02	3 759	0,05	70 907	568 394	-
	25,0%	10,10	3 759	0,27	56 271	568 061	-
	50,0%	12,22	3 759	0,27	46 492	568 061	-
	75,0%	15,47	3 759	0,27	36 714	568 061	-
	100,0%	19,84	3 759	0,27	28 630	568 061	-
Trave Acciaio 3a-3	0%	18,83	3 759	49,21	-25 965	488 899	-
	25,0%	16,30	3 759	49,21	-29 995	488 899	-
	50,0%	13,89	3 759	49,21	-35 197	488 899	-
	75,0%	12,10	3 759	49,21	-40 401	488 899	-
	100%	11,00	3 759	49,21	-44 431	488 899	-
Trave Acciaio 3-12	0%	6,29	3 759	0,00	90 448	568 468	-
	25,0%	13,39	3 759	0,00	42 470	568 468	-
	50,0%	49,47	3 759	0,14	-11 487	568 265	-
	75,0%	9,55	3 759	0,00	-59 536	568 468	-
	100%	5,26	3 759	0,00	-108 081	568 468	-
Trave Acciaio 13-21	0%	7,35	3 759	0,25	77 317	568 098	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
	25,0%	8,31	3 759	0,25	68 398	568 098	-
	50,0%	9,74	3 759	0,25	58 305	568 098	-
	75,0%	11,78	3 759	0,25	48 211	568 098	-
	100,0%	12,34	3 759	0,25	-46 052	568 098	-
Trave Acciaio 4-13	0%	6,12	3 759	0,00	92 955	568 468	-
	25,0%	12,80	3 759	0,00	44 410	568 468	-
	50,0%	58,42	3 759	0,18	-9 726	568 191	-
	75,0%	9,97	3 759	0,00	-57 029	568 468	-
	100%	5,38	3 759	0,00	-105 575	568 468	-
Trave Acciaio 4a-4	0%	19,10	3 759	49,26	-25 592	488 813	-
	25,0%	16,50	3 759	49,26	-29 622	488 813	-
	50,0%	14,04	3 759	49,26	-34 824	488 813	-
	75,0%	12,21	3 759	49,26	-40 028	488 813	-
	100%	11,09	3 759	49,26	-44 058	488 813	-
Trave Acciaio 14-22	0%	7,35	3 759	0,28	77 305	568 043	-
	25,0%	8,32	3 759	0,28	68 272	568 043	-
	50,0%	9,78	3 759	0,28	58 068	568 043	-
	75,0%	11,87	3 759	0,28	47 863	568 043	-
	100,0%	12,33	3 759	0,28	-46 056	568 043	-
Trave Acciaio 5a-5	0%	18,86	3 759	49,47	-25 892	488 448	-
	25,0%	16,32	3 759	49,47	-29 922	488 448	-
	50,0%	13,91	3 759	49,47	-35 124	488 448	-
	75,0%	12,11	3 759	49,47	-40 328	488 448	-
	100%	11,01	3 759	49,47	-44 358	488 448	-
Trave Acciaio 5-14	0%	6,12	3 759	0,00	92 953	568 468	-
	25,0%	12,80	3 759	0,00	44 408	568 468	-
	50,0%	58,44	3 759	0,25	-9 721	568 098	-
	75,0%	9,97	3 759	0,00	-57 031	568 468	-
	100%	5,38	3 759	0,00	-105 576	568 468	-
Trave Acciaio 15-23	0%	7,00	3 759	0,29	81 195	568 024	-
	25,0%	7,87	3 759	0,29	72 162	568 024	-
	50,0%	9,17	3 759	0,29	61 958	568 024	-
	75,0%	10,98	3 759	0,29	51 753	568 024	-
	100,0%	11,37	3 759	0,29	-49 976	568 024	-
Trave Acciaio 9a-6	0%	17,29	3 759	49,48	-28 245	488 426	-
	25,0%	15,13	3 759	49,48	-32 275	488 426	-
	50,0%	13,03	3 759	49,48	-37 478	488 426	-
	75,0%	11,44	3 759	49,48	-42 680	488 426	-
	100%	10,46	3 759	49,48	-46 709	488 426	-
Trave Acciaio 6-15	0%	6,12	3 759	0,00	92 957	568 468	-
	25,0%	12,80	3 759	0,00	44 412	568 468	-
	50,0%	54,42	3 759	0,25	-10 439	568 098	-
	75,0%	9,97	3 759	0,00	-57 028	568 468	-
	100%	5,38	3 759	0,00	-105 573	568 468	-
Trave Acciaio 16-13a	0%	8,02	3 759	0,04	70 907	568 413	-
	25,0%	9,40	3 759	0,34	60 405	567 950	-
	50,0%	11,22	3 759	0,34	50 626	567 950	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
	75,0%	13,90	3 759	0,34	40 848	567 950	-
	100,0%	17,33	3 759	0,34	32 764	567 950	-
Trave Acciaio 7-16	0%	6,29	3 759	0,00	90 436	568 468	-
	25,0%	13,39	3 759	0,00	42 468	568 468	-
	50,0%	45,03	3 759	0,18	-12 617	568 191	-
	75,0%	9,55	3 759	0,00	-59 547	568 468	-
	100%	5,26	3 759	0,00	-108 092	568 468	-
Trave Acciaio 6a-7	0%	16,10	3 759	49,26	-30 352	488 813	-
	25,0%	14,22	3 759	49,26	-34 381	488 813	-
	50,0%	12,35	3 759	49,26	-39 583	488 813	-
	75,0%	10,91	3 759	49,26	-44 787	488 813	-
	100%	10,01	3 759	49,26	-48 816	488 813	-
Trave Acciaio 17-24	0%	6,25	3 759	0,20	90 979	568 172	-
	25,0%	6,93	3 759	0,20	81 946	568 172	-
	50,0%	7,92	3 759	0,20	71 742	568 172	-
	75,0%	9,23	3 759	0,20	61 537	568 172	-
	100,0%	9,49	3 759	0,20	-59 844	568 172	-
Trave Acciaio 7a-8	0%	14,71	3 759	49,20	-33 247	488 921	-
	25,0%	13,12	3 759	49,20	-37 277	488 921	-
	50,0%	11,51	3 759	49,20	-42 479	488 921	-
	75,0%	10,25	3 759	49,20	-47 683	488 921	-
	100%	9,45	3 759	49,20	-51 713	488 921	-
Trave Acciaio 8-17	0%	6,11	3 759	0,00	92 963	568 468	-
	25,0%	12,80	3 759	0,00	44 417	568 468	-
	50,0%	48,06	3 759	0,14	-11 823	568 265	-
	75,0%	9,97	3 759	0,00	-57 022	568 468	-
	100%	5,38	3 759	0,00	-105 568	568 468	-
Trave Acciaio 18-14a	0%	14,55	3 759	0,32	39 043	567 987	-
	25,0%	16,50	3 759	0,32	34 416	567 987	-
	50,0%	19,45	3 759	0,32	29 201	567 987	-
	75,0%	23,68	3 759	0,32	23 987	567 987	-
	100,0%	28,95	3 759	0,32	19 620	567 987	-
Trave Acciaio 9-18	0%	11,92	3 759	0,00	47 704	568 468	-
	25,0%	25,58	3 759	0,00	22 225	568 468	-
	50,0%	61,56	3 759	0,14	-9 231	568 265	-
	75,0%	18,39	3 759	0,00	-30 910	568 468	-
	100%	10,08	3 759	0,00	-56 391	568 468	-
Trave Acciaio 8a-9	0%	13,45	3 759	49,21	-36 359	488 899	-
	25,0%	12,68	3 759	49,21	-38 547	488 899	-
	50,0%	11,83	3 759	49,21	-41 321	488 899	-
	75,0%	11,09	3 759	49,21	-44 096	488 899	-
	100%	10,56	3 759	49,21	-46 284	488 899	-
Trave Acciaio 20-11a	0%	NS	2 876	0,44	2 605	434 329	-
	25,0%	NS	2 876	0,44	1 332	434 329	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,44	-1 332	434 329	-
	100%	NS	2 876	0,44	-2 603	434 329	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
Trave Acciaio 22-23	0%	NS	2 876	0,00	2 605	434 836	-
	25,0%	NS	2 876	0,00	1 332	434 836	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,00	-1 332	434 836	-
	100%	NS	2 876	0,00	-2 603	434 836	-
Trave Acciaio 21-22	0%	NS	2 876	0,00	2 605	434 836	-
	25,0%	NS	2 876	0,00	1 332	434 836	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,00	-1 332	434 836	-
	100%	NS	2 876	0,00	-2 603	434 836	-
Trave Acciaio 7a-8a	0%	NS	1 447	0,23	1 498	218 691	-
	25,0%	NS	1 447	0,23	769	218 691	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,23	-769	218 691	-
	100%	NS	1 447	0,23	-1 499	218 691	-
Trave Acciaio 1a-2a	0%	NS	1 447	0,34	1 498	218 624	-
	25,0%	NS	1 447	0,34	769	218 624	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,34	-769	218 624	-
	100,0%	NS	1 447	0,34	-1 499	218 624	-
Trave Acciaio 2a-3a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 3a-4a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100,0%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 4a-5a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 5a-9a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 9a-6a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 6a-7a	0%	NS	1 447	0,00	1 498	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	769	218 823	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm^2]	[N/mm^2]	[N]	[N]	
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-769	218 823	-
	100,0%	NS	1 447	0,00	-1 499	218 823	-
Trave Acciaio 17-18	0%	NS	1 447	0,11	2 074	218 757	-
	25,0%	NS	1 447	0,11	1 077	218 757	-
	50,0%	NS	1 447	0,11	1	218 757	-
	75,0%	NS	1 447	0,11	-1 075	218 757	-
	100%	NS	1 447	0,11	-2 074	218 757	-
Trave Acciaio 15-16	0%	NS	1 447	0,06	2 074	218 790	-
	25,0%	NS	1 447	0,06	1 077	218 790	-
	50,0%	NS	1 447	0,17	1	218 724	-
	75,0%	NS	1 447	0,06	-1 075	218 790	-
	100%	NS	1 447	0,06	-2 074	218 790	-
Trave Acciaio 16-17	0%	NS	1 447	0,06	2 074	218 790	-
	25,0%	NS	1 447	0,06	1 077	218 790	-
	50,0%	NS	1 447	0,17	1	218 724	-
	75,0%	NS	1 447	0,06	-1 075	218 790	-
	100%	NS	1 447	0,06	-2 074	218 790	-
Trave Acciaio 10-11	0%	NS	1 447	0,23	2 074	218 691	-
	25,0%	NS	1 447	0,23	1 077	218 691	-
	50,0%	NS	1 447	0,23	1	218 691	-
	75,0%	NS	1 447	0,23	-1 075	218 691	-
	100%	NS	1 447	0,23	-2 074	218 691	-
Trave Acciaio 11-12	0%	NS	1 447	0,06	2 074	218 790	-
	25,0%	NS	1 447	0,06	1 077	218 790	-
	50,0%	NS	1 447	0,17	1	218 724	-
	75,0%	NS	1 447	0,06	-1 075	218 790	-
	100%	NS	1 447	0,06	-2 074	218 790	-
Trave Acciaio 12-13	0%	NS	1 447	0,06	2 074	218 790	-
	25,0%	NS	1 447	0,06	1 077	218 790	-
	50,0%	NS	1 447	0,17	1	218 724	-
	75,0%	NS	1 447	0,06	-1 075	218 790	-
	100%	NS	1 447	0,06	-2 074	218 790	-
Trave Acciaio 13-14	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 14-15	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 8-9	0%	NS	1 447	0,34	2 074	218 624	-
	25,0%	NS	1 447	0,34	1 077	218 624	-
	50,0%	NS	1 447	0,34	1	218 624	-
	75,0%	NS	1 447	0,34	-1 075	218 624	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
	100%	NS	1 447	0,34	-2 074	218 624	-
Trave Acciaio 6-7	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 7-8	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 1-2	0%	NS	1 447	0,34	2 074	218 624	-
	25,0%	NS	1 447	0,34	1 077	218 624	-
	50,0%	NS	1 447	0,34	1	218 624	-
	75,0%	NS	1 447	0,34	-1 075	218 624	-
	100%	NS	1 447	0,34	-2 074	218 624	-
Trave Acciaio 2-3	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 3-4	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 4-5	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 5-6	0%	NS	1 447	0,00	2 074	218 823	-
	25,0%	NS	1 447	0,00	1 077	218 823	-
	50,0%	NS	1 447	0,00	1	218 823	-
	75,0%	NS	1 447	0,00	-1 075	218 823	-
	100%	NS	1 447	0,00	-2 074	218 823	-
Trave Acciaio 19-20	0%	NS	2 876	0,00	2 605	434 836	-
	25,0%	NS	2 876	0,00	1 332	434 836	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,00	-1 332	434 836	-
	100,0%	NS	2 876	0,00	-2 603	434 836	-
Trave Acciaio 11a-21	0%	NS	2 876	0,44	2 605	434 329	-
	25,0%	NS	2 876	0,44	1 332	434 329	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,44	-1 332	434 329	-
	100%	NS	2 876	0,44	-2 603	434 329	-
Trave Acciaio 23-13a	0%	NS	2 876	0,44	2 605	434 329	-

