

00	12/08/20	ING.ZUNINO	ING.ROMELLI		
01	06/10/20	ING.ZUNINO	ING.ROMELLI		
02	16/12/20	ING.ZUNINO	ING.ROMELLI		
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	VERIFICATO	APPROVATO

# COMUNE DI GENOVA

AREA DELLE RISORSE TECNICO OPERATIVE

DIREZIONE PROGETTAZIONE

AREA DEI SERVIZI ALLA COMUNITA'  
- DIREZIONE BENI E ATTIVITA' CULTURALI

**DIRIGENTE RESPONSABILE** arch. Luca Patrone

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO** arch. Mirco Grassi

**Progettazione ARCHITETTONICA** Capogruppo  
Migliore+Servetto Architects  
arch. Ico Migliore  
arch. Mara Servetto  
  
Go-Up Architetti  
arch. Paolo Andrea Raffetto  
arch. Nicola Valentino Canessa  
arch. Maddalena Piccini

**Progettazione STRUTTURALE** Studio P.R.D  
ing. Giovanni Damonte  
ing. Alessandro Romelli

**Progettazione IMPIANTISTICA** ing. Luca Pizzorni

**Diagnosi ENERGETICA** ing. Alberto Messico

**Progettazione MULTIMEDIALE** Inglobe Technologies s.r.l.

Intervento  
Opera **MUSEO DELLA CITTA' DI GENOVA**  
**GENOA CITY MUSEUM**

**Contenuto degli elaborati** RELAZIONE TECNICA STRUTTURALE DEFINITIVA  
CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO  
E VERIFICA DELLE STRUTTURE

Municipio I - Centro Est **I** Codice Elaborato

Quartiere CENTRO STORICO **12**

N. Tav. RE 001 LGB D ST RE 001

Scala - Data 06/10/2020

filename:  
LGB\_D\_ST\_RE\_001\_RELAZIONETECNICASTRUTTURE.DOCX

LIVELLO DI PROGETTAZIONE **DEFINITIVO**

**STRUTTURALE**

Codice CUP B39G19000220002 Codice MOGE 20335



**RELAZIONE TECNICO STRUTTURALE DEFINITIVA  
CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO  
E VERIFICA DELLE STRUTTURE**

**CONTENUTI:**

- *RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE*
- *RELAZIONE GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI*
- *RELAZIONE ACCETTABILITA' ANALISI STRUTTURALE ESEGUITA*
- *RELAZIONE ACCETTABILITA' DEI RISULTATI*

# INDICE

1)	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE.....	4
2)	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	11
3)	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	11
4)	DETERMINAZIONE COSTANTI DI WINKLER.....	14
5)	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	15
6)	ANALISI DEI CARICHI .....	18
	Azione Statica.....	18
	Azione Sismica .....	18
6.1.	FATTORE DI STRUTTURA.....	20
7)	RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE.....	21
8)	COMBINAZIONI DI CARICO E METODI DI ANALISI .....	21
	Combinazioni di Carico .....	21
	Metodi di analisi .....	24
9)	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL' ANALISI STRUTTURALE .....	24
10)	MODELLAZIONE SCALINATA .....	27
11)	CALCOLO DELLA MASSA PARTECIPANTE SCALINATA.....	28
12)	ANALISI E VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE TRAVI DI FONDAZIONE SCALINATA	35
13)	ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE 100X60 .....	38
14)	ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE 70X60 .....	43
15)	ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI IN CORRISPONDENZA DELLE VOLTE INTERRATE .....	47
16)	ANALISI E VERIFICA DELLA PLATEA ASCENSORE IN CORRISPONDENZA DELLE VOLTE INTERRATE .....	51
17)	ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA METALLICA DELLA SCALINATA.....	56
18)	MODELLAZIONE WUNDERKAMMER .....	63
19)	CALCOLO DELLA MASSA PARTECIPANTE WUNDERKAMMER.....	65
20)	ANALISI E VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE TRAVI DI FONDAZIONE WUNDERKAMMER.....	72
21)	ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE.....	74
22)	ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA METALLICA WUNDERKAMMER.....	77
23)	APERTURA VANO MURATURA PORTANTE LOCALE BAGNI.....	80
24)	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA' .....	101
25)	AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO .....	101
26)	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA' .....	103
27)	CONCLUSIONI .....	104



## **PREMESSA**

La presente relazione di calcolo integra gli elaborati grafici progettuali relativi alle strutture da realizzarsi all'interno della Loggia Banchi, nel Comune di Genova (GE).

### **1) DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE**

Il progetto strutturale prevede la realizzazione di:

- una struttura museale sopraelevata a scalinata, prevista in carpenteria metallica e legno, seguendo la geometria del progetto architettonico ossia prevedendo una porzione a gradoni e una piana;
- una struttura a scaffalatura aperta tipo wunderkammer da realizzarsi all'ingresso;
- un'apertura all'interno di una muratura portante nel locale bagni;