Id_{Tr}	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]	
	25,0%	NS	2 876	0,44	1 332	434 329	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,44	-1 332	434 329	-
	100%	NS	2 876	0,44	-2 603	434 329	-
Trave Acciaio 13a-24	0%	NS	2 876	0,46	2 605	434 305	-
	25,0%	NS	2 876	0,46	1 332	434 305	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,46	-1 332	434 305	-
	100%	NS	2 876	0,46	-2 603	434 305	-
Trave Acciaio 24-14a	0%	NS	2 876	0,17	2 605	434 643	-
	25,0%	NS	2 876	0,17	1 332	434 643	-
	50,0%	NS	0	0,00	0	0	-
	75,0%	NS	2 876	0,17	-1 332	434 643	-
	100%	NS	2 876	0,17	-2 603	434 643	-

LEGENDA:

Id_{Tr} Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.

$\%L_{LI}$ Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

A_v Area resistente a taglio.

$t_{T,Ed}$ Tensione tangenziale di calcolo per torsione.

V_{Ed} Taglio di progetto.

$V_{c,Rd}$ Taglio resistente.

P. Vrf. Piano di minima resistenza.

Tabella 16. *Verifica a instabilità per pressoflessione deviata – Travi*

Id_{Tr}	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
Trave Acciaio 10-19	34 212	71 621	26 852	2,52	2,92	2,92	x-x	0,291	0,340	0,562	0,964	1,000	0,770	1,000	12 463 062
							y-y	0,205	0,490	0,707	0,837	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 1a-1	48 226	27 607	26 427	3,76	1,49	1,49	x-x	0,172	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 1-10	23 163	53 354	19 599	3,11	8,00	8,00	x-x	0,701	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,914	1 662 951
							y-y	0,408	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 11-20	36 364	85 638	26 429	2,29	2,89	2,89	x-x	0,290	0,340	0,560	0,965	1,000	0,770	1,000	12 742 769
							y-y	0,204	0,490	0,703	0,840	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 2-11	32 072	78 392	19 586	2,39	8,00	8,00	x-x	0,733	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,897	1 662 951
							y-y	0,408	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 2a-2	57 120	32 620	26 427	3,52	1,49	1,49	x-x	0,173	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 12-11a	167 906	83 318	26 427	2,07	2,80	2,80	x-x	0,304	0,340	0,556	0,969	1,000	0,910	1,000	13 575 112
							y-y	0,199	0,490	0,691	0,849	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 3a-3	65 994	32 068	26 427	3,51	1,49	1,49	x-x	0,171	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
	33 949	83 822	19 513	2,30	8,00	8,00	x-x	0,717	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,906	1 662 951

Id_{Tr}	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
Trave Acciaio 3-12							y-y	0,407	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 13-21	33 774	81 571	26 414	2,36	2,89	2,89	x-x	0,280	0,340	0,560	0,965	1,000	0,910	1,000	12 742 769
							y-y	0,204	0,490	0,703	0,840	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 4-13	38 638	76 986	19 616	2,39	8,00	8,00	x-x	0,725	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,901	1 662 951
							y-y	0,408	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 4a-4	76 084	31 769	26 427	3,48	1,49	1,49	x-x	0,170	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 14-22	30 487	81 992	26 818	2,35	2,92	2,92	x-x	0,280	0,340	0,562	0,964	1,000	0,910	1,000	12 463 062
							y-y	0,206	0,490	0,707	0,837	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 5a-5	82 263	32 008	26 427	3,44	1,49	1,49	x-x	0,169	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 5-14	43 485	77 139	19 896	2,35	8,00	8,00	x-x	0,718	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,905	1 662 951
							y-y	0,406	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 15-23	33 310	86 356	26 815	2,27	2,92	2,92	x-x	0,283	0,340	0,562	0,964	1,000	0,910	1,000	12 463 062
							y-y	0,206	0,490	0,707	0,837	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 9a-6	79 194	33 880	26 427	3,39	1,49	1,49	x-x	0,170	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 951 429
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 6-15	39 612	79 022	19 732	2,34	8,00	8,00	x-x	0,722	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,903	1 662 951
							y-y	0,407	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 16-13a	193 369	89 515	26 428	1,96	2,80	2,80	x-x	0,303	0,340	0,556	0,969	1,000	0,910	1,000	13 575 112
							y-y	0,199	0,490	0,691	0,849	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 7-16	36 678	87 192	19 549	2,23	8,00	8,00	x-x	0,711	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,909	1 662 951
							y-y	0,407	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 6a-7	75 460	35 570	26 427	3,35	1,49	1,49	x-x	0,171	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 17-24	40 266	97 534	26 837	2,10	2,92	2,92	x-x	0,289	0,340	0,562	0,964	1,000	0,770	1,000	12 463 062
							y-y	0,205	0,490	0,707	0,837	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 7a-8	73 266	37 882	26 427	3,28	1,49	1,49	x-x	0,172	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 8-17	36 834	83 320	19 612	2,28	8,00	8,00	x-x	0,721	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,904	1 662 951
							y-y	0,408	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 18-14a	116 961	51 018	26 427	2,73	2,80	2,80	x-x	0,305	0,340	0,556	0,969	1,000	0,910	1,000	13 575 111
							y-y	0,199	0,490	0,691	0,849	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 9-18	4 111	51 203	19 489	3,41	8,00	8,00	x-x	0,688	0,340	0,942	0,712	1,000	0,900	0,920	1 662 951
							y-y	0,407	0,490	1,773	0,350	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 8a-9	72 130	35 092	26 427	3,37	1,49	1,49	x-x	0,171	0,340	0,504	1,000	1,000	0,910	1,000	47 938 777
							y-y	0,099	0,490	0,549	0,969	1,000	0,860	1,000	
Trave Acciaio 20-11a	7 042	1 917	-	80,55	4,00	4,00	x-x	0,506	0,340	0,626	0,918	1,000	0,940	0,982	4 751 474
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 22-23	2 243	1 612	-	NS	4,00	4,00	x-x	0,520	0,340	0,626	0,918	1,000	0,940	0,976	4 751 474
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 21-22	36 066	3 394	-	27,64	4,00	4,00	x-x	0,343	0,340	0,626	0,918	1,000	0,910	1,000	4 751 474
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 7a-8a	383	860	-	83,54	4,00	4,00	x-x	0,747	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,890	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	

Id_{Tr}	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
Trave Acciaio 1a-2a	39	883	-	87,78	4,00	4,00	x-x	0,688	0,340	0,762	0,828	1,000	0,910	0,916	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 2a-3a	81	879	-	84,98	4,00	4,00	x-x	0,742	0,340	0,762	0,828	1,000	0,910	0,888	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 3a-4a	138	876	-	85,34	4,00	4,00	x-x	0,737	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,895	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 4a-5a	176	874	-	84,86	4,00	4,00	x-x	0,741	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,893	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 5a-9a	212	872	-	84,48	4,00	4,00	x-x	0,744	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,891	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 9a-6a	308	865	-	83,79	4,00	4,00	x-x	0,750	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,888	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 6a-7a	457	856	-	82,57	4,00	4,00	x-x	0,758	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,884	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 17-18	122	1 603	-	46,37	4,00	4,00	x-x	0,762	0,340	0,762	0,828	1,000	0,900	0,882	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 15-16	7 692	1 378	826	19,48	4,00	4,00	x-x	0,761	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 16-17	8 910	1 513	826	18,13	4,00	4,00	x-x	0,762	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 10-11	1 055	674	826	32,27	4,00	4,00	x-x	0,755	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,868	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 11-12	2 307	781	826	28,99	4,00	4,00	x-x	0,760	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,865	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 12-13	3 326	893	826	26,55	4,00	4,00	x-x	0,760	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 13-14	4 692	1 045	826	23,84	4,00	4,00	x-x	0,760	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 14-15	6 147	1 208	826	21,49	4,00	4,00	x-x	0,761	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 8-9	469	451	1 652	21,19	4,00	4,00	x-x	0,758	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,866	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 6-7	11 102	1 510	826	17,04	4,00	4,00	x-x	0,762	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 7-8	12 234	1 608	826	16,17	4,00	4,00	x-x	0,762	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 1-2	270	438	826	37,75	4,00	4,00	x-x	0,747	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,872	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 2-3	731	467	826	36,13	4,00	4,00	x-x	0,759	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,865	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 3-4	1 334	511	826	34,19	4,00	4,00	x-x	0,759	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,865	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	
Trave Acciaio 4-5	25 045	1 610	-	16,94	4,00	4,00	x-x	0,439	0,340	0,762	0,828	1,000	0,910	1,000	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 5-6	4 919	911	826	24,69	4,00	4,00	x-x	0,761	0,340	0,762	0,828	1,000	0,940	0,864	1 197 714
							y-y	0,312	0,490	1,220	0,529	1,000	0,940	1,000	

Id_{Tr}	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
Trave Acciaio 19-20	3 627	1 432	-	NS	4,00	4,00	x-x	0,443	0,340	0,626	0,918	1,000	0,910	1,000	4 751 474
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 11a-21	17 353	1 917	-	53,83	4,00	4,00	x-x	0,372	0,340	0,626	0,918	1,000	0,910	1,000	4 751 474
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 23-13a	33 048	3 100	-	30,21	4,00	4,00	x-x	0,368	0,340	0,626	0,918	1,000	0,910	1,000	4 751 475
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 13a-24	17 813	1 828	-	54,08	4,00	4,00	x-x	0,345	0,340	0,626	0,918	1,000	0,910	1,000	4 751 475
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	
Trave Acciaio 24-14a	11 835	2 722	-	52,78	4,00	4,00	x-x	0,547	0,340	0,626	0,918	1,000	0,940	0,966	4 751 476
							y-y	0,236	0,490	0,876	0,719	1,000	1,000	1,000	

LEGENDA:

Id_{Tr} Identificativo della trave. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della travata al livello considerato.

$N_{eq,Ed}$ Sforzo Normale equivalente di progetto.

$M_{eq,Ed,3}$ Momento equivalente di progetto intorno a 3.

$M_{eq,Ed,2}$ Momento equivalente di progetto intorno a 2.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

L_N Luce netta.

L_{Cr} Lunghezza di libera inflessione laterale, misurata tra due ritegni torsionali successivi.

l_{LT} Coefficiente di snellezza normalizzata (per il calcolo di F_{LT}).

a Fattore di imperfezione.

f Coefficiente per il calcolo di c

c Coefficiente di riduzione per instabilità a compressione

b Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione.

k_c Coefficiente per il calcolo di c_{LT}

c_{LT} Coefficiente di riduzione ai fini dell'instabilità flessotorsionale.

N_{cr} Sforzo Normale Critico Euleriano.

Tabella 17. *Verifica a pressoflessione deviata – Pilastri*

Pilastro	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,2}$	CS	Tp Vr	max/min	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Pilastro Acciaio 1	0%	57 219	16 034	-37 467	74 506	6.91[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			6 640					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	55 054	16 034	5 106	35 738	36.85[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			6 640					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	61 355	4 310	76 517	-1 378	8.19[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			10 050					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 19	0%	26 615	14 245	26 897	69 253	8.69[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			10 492					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	24 450	14 245	1 719	32 624	45.00[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			10 492					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	25 129	2 786	51 961	-3 673	17.69[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150

Pilastro	%L_{LI}	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,2}$	CS	Tp Vr	max/min	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
			13 540					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 2	0%	100 795	17 134	-42 150	-77 070	6.21[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			1 238					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	98 630	17 134	8 427	-35 912	35.29[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			1 238					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	114 764	120	47 226	-	4.63[V]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-14 828					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 3	0%	119 630	16 949	-35 164	-76 571	6.75[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			1 502					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	117 465	16 949	8 260	-35 891	35.40[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			1 502					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	106 251	69	39 751	-	5.50[V]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-11 980					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 4	0%	106 610	15 922	-35 106	-74 897	7.01[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-1 634					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	104 445	15 922	8 327	-36 658	33.99[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-1 634					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	111 388	36	46 026	-	4.75[V]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-14 436					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 5	0%	128 375	4 080	-74 576	-23 418	7.86[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			14 594					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	132 849	11 715	7 629	-28 177	56.35[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-1 914					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	131 429	4	55 085	-	3.97[V]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-17 277					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 6	0%	142 879	4 066	-80 567	23 579	6.82[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			16 971					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	139 747	11 716	8 163	28 302	55.35[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-469					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	126 039	3 094	92 047	3 902	5.66[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			13 380					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 7	0%	124 247	5 467	-82 700	25 912	6.38[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			20 864					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	100 588	15 793	8 345	36 715	33.88[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			2 768					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	105 489	-224	45 490	-	4.82[V]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			-13 629					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 8	0%	161 107	5 826	-92 701	26 885	5.16[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			21 866					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%		16 814	8 386	36 298	34.60[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476

Pilastro	%L_{LI}	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,2}$	CS	Tp Vr	max/min	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
		132 378	3 299					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	131 027	4 488	103 389	-1 806	4.49[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			12 468					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 9	0%	93 442	5 608	-86 646	25 989	5.87[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			29 263					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	64 648	16 178	5 754	36 145	35.85[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			10 493					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	73 943	4 292	89 967	-1 318	5.92[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			17 125					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 24	0%	28 046	14 769	29 547	71 682	7.99[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			11 489					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	25 881	14 769	1 967	32 554	45.14[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			11 489					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	27 951	2 251	63 615	6 075	11.75[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			19 502					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 22	0%	64 111	10 658	18 603	-64 796	10.57[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			7 206					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	61 946	10 658	1 323	-24 100	82.43[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			7 206					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	51 940	1 899	48 980	7 243	19.58[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			20 781					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 23	0%	59 163	10 524	19 861	64 501	10.53[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			7 682					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	56 998	10 524	1 425	23 459	86.95[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			7 682					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	43 860	1 605	53 276	-8 095	16.53[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			19 992					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 10	0%	79 982	13 333	64 713	60 549	1.85[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			27 152					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	77 863	13 333	-9 024	29 341	5.00[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			27 152					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	77 766	3 683	-124 818	2 746	2.77[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			33 848					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 11	0%	140 661	14 456	68 317	-62 935	1.78[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			30 188					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	138 542	14 456	-12 707	-29 330	4.76[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			30 188					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	143 706	4 075	-140 025	3 532	2.45[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			43 745					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 12	0%	124 130	14 563	61 569	-63 013	1.83[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			25 789					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	122 011	14 563	-7 896	-29 173	5.11[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			25 789					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%		4 078		-3 674	2.66[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746

Pilastro	%L_{LI}	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,2}$	CS	Tp Vr	max/min	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
		132 226	45 832	-127 816				Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 13	0%	153 662	14 533	53 571	-62 810	1.91[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			24 638					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	151 543	14 533	-11 362	-29 015	4.90[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			24 638					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	154 126	4 023	-132 260	3 697	2.58[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			51 037					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 14	0%	141 611	14 589	53 003	-62 828	1.91[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			24 424					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	139 492	14 589	-11 325	-28 927	4.91[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			24 424					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	144 576	4 029	-132 050	-3 748	2.58[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			53 925					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 15	0%	148 943	14 574	58 234	62 954	1.87[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			26 441					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	146 824	14 574	-11 742	29 021	4.87[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			26 441					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	152 261	4 061	-141 059	-3 717	2.43[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			52 258					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 16	0%	154 400	14 468	68 698	62 874	1.77[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			28 726					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	152 281	14 468	-8 109	29 169	5.09[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			28 726					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	143 595	4 000	-143 106	3 624	2.39[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			49 953					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 17	0%	131 416	14 230	77 163	62 695	1.70[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			33 824					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	50,0%	129 297	14 230	-13 109	29 322	4.74[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			33 824					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
	100%	149 110	3 933	-161 725	-3 392	2.14[S]	PLS	Max	362 214	563 680	0,000	3 728	9	2 945 746
			50 801					Min	167 933	1 434 201	0,000	9 485	28	
Pilastro Acciaio 18	0%	89 124	5 106	88 647	22 358	5.75[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			36 479					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	73 948	15 638	-2 726	35 259	38.39[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			18 163					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	75 393	4 347	-86 452	2 762	6.41[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 023 476
			24 564					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
Pilastro Acciaio 20	0%	24 392	15 270	24 809	-72 558	8.16[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			9 608					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	22 227	15 270	1 767	-34 789	39.57[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			9 608					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100,0%	27 380	3 174	52 928	-3 374	17.07[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			15 889					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	0%	29 709	13 797	18 151		9.14[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150

Pilastro	$\%L_{LI}$	N_{Ed}	V_{Ed}	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,2}$	CS	Tp Vr	max/min	$M_{c,Rd}$	$V_{c,Rd}$	r	A_v	t_w	$N_{pl,Rd}$
	[%]	[N]	[N]	[N·m]	[N·m]				[N·m]	[N]		[mm²]	[mm]	[N]
Pilastro Acciaio 21			6 984		-70 179			Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	50,0%	27 544	13 797	1 384	-31 305	48.90[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			6 984					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	
	100%	33 303	2 745	49 205	-4 734	19.64[S]	PLS	Max	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	3 008 150
			19 418					Min	219 152	1 105 653	0,000	7 312	32	

LEGENDA:

Pilastro Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastrata al livello considerato.

$\%L_{LI}$ Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.

N_{Ed} Sforzo normale di progetto.

V_{Ed} Taglio di progetto utilizzato per il calcolo di r .

$M_{Ed,3}$ Momento flettente di progetto intorno a 3.

$M_{Ed,2}$ Momento flettente di progetto intorno a 2.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

Tp Vr Tipo di verifica considerata: "PLS" = con Modulo di resistenza plastico; "ELA" = con modulo di resistenza elastico; "EFF" = con modulo di resistenza efficace.

max/min [max] = valore per la verifica con modulo di resistenza maggiore; [min] = valore per la verifica con modulo di resistenza minore.

$M_{c,Rd}$ Momento resistente.

$V_{c,Rd}$ Taglio resistente.

r Coefficiente riduttivo per presenza di taglio.