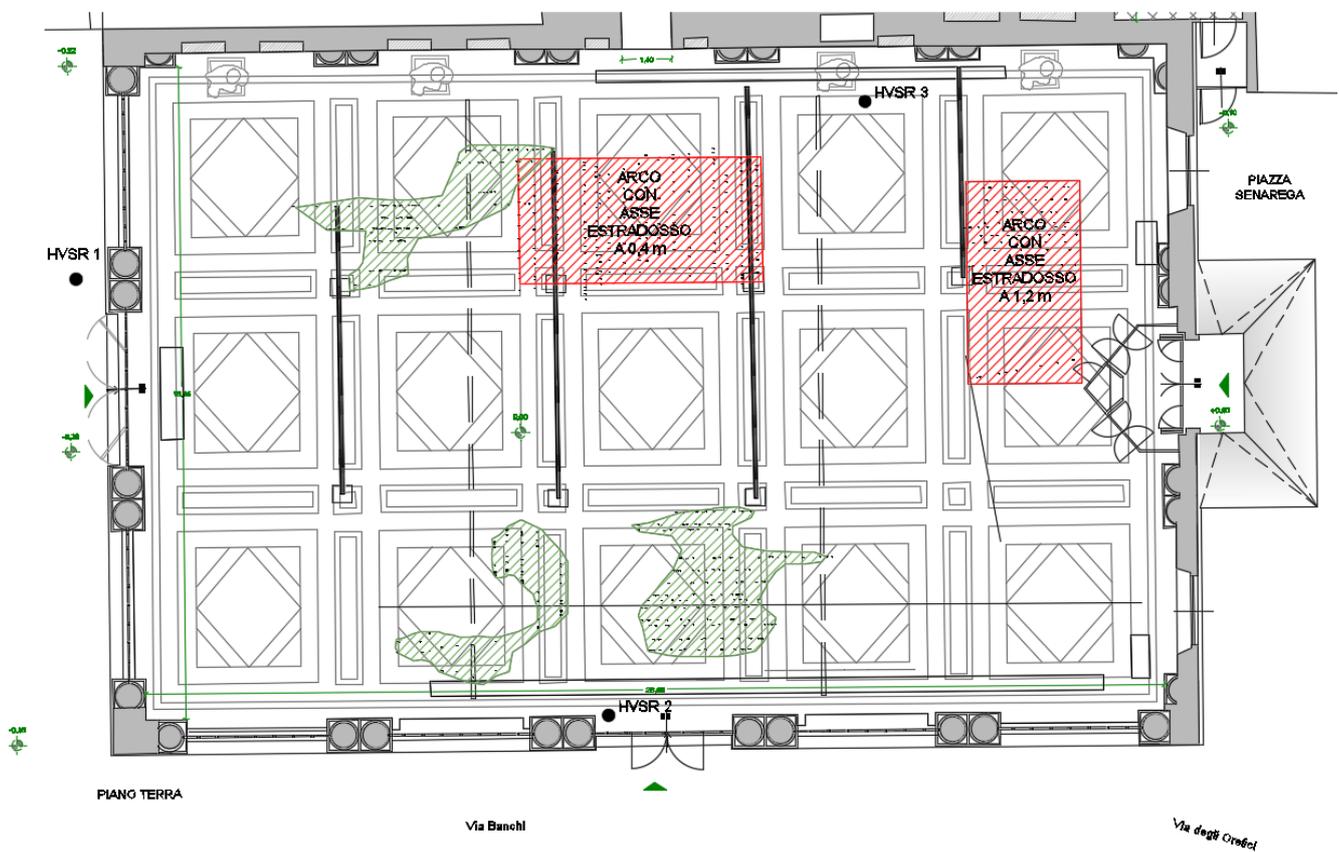
Per quanto riguarda la struttura museale sopraelevata essa prevederà l'unione di una porzione a "scalinata" e di una porzione in piano posta a una quota di circa 5.2 m dal piano terra della loggia.

La geometria in pianta della scalinata è di forma trapezia, divergente nella direzione di percorrimto in salita della stessa, e avente una superficie in proiezione di circa 110 metri quadri; la porzione piana invece, di forma rettangolare con superficie di circa 130 metri quadrati. Dal punto di vista strutturale sarà così composta:

1. struttura portante verticale costituita da profili scatolari metallici di sezione 40x40x5mm utilizzati come traversi orizzontali e montanti verticali. L'altezza dei montanti è variabile in relazione alla conformazione altimetrica della scalinata con altezza massima di circa 5.2 metri in corrispondenza della porzione piana. La testa dei montanti sarà sormontata da una piastra continua in acciaio che realizzerà la sede di appoggio dei pannelli in xlam del piano di calpestio;
2. dal punto di vista fondazionale i montanti appoggeranno su travi di fondazioni realizzate in calcestruzzo armato.
3. il piano di calpestio della parte piana e della parte a gradoni sarà realizzata con una struttura interamente in legno composta da travi e da pannelli in xlam;

## FONDAZIONI

In data 16/10/2020 sono state eseguite, da parte del Geologo Marco Benedetto, una serie di indagini geofisiche realizzate allo scopo principale di esaminare l'eventuale presenza in profondità di strutture o vuoti che potessero in qualche modo alterare il comportamento strutturale e geotecnico delle fondazioni. In particolare, dall'analisi con il georadar è stato possibile individuare sul lato Nord, e sul lato Est del salone due riflessioni piuttosto evidenti. Tali riflessioni, presentando una morfologia a parabola piuttosto ampia, con sviluppo a partire da circa 40 cm di profondità per quanto riguarda quella parallela al lato Nord, e a partire da 120 cm di profondità per quanto riguarda quella parallela al lato Est, si potevano ricondurre a delle volte sepolte.



La posizione di queste strutture interrato, ricadendo al di sotto del sedime di una porzione delle travi di fondazione della nuova struttura ha reso necessaria l'esecuzione di un approfondimento d'indagine in modo da verificare la natura e la geometria dell'anomalia riscontrata.

Tramite un sondaggio in pozzetto, effettuato in data 11/11/2020 in corrispondenza dell'intersezione tra le fondazioni di progetto e la volta più superficiale, è stato effettivamente rinvenuto il mantello di una volta in mattoni di spessore totale 18 cm circa e estradosso a una profondità di circa 30/40 cm dal pavimento.