A_v Area resistente a taglio.

t_w Spessore anima.

$N_{pl,Rd}$ Resistenza plastica a Sforzo Normale.

Tabella 18. *Verifica a taglio – Pilastri*

Pilastro	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.	W_{Min}
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]		
Pilastro Acciaio 1	0%	35,06	7 312	2,64	-30 986	1 086 341	Piano XX	-
	50,0%	35,06	7 312	2,64	-30 986	1 086 341	Piano XX	-
	100%	35,06	7 312	2,64	-30 986	1 086 341	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 19	0%	47,42	7 312	1,51	23 082	1 094 647	Piano XX	-
	50,0%	47,42	7 312	1,51	23 082	1 094 647	Piano XX	-
	100%	47,42	7 312	1,51	23 082	1 094 647	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 2	0%	30,77	7 312	2,64	-35 302	1 086 347	Piano XX	-
	50,0%	30,77	7 312	2,64	-35 302	1 086 347	Piano XX	-
	100%	30,77	7 312	2,64	-35 302	1 086 347	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 3	0%	33,02	7 312	2,64	-32 899	1 086 335	Piano XX	-
	50,0%	33,02	7 312	2,64	-32 899	1 086 335	Piano XX	-
	100%	33,02	7 312	2,64	-32 899	1 086 335	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 4	0%	32,36	7 312	2,64	-33 573	1 086 359	Piano XX	-
	50,0%	32,36	7 312	2,64	-33 573	1 086 359	Piano XX	-
	100%	32,36	7 312	2,64	-33 573	1 086 359	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 5	0%	32,35	7 312	2,65	-33 580	1 086 287	Piano XX	-

Pilastro	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.	W_{Min}
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]		
	50,0%	32,35	7 312	2,65	-33 580	1 086 287	Piano XX	-
	100%	32,35	7 312	2,65	-33 580	1 086 287	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 6	0%	30,21	7 312	2,65	-35 959	1 086 269	Piano XX	-
	50,0%	30,21	7 312	2,65	-35 959	1 086 269	Piano XX	-
	100%	30,21	7 312	2,65	-35 959	1 086 269	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 7	0%	29,59	7 312	2,64	-36 716	1 086 323	Piano XX	-
	50,0%	29,59	7 312	2,64	-36 716	1 086 323	Piano XX	-
	100%	29,59	7 312	2,64	-36 716	1 086 323	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 8	0%	26,59	7 312	2,64	-40 850	1 086 329	Piano XX	-
	50,0%	26,59	7 312	2,64	-40 850	1 086 329	Piano XX	-
	100%	26,59	7 312	2,64	-40 850	1 086 329	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 9	0%	29,52	7 312	2,65	-36 793	1 086 287	Piano XX	-
	50,0%	29,52	7 312	2,65	-36 793	1 086 287	Piano XX	-
	100%	29,52	7 312	2,65	-36 793	1 086 287	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 24	0%	39,04	7 312	1,50	-28 043	1 094 676	Piano XX	-
	50,0%	39,04	7 312	1,50	-28 043	1 094 676	Piano XX	-
	100%	39,04	7 312	1,50	-28 043	1 094 676	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 22	0%	50,90	7 312	1,49	-21 507	1 094 742	Piano XX	-
	50,0%	50,90	7 312	1,49	-21 507	1 094 742	Piano XX	-
	100%	50,90	7 312	1,49	-21 507	1 094 742	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 23	0%	46,77	7 312	1,49	-23 407	1 094 724	Piano XX	-
	50,0%	46,77	7 312	1,49	-23 407	1 094 724	Piano XX	-
	100%	46,77	7 312	1,49	-23 407	1 094 724	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 10	0%	10,43	3 728	0,14	54 018	563 464	Piano XX	-
	50,0%	10,43	3 728	0,14	54 018	563 464	Piano XX	-
	100%	10,43	3 728	0,14	54 018	563 464	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 11	0%	9,55	3 728	0,13	58 995	563 486	Piano XX	-
	50,0%	9,55	3 728	0,13	58 995	563 486	Piano XX	-
	100%	9,55	3 728	0,13	58 995	563 486	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 12	0%	10,14	3 728	0,13	55 554	563 486	Piano XX	-
	50,0%	10,14	3 728	0,13	55 554	563 486	Piano XX	-
	100%	10,14	3 728	0,13	55 554	563 486	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 13	0%	10,21	3 728	0,13	55 197	563 486	Piano XX	-
	50,0%	10,21	3 728	0,13	55 197	563 486	Piano XX	-
	100%	10,21	3 728	0,13	55 197	563 486	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 14	0%	10,21	3 728	0,14	55 165	563 464	Piano XX	-
	50,0%	10,21	3 728	0,14	55 165	563 464	Piano XX	-
	100%	10,21	3 728	0,14	55 165	563 464	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 15	0%	9,54	3 728	0,14	59 034	563 464	Piano XX	-
	50,0%	9,54	3 728	0,14	59 034	563 464	Piano XX	-
	100%	9,54	3 728	0,14	59 034	563 464	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 16	0%	9,08	3 728	0,13	62 051	563 486	Piano XX	-
	50,0%	9,08	3 728	0,13	62 051	563 486	Piano XX	-
	100%	9,08	3 728	0,13	62 051	563 486	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 17	0%	8,25	3 728	0,14	68 334	563 464	Piano XX	-
	50,0%	8,25	3 728	0,14	68 334	563 464	Piano XX	-
	100%	8,25	3 728	0,14	68 334	563 464	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 18	0%	30,23	7 312	0,40	36 479	1 102 743	Piano XX	-

Pilastro	$\%L_{LI}$	CS	A_v	$t_{T,Ed}$	V_{Ed}	$V_{c,Rd}$	P. Vrf.	W_{Min}
	[%]		[mm²]	[N/mm²]	[N]	[N]		
	50,0%	30,23	7 312	0,40	36 479	1 102 743	Piano XX	-
	100%	30,23	7 312	0,40	36 479	1 102 743	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 20	0%	47,00	7 312	1,45	-23 298	1 095 076	Piano XX	-
	50,0%	47,00	7 312	1,45	-23 298	1 095 076	Piano XX	-
	100,0%	47,00	7 312	1,45	-23 298	1 095 076	Piano XX	-
Pilastro Acciaio 21	0%	50,78	7 312	1,44	-21 568	1 095 129	Piano XX	-
	50,0%	50,78	7 312	1,44	-21 568	1 095 129	Piano XX	-
	100%	50,78	7 312	1,44	-21 568	1 095 129	Piano XX	-

LEGENDA:

Pilastro	Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastrata al livello considerato.
$\%L_{LI}$	Posizione della sezione per la quale vengono forniti i valori di verifica, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione (L_{LI}), a partire dall'estremo iniziale.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
A_v	Area resistente a taglio.
$t_{T,Ed}$	Tensione tangenziale di calcolo per torsione.
V_{Ed}	Taglio di progetto.
$V_{c,Rd}$	Taglio resistente.
P. Vrf.	Piano di minima resistenza.
W_{Min}	Rapporto minimo momento plastico/momento progetto travi concorrenti.

Tabella 19. *Verifica instabilità a pressoflessione deviata – Pilastri*

Pilastro	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	I_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
Pilastro Acciaio 1	47 594	32 531	53 379	2,42	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 19	24 450	20 173	51 940	2,94	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 2	86 672	41 315	55 175	2,08	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 3	110 251	36 251	54 844	2,15	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 4	104 445	33 900	56 173	2,18	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 5	126 210	63 751	12 575	2,48	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,107	0,210	0,785	0,855	1,000	0,724	1,000	
Pilastro Acciaio 6	128 204	69 035	9 620	2,41	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,107	0,210	0,785	0,855	1,000	0,715	1,000	
Pilastro Acciaio 7	94 328	38 414	53 629	2,16	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 8	116 583	45 019	55 180	1,96	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 9	55 343	34 779	53 849	2,33	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403

Pilastro	$N_{eq,Ed}$	$M_{eq,Ed,3}$	$M_{eq,Ed,2}$	CS	L_N	L_{Cr}	Dir	l_{LT}	a	f	c	b	k_c	c_{LT}	N_{cr}
	[N]	[N·m]	[N·m]		[m]	[m]									[N]
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 24	25 881	22 160	53 762	2,79	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 22	61 946	13 952	48 597	3,20	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 23	56 998	14 896	48 376	3,19	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 10	77 863	48 535	45 412	2,24	4,80	4,80	x-x	0,391	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,241	0,490	0,904	0,701	1,000	0,770	1,000	
Pilastro Acciaio 11	166 370	107 350	11 855	2,21	4,80	4,80	x-x	0,375	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,752	1,000	
Pilastro Acciaio 12	143 411	104 150	14 751	2,22	4,80	4,80	x-x	0,373	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,860	1,000	
Pilastro Acciaio 13	160 097	99 512	11 556	2,35	4,80	4,80	x-x	0,357	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,751	1,000	
Pilastro Acciaio 14	147 237	99 550	11 492	2,39	4,80	4,80	x-x	0,352	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,750	1,000	
Pilastro Acciaio 15	165 762	106 736	11 678	2,22	4,80	4,80	x-x	0,361	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,751	1,000	
Pilastro Acciaio 16	154 461	116 060	11 723	2,13	4,80	4,80	x-x	0,374	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,243	0,490	0,904	0,701	1,000	0,752	1,000	
Pilastro Acciaio 17	176 018	124 702	11 818	1,98	4,80	4,80	x-x	0,376	0,340	0,634	0,912	1,000	0,770	1,000	5 676 308
							y-y	0,244	0,490	0,904	0,701	1,000	0,753	1,000	
Pilastro Acciaio 18	86 959	66 485	13 858	2,47	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,118	0,210	0,785	0,855	1,000	0,761	1,000	
Pilastro Acciaio 20	22 227	18 607	54 418	2,92	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,860	1,000	
Pilastro Acciaio 21	27 544	13 613	52 634	3,18	4,80	4,80	x-x	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	6 776 403
							y-y	0,130	0,210	0,785	0,855	1,000	0,770	1,000	

LEGENDA:

Pilastro Identificativo del pilastro. L'eventuale lettera tra parentesi distingue i diversi tratti della pilastrata al livello considerato.

$N_{eq,Ed}$ Sforzo Normale equivalente di progetto.

$M_{eq,Ed,3}$ Momento equivalente di progetto intorno a 3.

$M_{eq,Ed,2}$ Momento equivalente di progetto intorno a 2.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

L_N Luce netta.