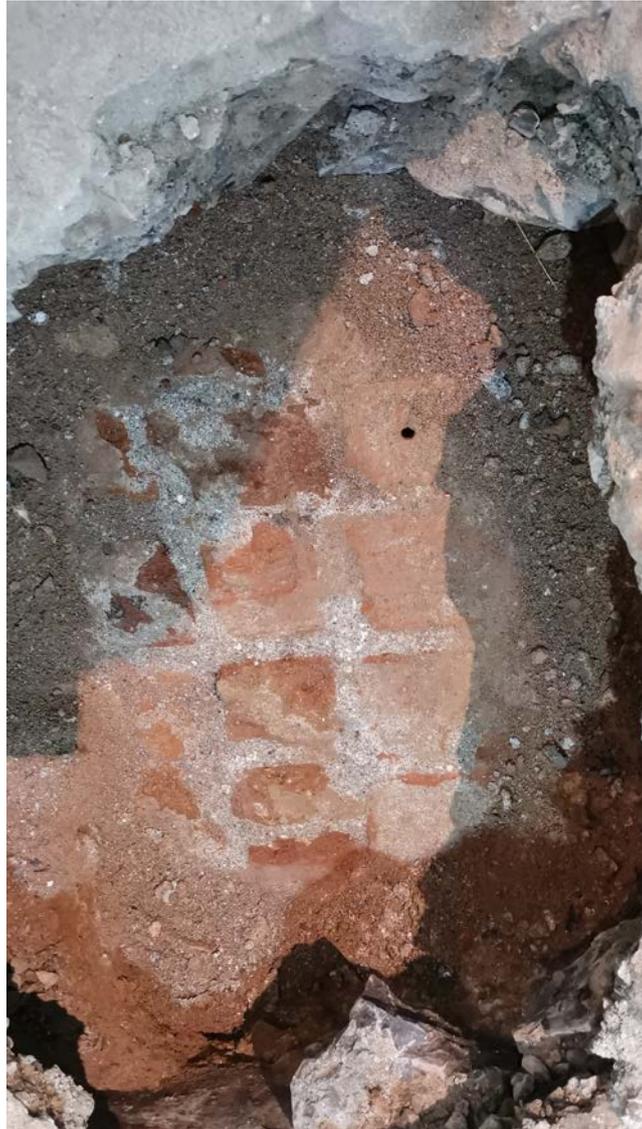
Tramite una video ispezione si è potuto verificare come la volta copra un volume quasi completamente interrato.

Viene di seguito riportata la documentazione fotografica dell'avvenuto sondaggio.









Tutto ciò ha comportato inevitabilmente l'adattamento dello schema strutturale e geotecnico delle fondazione alla presenza di manufatti interrati su cui non gravare con le sollecitazioni imposte dalla nuova struttura.

### **STRUTTURA ELEVAZIONE**

Per quanto riguarda invece le strutture composte dai traversi e dai montanti in carpenteria metallica, esse saranno previste collegate mediante saldature a completo ripristino di resistenza

Dal punto di vista sismico il soppalco è strutturalmente indipendente dagli elementi portanti della loggia e pertanto non saranno necessarie verifiche e adeguamenti sismici delle strutture esistenti.

### **WUNDERKAMMER**

Per quanto riguarda la struttura della Wunderkammer, essa sarà realizzata con la medesima tecnologia costitutiva della struttura museale sopra descritta, quindi prevederà una serie di montanti e traversi realizzati con profili scatolari cavi 40x40x5mm fondati su una trave di fondazione in calcestruzzo armato di sezione 140x30cm.

### **VARCHI STRUTTURALI**

Per quanto riguarda il terzo intervento esso prevede la realizzazione di un varco strutturale all'interno di una parete in muratura portante. la muratura esistente del piano terra, ha uno spessore di circa 65, essa è realizzata in pietre a spacco di buona tessitura, mentre il varco da realizzare risulterà largo 90cm e alto 210cm. Per la realizzazione dell'apertura si prevede l'inserimento di tre architravi metallici costituiti da profili HEB 180 in acciaio S235 vincolati tra loro mediante chiavarde Ø20, ed incassati nella muratura per circa 15cm di lunghezza da entrambi i lati.

### **VARCHI NON STRUTTURALI**

Nell'atrio principale della Loggia saranno previste due aperture di nuovi varchi realizzati sulla parete principale entrambi di altezza pari a 260cm e larghezza pari a 150cm. A seguito di un sondaggio eseguito sulle murature in oggetto, si è verificato come, in corrispondenza della sagome di progetto delle nuove aperture, fossero presenti solo due tamponature perimetrali, in quanto, probabilmente, i suddetti varchi erano già presenti originariamente e successivamente tamponanti. Alla luce di ciò, non verranno eseguite opere strutturali.

Sempre nell'atrio principale, è prevista la riprofilatura dell'unica apertura esistente che attualmente misura un'altezza di circa 525cm, e dovrà essere rettificata ad una quota di 260cm dal pavimento finito. Per fare ciò saranno previsti due architravi metallici HEA 140 di lunghezza complessiva pari a 180cm sui quali verranno posizionati tavelloni in laterizio da 6cm corredati, al loro stradosso, da una cappa in calcestruzzo armato da 4cm. La tamponatura verticale delle due facciate della parete sarà eseguita mediante blocchi forati in laterizio da 12cm di spessore fino all'architrave attuale posto a 525cm dal pavimento.

## 2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle opere si è svolta nel rispetto della seguente normativa vigente:

- D.M 17.01.2018 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 Gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- UNI ENV 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997 - Azioni sulla struttura.
- Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità. Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici – "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale"
- UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità

## 3) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

La caratterizzazione geotecnica del terreno è descritta e documentata nella relazione geologica allegata al progetto redatta dalla Geol. Elisabetta Barboro; vengono riportati di seguito gli stralci più significativi dal punto di vista geotecnico.