L_{Cr} Lunghezza di libera inflessione laterale, misurata tra due ritegni torsionali successivi.

l_{LT} Coefficiente di snellezza normalizzata (per il calcolo di F_{LT}).

a Fattore di imperfezione.

f Coefficiente f (per il calcolo di c).

c Coefficiente di riduzione per instabilità a compressione

b Coefficiente di riduzione della luce libera di inflessione.

k_c Coefficiente per il calcolo di c_{LT}

c_{LT} Coefficiente di riduzione ai fini dell'instabilità flessotorsionale.

N_{cr} Sforzo Normale Critico Euleriano.

8.3.1. Spostamento allo stato limite di salvaguardia della vita

Lo spostamento allo stato limite ultimo per le combinazioni sismiche è necessario al fine di dimensionare il giunto sismico.

Lo spostamento massimo è di 6.48 cm, questo deve essere moltiplicato per il fattore di struttura q=1.5, lo spostamento di progetto del giunto è di 9.72 cm, considerando che le due strutture sono simmetriche questa distanza va moltiplicata per 2, per cui il giunto sarà di 20 cm.

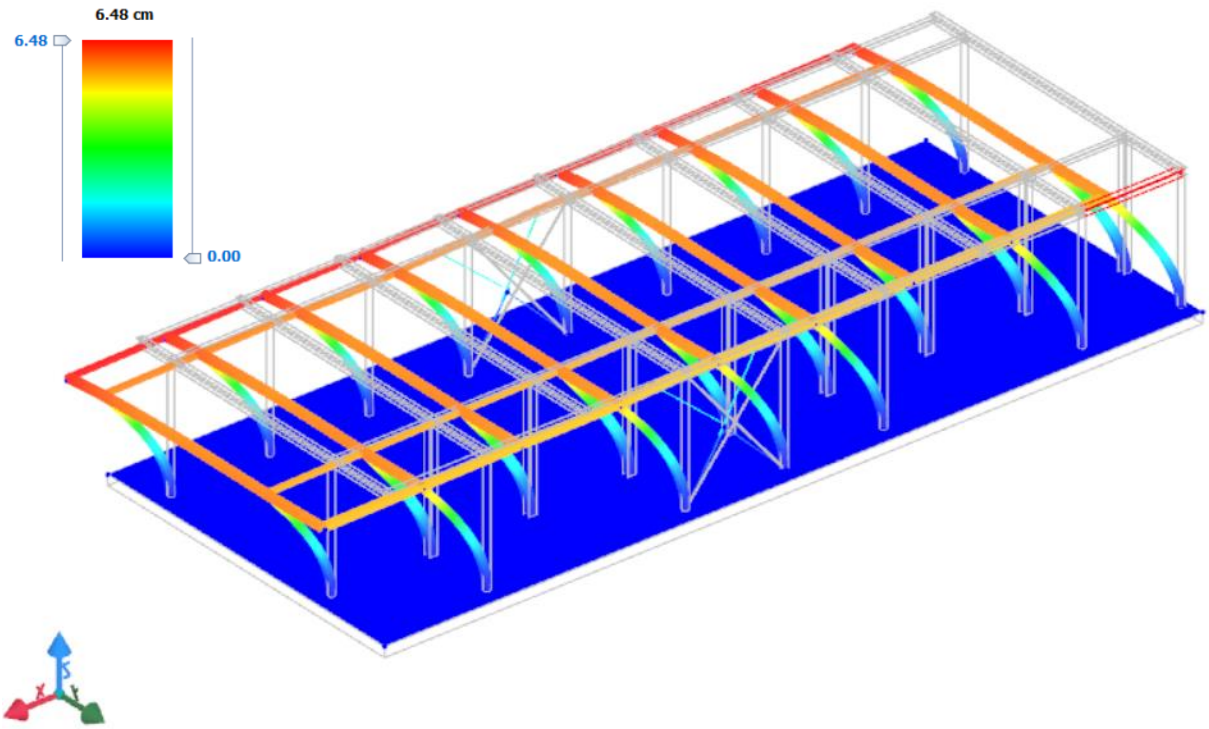


Figura 26. *Spostamento ultimo*

9. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA DELLA PARETE

La struttura della parete si poggia sulla medesima fondazione delle due strutture che compongono Hub.

Su di essa la condizione di carico più stringente è dettata dal vento, questo infatti agisci sugli elementi non strutturali della parete che scaricano direttamente sui pilastri, schematizzabili come mensola. L'area di influenza del pilastro è dettata dall'interasse che è di 4 m, per cui, considerando la pressione del vento la medesima calcolata in precedenza è possibile determinare gli sforzi seguenti.

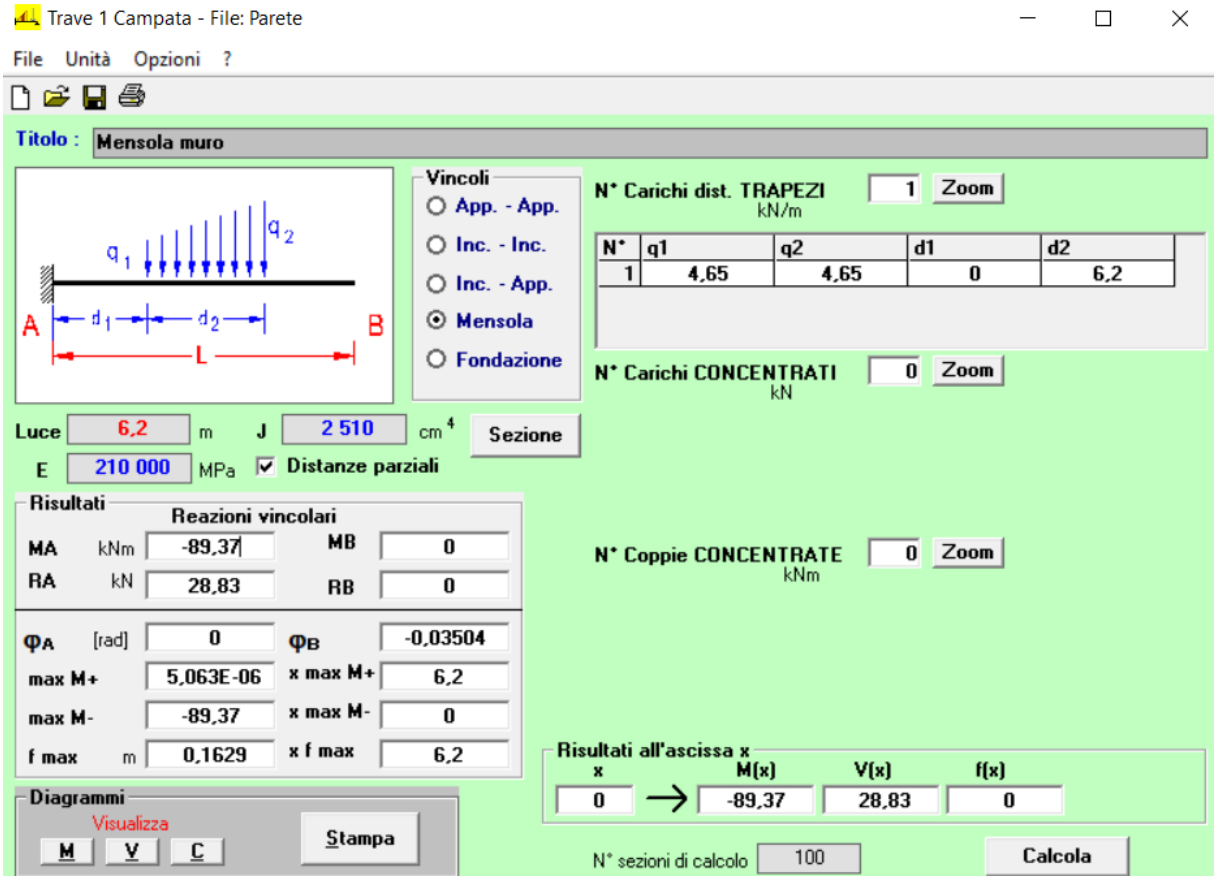


Figura 27. *Determinazione degli sforzi*

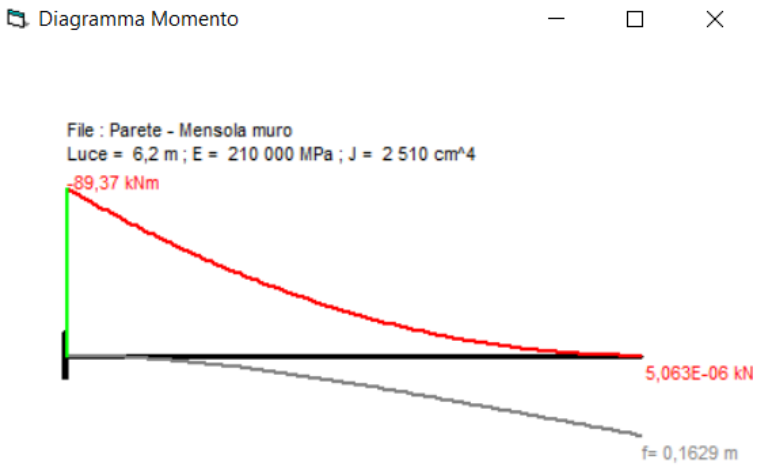


Figura 28. *Diagramma del momento*

Figura 29. *Diagramma del taglio*

Considerando gli sforzi agenti, mediante l'utilizzo di una HEA 220 le verifiche risultano soddisfatte.