"...Da un'attenta ricerca bibliografia, fatta presso la Banca dati Ambiente Liguria, sono emerse le seguenti informazioni di carattere geologico nelle porzioni limitrofe al comparto in esame. Nello specifico è stato individuato un sondaggio a carotaggio continuo, la cui stratigrafia ha riportato la seguente stratigrafia:

-0-1,5 m: riporti antropici eterogenei ed eterometrici

-1,5-6,2 m: terreno rimaneggiato composto da elementi lapidei calcarei in matrice sabbiosa e ciottoli debolmente cementati

-6,2-15 mt: argille limose molto consistenti di color grigio cenere

Viene inoltre marcata la presenza di una piezometrica impostata sui -2,9 dal p.c.

Per la ricostruzione della stratigrafia geotecnica dei tipi di terreni indagati sono state attinte informazioni da indagini geognostiche eseguite; di seguito la successione stratigrafica può essere riassunta come di seguito:

1. Il primo orizzonte comprende coltre detritica rimaneggiata con materiali di riporto eterogeneo, il quale risulta sciolto, con percentuali di ghiaia e sabbia; tale livello ha comportamento granulare.



2. Il secondo orizzonte comprende il substrato pliocenico alterato; tale livello ha un comportamento coesivo plastico.



3. Il terzo orizzonte comprende il substrato pliocenico non alterato; tale livello ha un comportamento coesivo.



### PARAMETRIZZAZIONE

Per la definizione del modello geotecnico locale è stato fatto riferimento al modello stratigrafico definito. I parametri geotecnici e geomeccanici medi, ai sensi delle NTC 2018, riportati di seguito, sono stati ricavati sulla base delle indagini geognostiche eseguite, da prove di laboratorio eseguite su terreni simili, e delle conoscenze già acquisite sul territorio. Va sottolineato che, come richiesto dalla NTC 2018, i parametri geotecnici riportati nella presente relazione, in fase progettuale, dovranno essere eventualmente corretti in ragione delle specifiche verifiche e tipologie di intervento.

### ***1. Coltre detritica rimaneggiata***

$$\gamma = 1,8 \text{ t/mt}^3$$

In condizioni drenate:

$$\varphi' = 28^\circ$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

In condizioni non drenate:

$$c_u = 40 \text{ kPa}$$

### ***2. Argille plioceniche alterate***

$$\gamma = 1,8 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi' = 29^\circ$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

In condizioni non drenate:

$$c_u = 80-100 \text{ kPa}$$

### ***3. Argille e marne plioceniche compatte con intercalazione di livelli maggiormente sabbiosi***

$$\gamma = 1,9 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi' = 31^\circ$$

$$c' = 15 \text{ kPa}$$

In condizioni non drenate:

$$c_u = 160-270 \text{ kPa}$$

### **CLASSIFICAZIONE SISMICA**

Da indagini effettuate su terreni simili il sito di progetto ricade nella Categoria di sottosuolo B secondo la Tab. 3.2.II del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”: **B)** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità

e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 mt/sec e 800 mt/sec. Le condizioni topografiche nel nostro caso **T1**

**Alla luce dei risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche eseguite per la ricerca dell'eventuale presenza in profondità di strutture o vuoti, la Dott. Barboro ha redatto un'integrazione alla sua relazione geologica, nella quale vengono modificati i parametri geomeccanici relativi allo strato di riporti superficiali :**

### 1. Riporti

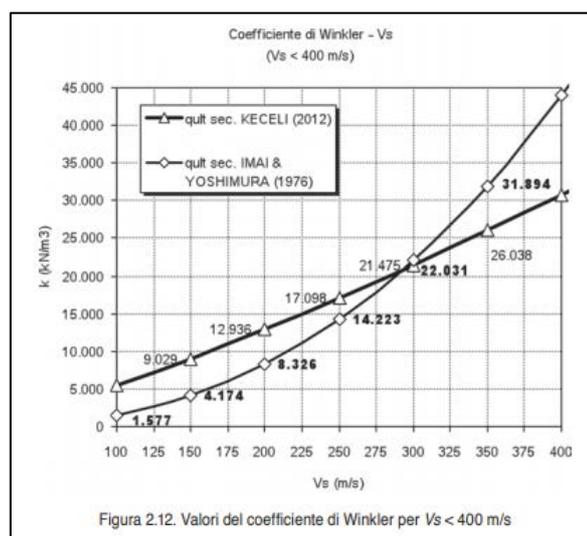
$$\gamma = 1,9/2 \text{ t/mt}^3$$

$$\varphi' = 20/22^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

## 4) DETERMINAZIONE COSTANTI DI WINKLER

La modellazione è stata eseguita simulando l'interazione tra la struttura in c.a. delle travi di fondazione e il terreno circostante attraverso l'implementazione della costante elastica di Winkler; in particolare sono stati attribuiti alla platea di fondazione moduli di reazione verticali  $K_z$  in concerto con la geologa Elisabetta Barboro. Per il calcolo della costante si è fatto riferimento a correlazioni disponibili in letteratura, in particolare quella di Keceli (2012) le quali mettono in relazione la velocità  $V_s$  delle onde con la  $K_z$  di Winkler.



Nel nostro caso  $V_s = 100 \text{ m/s}$  e si ottiene  $K_w$  di circa  $5000 \text{ kN/m}^3 = 0.5 \text{ kg/cm}^3$

La Vs è stata estrapolata dalla relazione del Geologo Benedetto, desunta dall'interpretazione delle prove HVSR effettuate in sito.