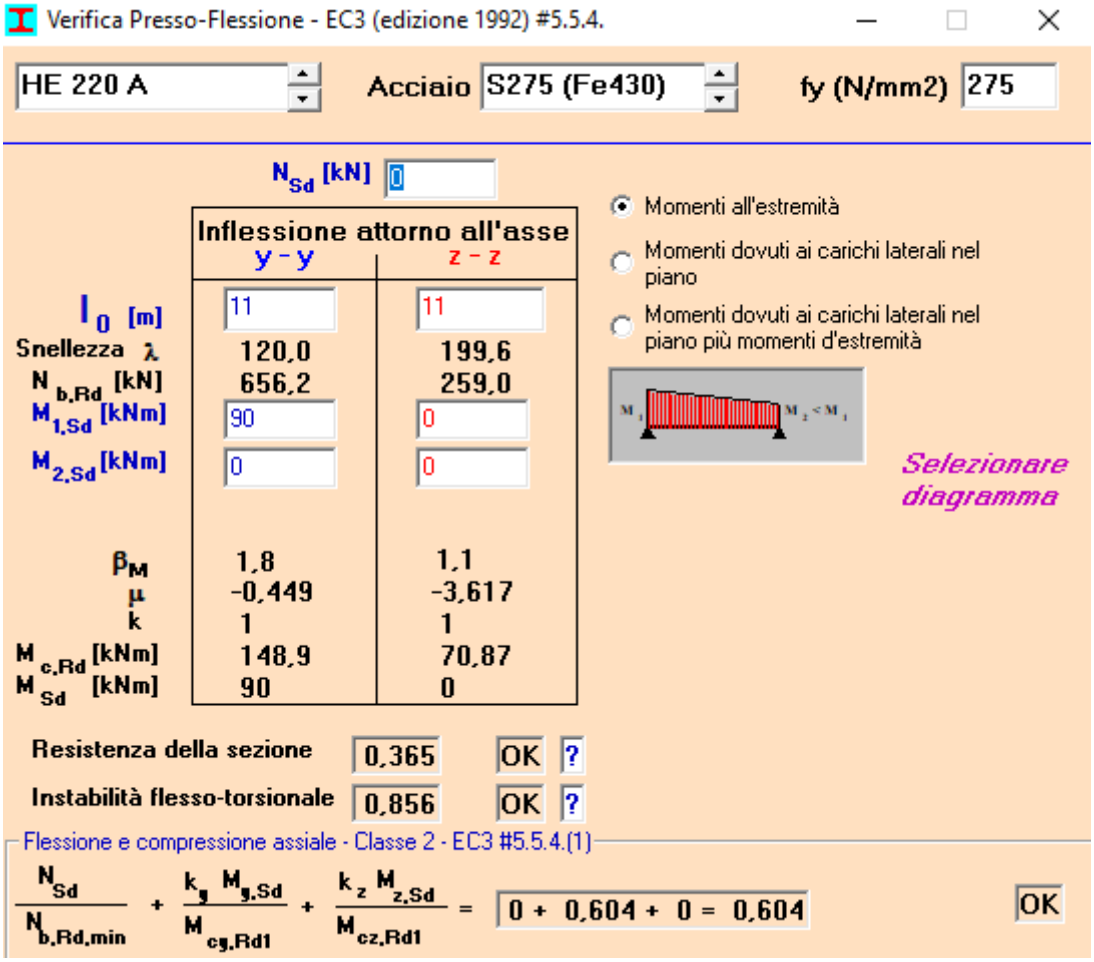


Figura 30. *Verifica a instabilità dell'elemento*

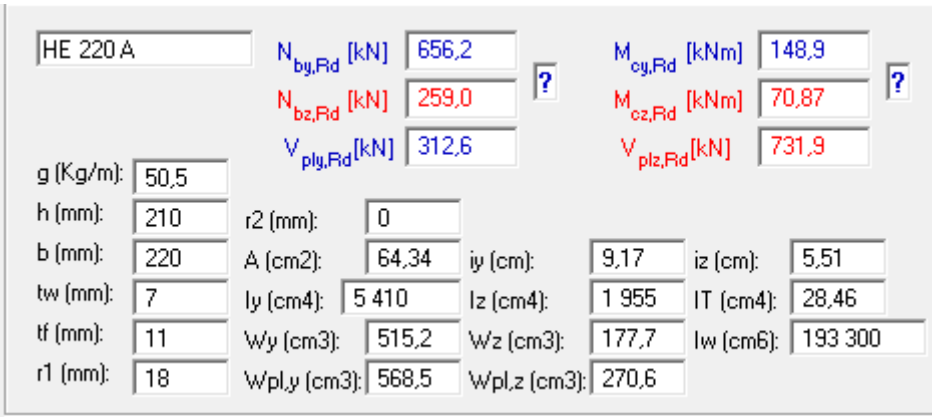


Figura 31. *Valori resistenti degli elementi*

Come si nota sia il momento resistente che il taglio sono maggiori di quelli agenti.

La parete nel proprio piano sarà assimilabile a un telaio mono piano controventato mediante dei piatti, mentre la trave superiore sarà una IPE 120 incernierata al pilastro.

10. PROGETTO E VERIFICA DEI COLLEGAMENTI

In questo capitolo vengo riportate le verifiche dei collegamenti bullonati e saldati, per ogni tipologia di collegamento sono stati considerati gli sforzi massimi determinati dal modello, è stata effettuato il progetto ed esteso a tutte le connessioni simili.

Questi sforzi sono stati moltiplicati per il fattore di sicurezza previsto dalle NTC18 per i collegamenti bullonati e saldati:

Tabella 20. *Coefficienti di sicurezza per le verifiche – NTC18 paragrafo 4.2.8*

Tab. 4.2. XIV - *Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.*

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1{,}25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento: per SLU	$\gamma_{M3} = 1{,}25$
per SLE	$\gamma_{M3} = 1{,}10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1{,}0$
Precarico di bullone ad alta resistenza con serraggio controllato con serraggio non controllato	 $\gamma_{M7} = 1{,}0$ $\gamma_{M7} = 1{,}10$

10.1. Collegamento alla base dei pilasti – Tirafondi HEA 300/O 244.5x16

Gli sforzi sono stati determinati prendendo il massimo per entrambe le tipologie dei pilastri e sono i seguenti:

- Sforzo normale N = 18.28 kN
- Momento flettente M = 167.86 kNm
- Taglio V = 68.89 kN

Sono state svolete le verifiche a flessione, utilizzando il software VcaSLU, le verifiche sono svolte in campo elastico mediante la funzione "Metodo n".

Il calcestruzzo della platea è di classe C30/70 e vengono utilizzato 4 barre M30 di classe 8.8 per connetterla al pilastro. La piastra alla base a contatto con la fondazione in C.A. è spessa 12 mm con una geometria quadrata di 480x480 mm.

Si riporta l'esito della verifica:

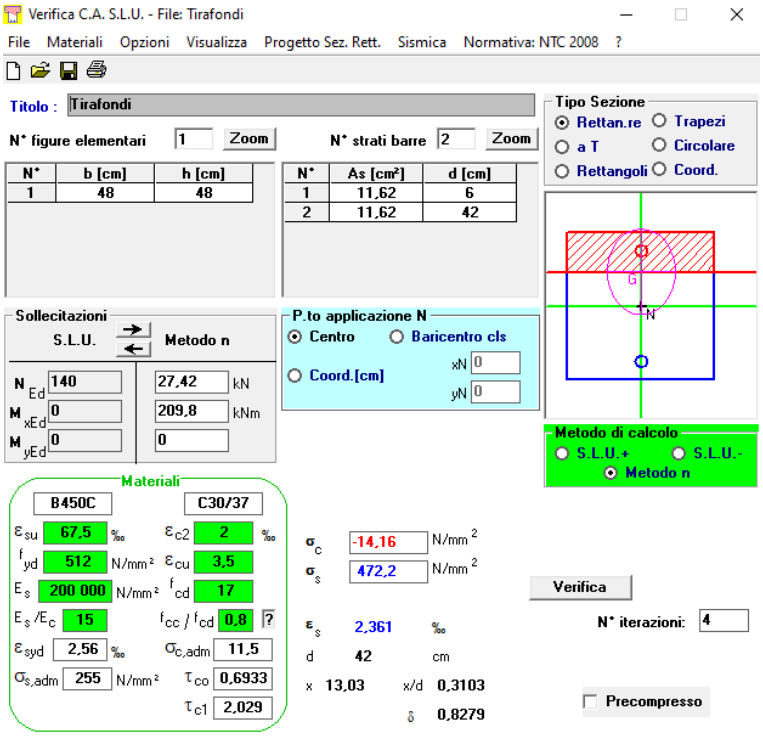


Figura 32. *Verifica a flessione del collegamento*

È stata svolta anche la verifica a taglio dei bulloni e a rifollamento della piastra utilizzando il software "profili_V6", una volta calcolata l'azione su ogni tirafondo è stata confrontata con la resistenza dell'elemento e anche della piastra.

Considerando il taglio alla base pari a 104 kN, si ha un'azione sul singolo bullone di circa 24 kN.

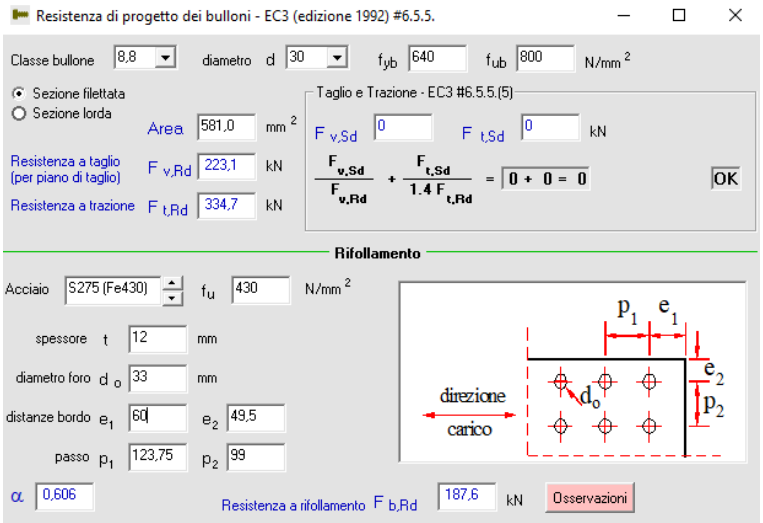


Figura 33. *Verifica a taglio e rifollamento*

Come si vede tutte le verifiche risultano soddisfatte.

10.2. Collegamenti alla base dei pilastri – Tirafondi HEA 220

Le verifiche sono state svolte come precedentemente descritto. Gli sforzi sono:

- Momento flettente M = 89.17 kNm
- Taglio V = 28.83 kN

In questo caso sono state utilizzate delle barre M27:

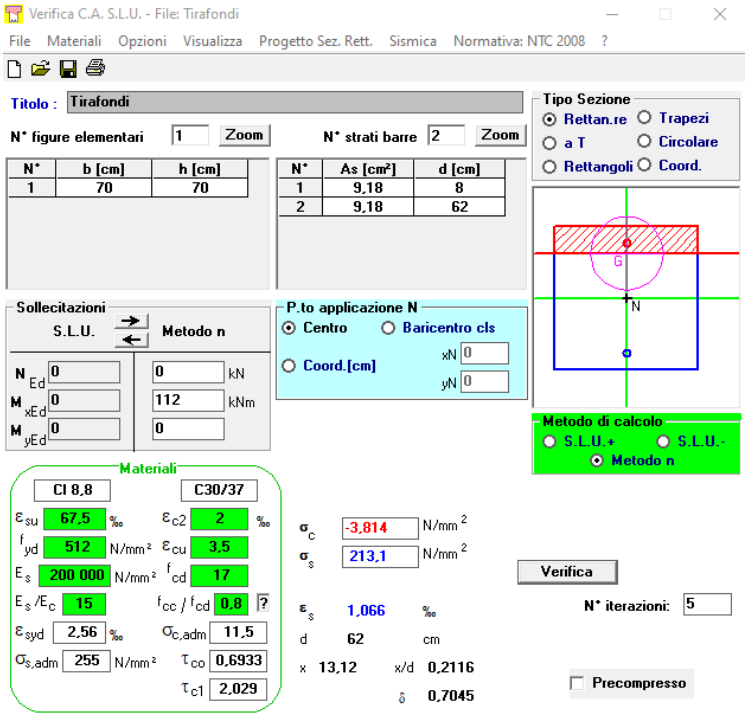


Figura 34. *Verifica a flessione*

Considerando il taglio alla base pari a 36 kN, si ha un'azione sul singolo bullone di circa 9 kN.

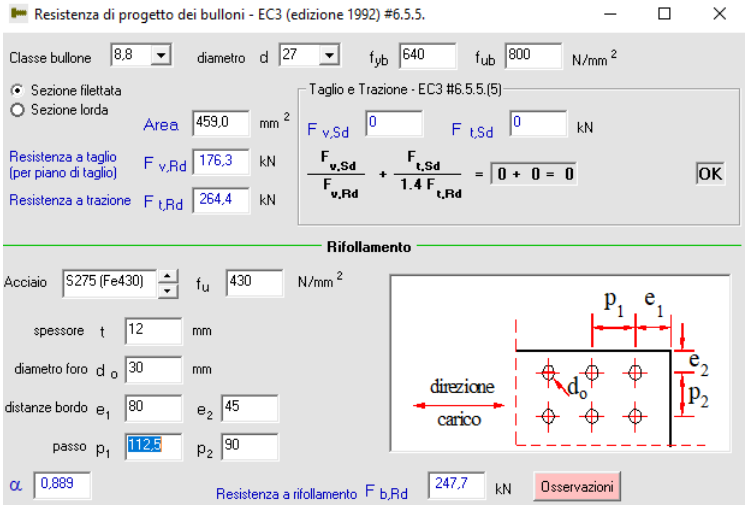


Figura 35. *Verifica a taglio e rifollamento*

Tutte le verifiche sono sodisfatte.

10.3. Squadrette di connessione – Travi HEA 260 e HEA 180

Questo tipo di connessione simula una cerniera, per cui deve essere verificato solamente il taglio dei bulloni, oppure in caso di connessione con il pilastro tubolare O244.5x16 la saldatura a cordone d'angolo. Anche in questo caso è stato preso lo sforzo massimo agente sulle travi e la stessa connessione è stata applicata a tutte le altre.

Gli sforzi massimi sono:

- Sforzo normale N = 2.3 kN
- Taglio V = 36 kN

Questo collegamento viene effettuato utilizzando 4 bulloni M12 di classe 8.8 e una piastra in acciaio S274 di spessore 5mm.

Lo sforzo agente sul singolo bullone è di 45kN diviso il numero di bulloni moltiplicati per i piani di taglio quindi 5.62 kN. Si riporta l'esito delle verifiche eseguite su "profili_V6":

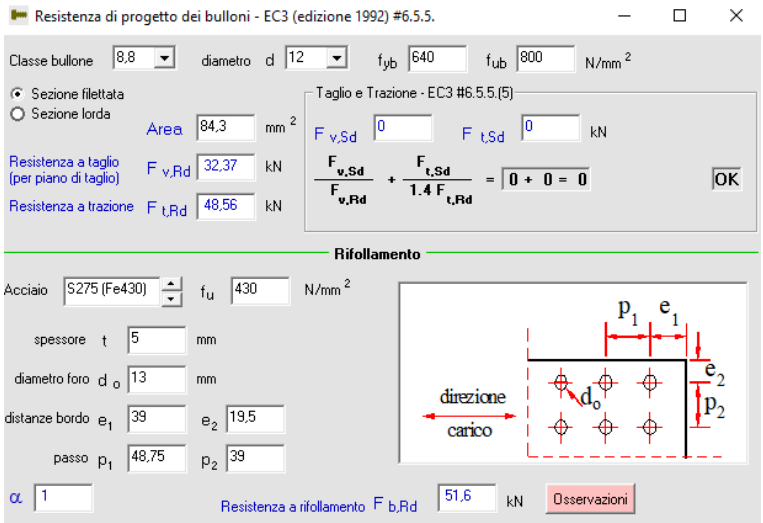


Figura 36. *Resistenza a taglio e rifollamento*

Per quanto riguarda il collegamento saldato si è fatta la saldatura per entrambe le piastre di lunghezza pari a 122 mm, con un'altezza di gola di 3.6 mm la verifica risulta soddisfatta se:

$$\sqrt{n_{\perp}^2+t_{\perp}^2+\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Tabella 21. *Valore dei coefficienti riduttivi β - NTC18 paragrafo 4.2.8.24*

Tab. 4.2.XIX - *Valori dei coefficienti β_1 e β_2*

	S235	S275 - S355	S420 - S460
β_1	0,85	0,70	0,62
β_2	1,0	0,85	0,75

Quindi considerando la tensione τ_{II} pari allo sforzo di taglio diviso per l'area, ovvero, 51.23 N/mm^2 risulta inferiore di 0.7x275=192.5 N/mm^2.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

10.4. Incastro Pilastro O244.5 – Trave HEB 260

Questo collegamento prevede la creazione di un nodo rigido in grado di trasmettere dalla trave al pilastro anche il momento flettente.

Per creare questo nodo sono state saldate delle piastre al pilatro, con la sessa geometria dell'HEB (le piastre creano una sezione simile a quella di un HEB 260) e si prolungano anche nella sezione cava, per irrigidire il nodo e evitare che si possa instabilizzare.

Le piastre saldate al pilastro e la trave sono connesse mediante una serie di piastre bullonate posizionate sulle due ali (superiore e inferiore) e su entrambi i lati dell'anima.

Anche in questo caso sono stati considerati gli sforzi massimi agenti sul nodo trave pilastro e sono state effettuate tutte le dovute verifiche, gli sforzi risultano:

- Sforzo normale N = 15.8 kN
- Momento flettente M = 87.1 kNm
- Taglio V = 90 kN

Le piastre e i bulloni sulle ali superiori e inferiori resistono a momento flettente mentre quelle sull'anima sono progettate per resistere a taglio.

Partendo dalla verifica sulle ali:

Lo sforzo vene moltiplicato per il valore di sovraresistenza, M = 108.87 kNm, moltiplicandolo poi per l'altezza della sezione, ovvero, 260mm si ha il taglio che agisce sui bulloni superiori e inferiori, pari a 418.75 kN diviso 6 bulloni si ha uno sforzo pari a 69.79 kN per singolo bullone.

I bulloni sono degli M16 classe 8.8 e la piastra è in S275 di spessore 10mm il momento resistente risulta quindi:

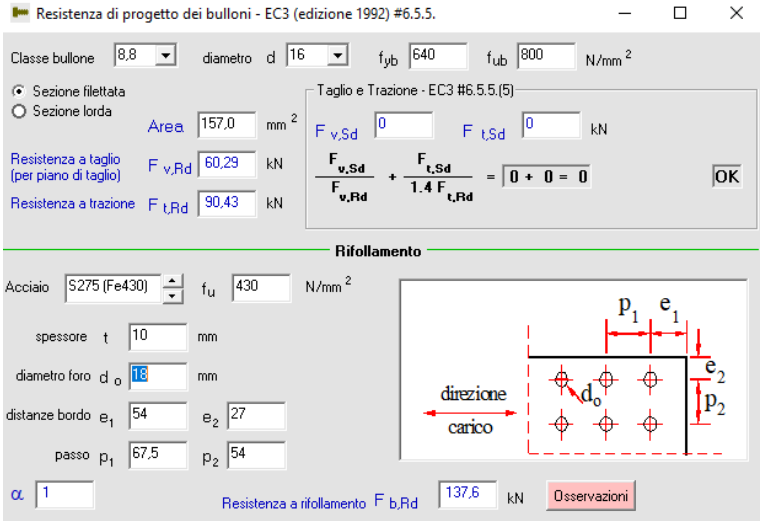


Figura 37. *Resistenza a taglio e rifollamento*

Per la resistenza a taglio si agisce come descritto precedentemente.

Il taglio di progetto è di V = 112.50 kN, anche in questo caso sono stati utilizzati 4 bulloni M16 e la medesima piastra da 10 mm, il taglio per il singolo bullone risulta V = 14 kN.

Le verifiche sono tutte soddisfatte.

10.5. Incastro pilastro HEA 300 – Trave HEB 260

Anche in questo caso la connessione trave – pilastro deve garantire la trasmissione di tutti gli sforzi, quindi creare un nodo rigido. In tal caso viene creato saldando una piastra in testa alla trave che verrà imbullonata al pilastro resistendo a taglio e al conseguente momento parassita da esso creato.

Il momento flettente viene invece assorbito da due piastre saldate al pilastro, posizionate una sulle ali superiore e inferiore della trave e bullonate ad esse.

Gli sforzi sono pari a:

- Sforzo Normale N = 16.2 kN
- Momento flettente M = 156 kNm
- Taglio V = 106 kN

Per prima cosa vengono verificati gli sforzi di taglio creati dal momento flettente sui bulloni delle ali, tenendo conto ovviamente dello sforzo normale. Considerando il numero di bulloni pari a 8 si ha uno sforzo su ognuno pari a 96.22 kN.

Si hanno quindi 8 bulloni sia M22 classe 8.8 sia sull'ala superiore che inferiore, le piastre sono di spessore pari a 10mm e in acciaio S275.