	<b>z max</b>	<b>vs</b>
<b>Riporti</b>	<b>1,5</b>	<b>106</b>
<b>Elementi lapidei in matrice sabbiosa</b>	<b>6</b>	<b>285</b>
<b>Marne di Piccapietra</b>	<b>100</b>	<b>480</b>
<b>Substrato Roccioso</b>	<b>∞</b>	<b>1200</b>

## 5) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Caratteristiche minime dei materiali impiegati per la costruzione delle strutture analizzate con la presente relazione, secondo D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Si riportano di seguito i materiali impiegati negli interventi strutturali e le loro caratteristiche di resistenza, moduli elastici e pesi specifici.

### CALCESTRUZZO

La classe di resistenza del calcestruzzo da utilizzare per la realizzazione delle opere deve risultare non inferiore al valore minimo raccomandato dalla norma UNI EN 206-1:2001 e della norma UNI 11104:2016 per soddisfare i requisiti di durabilità del calcestruzzo in funzione della classe di esposizione ambientale. Nel caso specifico le classi di esposizione ambientale risultano essere le seguenti:

- “XC2” per strutture soggette a carbonatazione;

UNI 11104:2016		Classi di esposizione																
		Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione		Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico				
		Nessun rischio di corrosione dell'armatura		Acqua di mare		Cloruri provenienti da altre fonti												
	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360		320	340	360	320	340	360	320	340	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)											b)	4,0 a)						
Altri requisiti																		

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CENrS 12390 -9, UNI CENrR 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori il limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).  
 Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.  
 c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.  
 d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Per le strutture in c.a. gettate in opera (fondazioni) si assume una classe del calcestruzzo pari a C28/35, per soddisfare comunque requisiti di durabilità, con un rapporto acqua cemento non superiore a 0.5 in modo da garantire un coefficiente di permeabilità inferiore a 1.10-1.13 m/s e una profondità media di penetrazione dell'acqua di 20mm ( UNI EN 12390-8) e garantire anche il requisito di tenuta idraulica; per una buona compattazione, la classe di consistenza deve essere assunta pari ad almeno la classe S4.

## **VALORI RELATIVI ALLE CARATTERISTICHE MECCANICHE**

### **Calcestruzzo C28/35**

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2)

Riferimenti: D.M. 17.01.2018, par. 11.2;

Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;  
UNI EN 206-1/2006;

<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>f<sub>ck</sub></b>	<b>f<sub>cd</sub></b>	<b>f<sub>ctm</sub></b>	<b>u.m.</b>
35	28	15.87	2.766	[N/mm <sup>2</sup> ]

legenda:

f<sub>ck</sub> (resistenza cilindrica a compressione);

$$f_{ck} = 0.83 R_{ck};$$

f<sub>cd</sub> (resistenza di calcolo a compressione);

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$

f<sub>ctd</sub> (resistenza di calcolo a trazione);

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm};$$

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi } \leq C50/60$$

### **ACCIAIO PER C.A.**

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2)

<b>ACCIAIO PER C.A. B450C</b>			
f <sub>yk</sub>	tensione nominale	di	≥ 450 N/mm <sup>2</sup>
snervamento:			
f <sub>tk</sub>	tensione nominale di rottura:		≥ 540 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>td</sub>	tensione di progetto a rottura:	f <sub>yk</sub> / γ <sub>S</sub> = f <sub>yk</sub> / 1.15 =	391.3 N/mm <sup>2</sup>

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre:  $6 \leq \phi \leq 40$  mm.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri  $\leq 16$  mm.

Reti e tralicci con elementi base di diametro  $6 \leq \phi \leq 16$  mm.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci:  $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

### **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA SCALINATA**

#### **Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale**

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2*(1+\nu)]$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12*10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^{\circ}\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### **Caratteristiche minime dei materiali**

	<b>S355</b>
<b>tensione di rottura</b>	510 $\text{N/mm}^2$
<b>tensione di snervamento</b>	355 $\text{N/mm}^2$

### **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA WUNDERKAMMER E TELAI VARCO**

#### **Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale**

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale:  $G = E / [2*(1+\nu)]$  ( $\text{N/mm}^2$ )

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12*10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^{\circ}\text{C}$ )

Densità:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### **Caratteristiche minime dei materiali**

	<b>S235</b>
<b>tensione di rottura</b>	360 $\text{N/mm}^2$
<b>tensione di snervamento</b>	235 $\text{N/mm}^2$

## 6) ANALISI DEI CARICHI

### Azione Statica

- **G1 – Peso proprio** ( $\gamma_{fav}=1.00$ ;  $\gamma_{sfav}=1.30$ )

Peso per unità di volume delle travi in acciaio:  $78.8 \text{ kN/m}^3$

Peso per unità di volume del calcestruzzo:  $25.0 \text{ kN/m}^3$

Peso dell'orizzontamento in legno (sp.40cm):  $2.00 \text{ kN/m}^2$

- **G2 – Carichi permanenti non strutturali scalinata** ( $\gamma_{fav}=0.00$ ;  $\gamma_{sfav}=1.30$ )

Massetto cls sp.5cm =  $25 \text{ kN/m}^3 * 0.05 \text{ m} = 1.25 \text{ kN/m}^2$

cautelativamente si è optato per un carico di :

$q_{G2}: 1.5 \text{ kN/m}^2$

- **G2 – Carichi permanenti non strutturali wunderkammer** ( $\gamma_{fav}=0.00$ ;  $\gamma_{sfav}=1.30$ )

$q_{G2}: 1.0 \text{ kN/m}^2$

- **Qk1 – Sovraccarico accidentale** ( $\gamma_{fav}=0.00$ ;  $\gamma_{sfav}=1.50$ )

Categoria C3 secondo DM 17 gennaio 2018: “ Ambienti privi di ostacoli al movimento di persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi ed ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie

$q_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$

### Azione Sismica

Per la definizione delle azioni sismiche agenti sulla struttura si ricorre ai seguenti parametri di progetto.