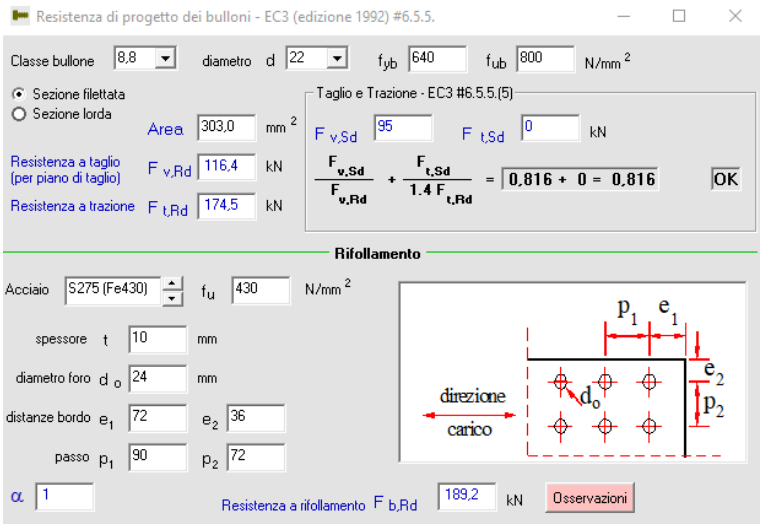


Figura 38. *Verifica taglio bulloni e rifollamento – M_{ed}*

Per il taglio invece è necessario svolgere una verifica a taglio trazione.

Tabella 22. *Verifica a taglio e trazione e calcolo del momento parassita*

COLLEGAMENTO BULLONATO		
fub	resistenza a rottura	800
Ned_c	Sforzo normale corrente superiore [KN]	210

Ned_d	Sforzo normale diagonale [KN]	265
αc	angolo corrente	2.86
αd	angolo diagonale	40
e	eccentricità [mm]	145
Ved	taglio sui bulloni [KN]	169
Med	Momento parassita [KNm]	24
b	larghezza della piastra [mm]	300
d_b	diametro bullone [mm]	16
A_bi	Area del singolo bullone	201.0619298
Ares	Area resistente del singolo bullone [mm2]	157
nb	numero di bulloni	6
h	altezza della flangia [mm]	260
y1	posizione bulloni [mm]	54
y2	posizione bulloni [mm]	130
y3	posizione bulloni [mm]	206
EQ	equazione asse neutro	1.01922E-07
yn	asse neutro [mm]	25.27723881
J	momento di inerzia	19747432.48
Nb_max	max forza nel bullone piu sollecitato	45.02397621
Vb_max	max taglio nel bullone piu sollecitato	28.125
Nb_rd	Resistenza del singolo bullone [KN]	90.432
Vb_Rd	resistenza taglio del singolo bullone [KN]	60.288
VERIFICA	dominio di interazione	0.822136887

10.6. Connessione controventi

I controventi resistono solamente a sforno nomale, in modo specifico solamente a trazione.

La connessione è la medesima sia per i collegamenti della parete sia per quelli della struttura.

Lo sforzo massimo è stato determinato pari allo sforzo di resistenza plastico della barra tonda di diametro 45 in acciaio S275:

- Sforzo normale Npl = 385.6 kN

Per questa connessione si utilizzano 3 bulloni M24 di classe 8.8, lo sforzo sul singolo risulta essere quindi 128.5 kN. La piastri in S275 di spessore 10 mm.

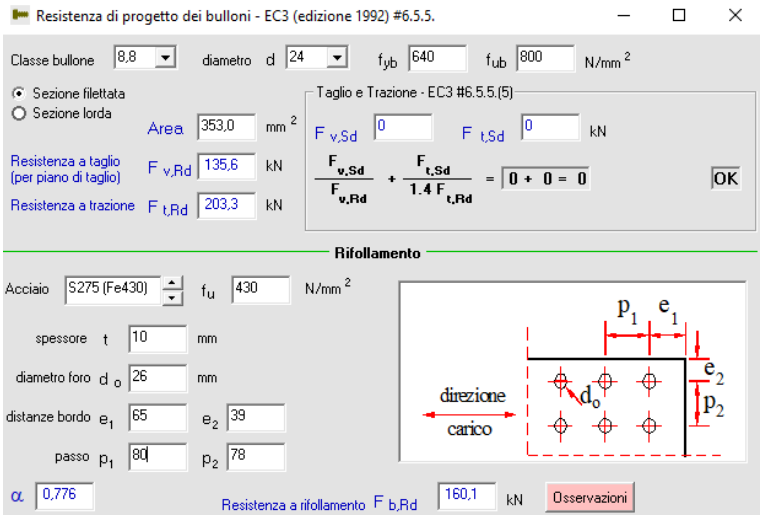


Figura 39. *Resitenza a taglio dei bulloni e a rifollamento della piastra*

La verifica risulta quindi soddisfatta.

11. CONCLUSIONI

Il progetto completo delle due strutture per la creazione del HUB di ricerca di dimensione 36.00 x 12.30 m per il blocco A e 32.00 x 12.30 m per il blocco B, entrambi di altezza 4.65 m, risulta completamente conforme alle NTC 18.

Anche il progetto della parete di altezza pari a 5.50 m risulta verificata.

Sono stati considerati i carichi dovuti all'azione del vento, della neve e del sisma, oltre che i pesi permanenti, strutturali e non strutturali, e sono stati combinati fra loro seguendo le indicazioni delle NTC18. Le verifiche sono state fatte per tutti gli elementi direttamente dal software di calcolo Edilus per tutti gli elementi con tutte le combinazioni. Mentre per i collegamenti sono stati estratti gli sforzi massimi, mediante l'uso di fogli di calcolo di comprovata validità e software come Vca SLU e profili_V6 sono state svolte le verifiche.

Il livello di sicurezza risulta quindi essere nettamente superiore a 1 per tutti gli elementi.

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1. LAYOUT GENERALE 3

FIGURA 2. SISTEMAZIONE INTERNA 4

FIGURA 3. ORTOFOTO: AREA DELL'INTERO INTERVENTO 4

FIGURA 4. INDIVIDUAZIONE DELLA POSIZIONE DELLA STRUTTURA 5

FIGURA 5. PIANTA PIANO TERRA – STRUTTURALE – INDIVIDUAZIONE DELLA PARETE 6

FIGURA 6. BLOCCO STRUTTURALE A 6

FIGURA 7. BLOCCO STRUTTURALE B 6

FIGURA 8. PROFILO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE 13

FIGURA 9. PESO PROPRIO SOLAIO STRUTTURALE 19

FIGURA 10. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI (Q=1) – SLO, SLD, SLV, SLC 21

FIGURA 11. SPETTRO DI PROGETTO (Q=1.50) 23

FIGURA 12. MODELLO 3D - EDILUS 26

FIGURA 13. MODELLO 3D STRUTTURALE - EDILUS 27

FIGURA 14. MODELLAZIONE DELL'AZIONE DEL VENTO 29

FIGURA 15. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO E STRATIGRAFIA 31

FIGURA 16. GRAFICO DEI CEDIMENTI ASSOLUTI 34

FIGURA 17. VERIFCA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE 36

FIGURA 18. PRIMO MODO DI VIBRARE 38

FIGURA 19. SECONDO MODO DI VIBRARE 38

FIGURA 20. TERZO MODO DI VIBRARE 39

FIGURA 21. SPOSTAMENTO IN DIREZIONE X – INVILUPPO 40

FIGURA 22. SPOSTAMENTO IN DIREZIONE Y – INVILUPPO 40

FIGURA 23. ANDAMENTO DEL MOMENTO FLETTENTE 41

FIGURA 24. ANDAMENTO DELLO SFORZO NORMALE 41

FIGURA 25. ANDAMENTO DEL TAGLIO 42

FIGURA 26. SPOSTAMENTO ULTIMO 70

FIGURA 27. DETERMINAZIONE DEGLI SFORZI 72

FIGURA 28. DIAGRAMMA DEL MOMENTO 73

FIGURA 29. DIAGRAMMA DEL TAGLIO 73

FIGURA 30. VERIFICA A INSTABILITÀ DELL'ELEMENTO 74

FIGURA 31. VALORI RESISTENTI DEGLI ELEMENTI 74

FIGURA 32. VERIFICA A FLESSIONE DEL COLLEGAMENTO 76

FIGURA 33. VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO 76

FIGURA 34. VERIFICA A FLESSIONE 77

FIGURA 35. VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO 77

FIGURA 36. RESISTENZA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO 78

FIGURA 37. RESISTENZA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO 79

FIGURA 38. VERIFICA TAGLIO BULLONI E RIFOLLAMENTO – M_{ED} 80

FIGURA 39. RESITENZA A TAGLIO DEI BULLONI E A RIFOLLAMENTO DELLA PIASTRA 82

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE 11

TABELLA 2. TAB. 3.1.II NTC18 - VALORI DEI CARICHI D'ESERCIZIO PER LE DIVERSE CATEGORIE DI EDIFICI..... 16

TABELLA 3. STRATIGRAFIA DELLA COPERTURA 19

TABELLA 4. NTC 2018: TABELLA 2.5.I – VALORI DEI CARICHI D'ESERCIZIO PER LE DIVERSE CATEGORIE DI EDIFICI 24

TABELLA 5. 4.2.VII DELLE NTC2018 – COEFFICIENTI PER LA RESISTENZA DELLE MEMBRATURE 29

TABELLA 6. COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L'EFFETTO DELLE AZIONI [CFR. D.M. 2018] 32

TABELLA 7. COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO [CFR. D.M. 2018] 32

TABELLA 8. COEFFICIENTI PARZIALI γ_R PER LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI. 32

TABELLA 9. VERIFICHE CARICO LIMITE FONDAZIONE SLU 33

TABELLA 10. VERIFICA CARICO LIMITE FONDAZIONI SLD 33

TABELLA 11. ESITI DELLE VERIFICHE DEI CEDIMENTI 34

TABELLA 12. MODI DI VIBRARE..... 37

TABELLA 13. VERIFICA A TRAZIONE - TRAVI..... 42

TABELLA 14. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TRAVI 43

TABELLA 15. VERIFICA A TAGLIO - TRAVI 53

TABELLA 16. VERIFICA A INSTABILITÀ PER PRESSOFLESSIONE DEVIATA – TRAVI 59

TABELLA 17. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE DEVIATA – PILASTRI 62

TABELLA 18. VERIFICA A TAGLIO – PILASTRI 66

TABELLA 19. VERIFICA INSTABILITÀ A PRESSOFLESSIONE DEVIATA – PILASTRI 68

TABELLA 20. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE – NTC18 PARAGRAFO 4.2.8 75

TABELLA 21. VALORE DEI COEFFICIENTI RIDUTTIVI β - NTC18 PARAGRAFO 4.2.8.24 78

TABELLA 22. VERIFICA A TAGLIO E TRAZIONE E CALCOLO DEL MOMENTO PARASSITA 80