#### **INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA**

Nome dell'archivio di lavoro	<b>NUOVA VERSIONE</b>
Intestazione del lavoro	
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

## NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Localita'	Genova - Vico dei Cartai 7
Longitudine (WGS84)	8.92977
Latitudine (WGS84)	44.4092
Categoria del suolo	B
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	0%
Numero di frequenze	20
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

## PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	45	0.0284	2.5300	0.20	1.51	1.20	0.334
SLD	75	0.0349	2.5460	0.22	1.49	1.20	0.411
SLV	712	0.0785	2.5300	0.29	1.41	1.20	0.924
SLE	712	0.0785	2.5330	0.29	1.41	1.20	0.924
SLC	1462	0.1003	2.5260	0.30	1.40	1.20	1.181

## STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale qor=1

## STATO LIMITE DI DANNO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale qor=1  
Coeff.moltiplicativo sisma 1.000

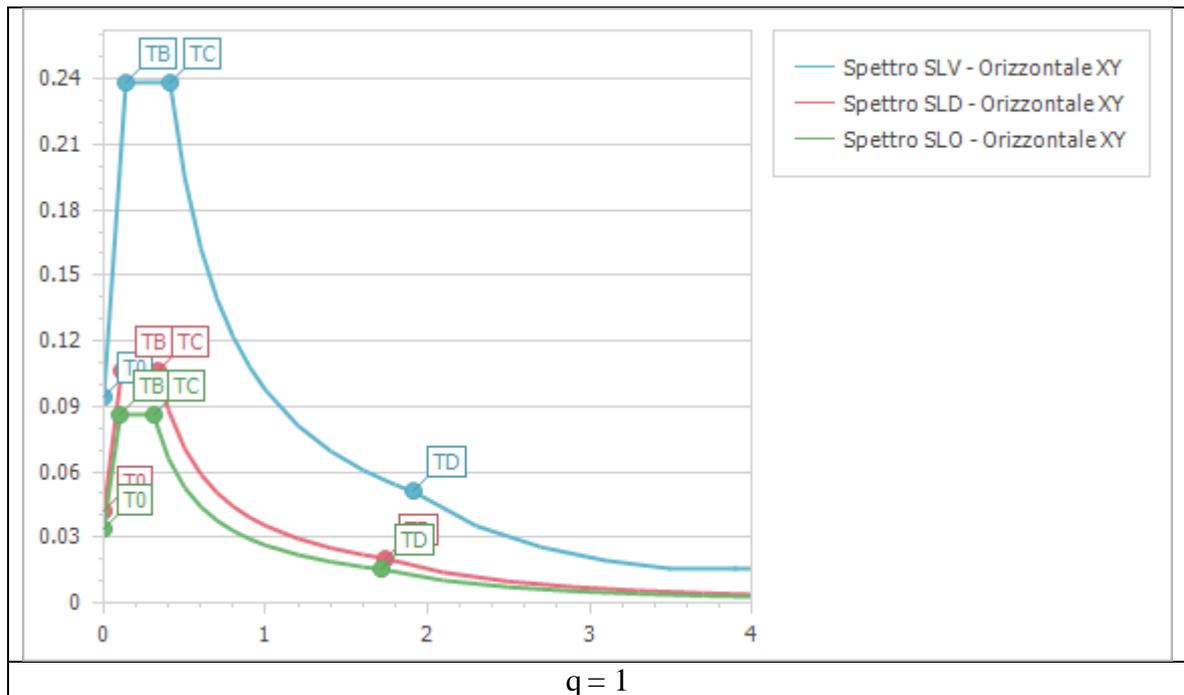
## STATO LIMITE OPERATIVITA'

Coeff.moltiplicativo sisma 1.000

## PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
$\lambda$	0.3
$\mu$	0.3

Il grafico dello spettro elastico è risultato il seguente:



### 6.1.FATTORE DI STRUTTURA

La struttura è stata progettata a **comportamento strutturale non dissipativo**:

*“..Per comportamento strutturale non dissipativo, 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 ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico (v. § 7.2.6)”*

Il fattore di struttura da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica orizzontale è calcolata come riportato nel § 7.3.1, in particolare, essendo la struttura non dissipativa si deve adottare un fattore di comportamento  $q_{nd}$  ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CDB secondo l'espressione seguente:

$$1 \leq q_{nd} = \frac{2}{3} q_{cdb} \leq 1.5$$

In questa fase si è scelto cautelativamente un fattore di struttura pari a 1.

## 7) RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Come indicato nel paragrafo 7.3.6 delle NTC 2018, viene riportata di seguito la tabella esplicativa che identifica le verifiche da eseguirsi, per gli elementi strutturali, ad ogni stato limite richiesto.

**Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti**

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Nel caso in esame la classe d'uso per la struttura è la CU III. Inoltre, avendo eseguito una modellazione con comportamento non dissipativo, non sarà necessario seguire regole specifiche riguardanti i dettagli costruttivi nonché della progettazione in capacità, in quanto, come esposto nel paragrafo 7.3.6.1. delle norme tecniche, le verifiche di duttilità non sono dovute nel caso di progettazione con  $q < 1.5$

## 8) COMBINAZIONI DI CARICO E METODI DI ANALISI

### Combinazioni di Carico

Si riportano di seguito le combinazioni di carico analizzate per le verifiche strutturali:

In generale la combinazione di carico fondamentale per gli stati limite in combinazione non sismica e simica e trascurando gli effetti di precompressione che non sono contemplati nel presente progetto è (2.5.1 NTC):

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Qk_1 + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Qk_2 + \gamma_{Q3} \times \psi_{03} \times Qk_3 + \dots$$

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \times Qk_1 + \psi_{22} \times Qk_2 + \dots$$

Gli effetti dell'azione sismica E sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \times Qk_j$$

Dove:

$G_1$  = pesi propri strutturali e  $\gamma_{G1}$  è il relativo coefficiente di sicurezza

$G_2$  = pesi propri non strutturali e  $\gamma_{G2}$  è il relativo coefficiente di sicurezza

$Qk_1$  = carico variabile dominante e  $\gamma_{Q1}$  è il relativo coefficiente di sicurezza

$Qk_j$  = j-esimo carico variabile contemporanei al dominante,  $\gamma_{Qj}$  è il relativo coefficiente di sicurezza e  $\psi_{0j}$  il relativo coefficiente di combinazione

E = azione sismica

$\psi_{2j}$  =coefficiente di combinazione j-esimo carico per determinazione combinazione quasi permanente.

Si riportano di seguito le combinazioni dei carichi considerate riportando in forma tabellare i coefficienti di sicurezza e combinazione adottati:

**STATO LIMITE DI RESISTENZA COMPRESSE LE FONDAZIONI CASO STATICO**

**(STR):** Coefficienti parziali per le azioni: A1 – M1

Carico		Coefficiente di sicurezza
G1	sfavorevoli	1.3
G2	sfavorevoli	1.3
Cat. A e altr.	sfavorevole	1.5
neve	sfavorevole	1.5

**STATO LIMITE DI RESISTENZA COMPRESSE LE FONDAZIONI CASO SISMICO:**

Coefficienti parziali per le azioni: A1 – M1

Carico		Coefficiente di sicurezza
G1	sfavorevoli	1
G2	sfavorevoli	1
Cat. A e altr.	sfavorevole	1
neve	sfavorevole	0

I carichi gravitazionali sono stati applicati direttamente alle piastre di sommità dei montanti metallici. Sono stati considerati i carichi descritti nel capitolo precedente uniformemente distribuiti sulla luce netta dell'impalcato, ottenendo una reazione vincolare, la quale è stata divisa per 0,8m (che risulta essere la larghezza delle piastre metalliche di sommità) e per 1m, in modo tale da ottenere un carico distribuito a metro quadrato di superficie da poter applicare direttamente agli elementi guscio soprastanti i montanti metallici.

### Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Categoria C4 - Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, sale da ballo, palestre, palcoscenici.	1	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-5.000000	0.6000	0.6000
P.P LEGNO	2	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-1.500000	1.0000	1.0000
Permanente	3	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-1.500000	1.0000	1.0000
R1 G	4	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-3.250000	1.0000	1.0000
ascensore	5	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-6.000000	1.0000	1.0000
R G	8	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-13.800000	1.0000	1.0000
R G2	9	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-10.400000	1.0000	1.0000
R Q	10	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-34.400002	1.0000	1.0000
R2 G	11	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-16.000000	1.0000	1.0000
R3 G	12	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-5.800000	1.0000	1.0000
R1 G2	13	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-2.400000	1.0000	1.0000
R2 G2	14	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-12.000000	1.0000	1.0000
R3 G2	15	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	-4.400000	1.0000	1.0000
R1 Q	16	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-8.200000	1.0000	1.0000
R2 Q	17	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-40.000000	1.0000	1.0000
R3 Q	18	Condizione 1	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-14.500000	1.0000	1.0000

## COMBINAZIONI DI CARICO

### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	1.500

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.700

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

#### COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 1	0.600

#### Metodi di analisi

La valutazione delle azioni sismiche cui potrebbe essere soggetta la struttura in esame è stata condotta mediante un approccio dinamico.

Le rigidzze degli elementi murati sono state calcolate considerando sia il contributo flessionale che tagliante con rigidzze fessurate ovvero assumendo il 50 % della rigidzza non fessurata.

L'azione sismica è stata considerata agente nel centro di massa di ciascun piano e combinata nelle direzioni X e Y con la regola di considerare comunque la partecipazione del 30% dell'azione sismica in direzione ortogonale.

Il calcolo della struttura con la definizione delle sollecitazioni per le varie combinazioni di carico nei singoli elementi strutturali, nonché, ove possibile, la verifica degli stessi è stata condotta implementando un modello strutturale tridimensionale dell'edificio mediante apposito software di calcolo strutturale agli elementi finiti MASTERSAP 2020 della società AMV.

Le verifiche ottenute direttamente dal programma, conformi alle NTC 08, sono illustrati mediante tabelle o mappe a colore.

Nei casi in cui il programma di calcolo sia utilizzato solo per la determinazione delle sollecitazioni, la verifica degli elementi strutturali interessati sono riportata in forma estesa.

#### 9) PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

Vengono riportate le convenzioni con le quali verranno presentati i risultati dell'analisi strutturale.

##### TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali:

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

con le seguenti convenzioni sui segni:

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

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

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

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

### GUSCI

Il programma propone i risultati al “centro” di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- $S_{xx}$  ( $F/L^2$ );
- $S_{yy}$  ( $F/L^2$ );
- $S_{xy}$  ( $F/L^2$ );

- $M_{xx}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $M_{yy}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $M_{xy}$  ( $F \cdot L/L$ );
- $\sigma_{idsup}$  ( $F/L^2$ );
- $\sigma_{idinf}$  ( $F/L^2$ ).
- $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$  rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)
- $M_{xx}$  rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale  $x$ ; analogamente per  $M_{yy}$ ;
- $M_{xy}$  rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).

Le tensioni ideali  $\sigma_{idsup}$  (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale  $z$ ) e  $\sigma_{idinf}$  sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente  $M_{xx}$  si sovrappongono alle tensioni  $S_{xx}$ , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per  $M_{yy}$  e  $S_{yy}$ ). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a  $S_{xy}$ .

Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per  $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$ ,  $M_{xx}$ ,  $M_{yy}$ ,  $M_{xy}$ .

Nel calcolo degli involuipi viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli involuipi dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

## 10) MODELLAZIONE SCALINATA

La modellazione della struttura è stata eseguita tramite il software di calcolo agli elementi finiti Mastersap 2020 prodotto dalla società AMV.

Nel modello sono stati introdotti tutti i dati relativi alle caratteristiche geometriche della struttura comprese le fondazioni.

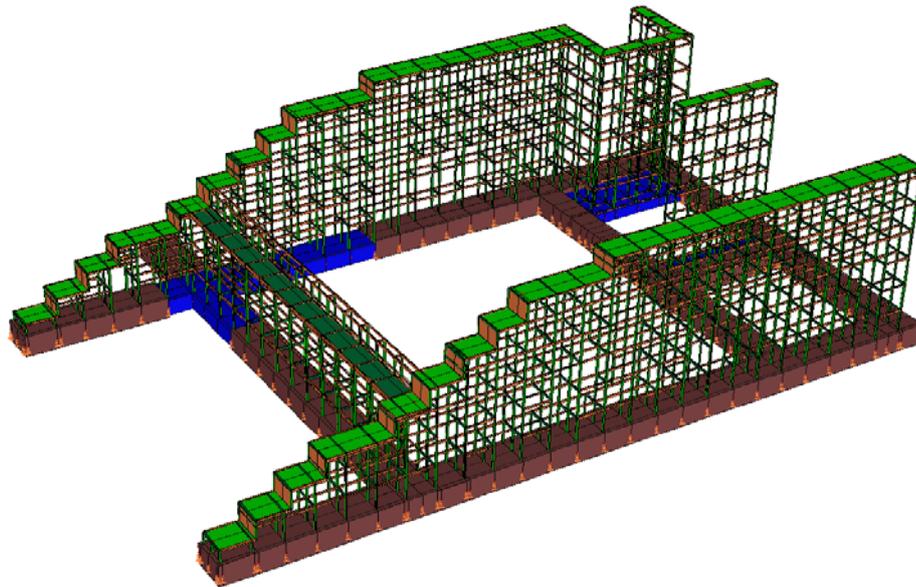
Sono stati implementati i materiali con le loro caratteristiche meccaniche e i carichi agenti sulla costruzione.

Il terreno di fondazione, in questa fase di progettazione, è stato implementato con una simulazione a molle con costante elastica pari a  $5000 \text{ KN/m}^3$ .

Nelle porzioni di fondazione corrispondenti alla presenza della volta interrata non sono state applicate costanti di sottosuolo, in modo tale da simulare un comportamento “a trave di elevazione” e non a trave appoggiata direttamente sul suolo: questa modellazione avrà riscontro dal punto di vista esecutivo di cantiere attraverso l’apposizione di un foglio di polistirolo tra il terreno e l’intradosso della trave di fondazione, per evitarne l’insistenza sulla volta, dimensionato in funzione dello spostamento massimo riscontrato nella struttura in cemento armato.

La struttura del piano di calpestio in xlam è stata implementata nel modello di calcolo sotto forma di azioni gravitazionali applicate sulle piastre in acciaio che sormontano i montanti, considerando che sarà semplicemente appoggiata alla struttura portante in acciaio. Per la verifica dell’orizzontamento in xlam si rimanda alla relazione di calcolo esecutiva che sarà redatta dalla ditta specializzata.

*Vista 3D del modello strutturale*



## 11) CALCOLO DELLA MASSA PARTECIPANTE SCALINATA

*Sono state implementate 20 frequenze in modo tale da poter ottenere una percentuale della massa eccitata maggiore dell'85% come da Normativa.*

### TABELLA MASSE ECCITATE

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Periodo principale	T1	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+8.82e-01	+1.31e+02	45	7	+eX
Direzione Y	+1.05e+00	+1.18e+02	41	4	+eX
Direzione Z	+0.00e+00	+0.00e+00	0	0	--

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MASSE ECCITATE PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Analisi	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz. Z	%
+eX	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0
-eX	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0
+eY	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0
-eY	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX

#### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	4.003e+000	6.371e-001	1.570e+000	0.000e+000
2	4.436e+000	7.061e-001	1.416e+000	0.000e+000
3	4.901e+000	7.800e-001	1.282e+000	0.000e+000
4	5.985e+000	9.525e-001	1.050e+000	0.000e+000
5	6.233e+000	9.920e-001	1.008e+000	0.000e+000
6	6.570e+000	1.046e+000	9.564e-001	0.000e+000
7	7.119e+000	1.133e+000	8.825e-001	0.000e+000
8	8.856e+000	1.409e+000	7.095e-001	0.000e+000
9	1.009e+001	1.605e+000	6.229e-001	0.000e+000
10	1.337e+001	2.128e+000	4.699e-001	0.000e+000
11	1.790e+001	2.848e+000	3.511e-001	0.000e+000

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
12	1.863e+001	2.964e+000	3.373e-001	0.000e+000
13	1.997e+001	3.178e+000	3.147e-001	0.000e+000
14	2.142e+001	3.409e+000	2.933e-001	0.000e+000
15	2.181e+001	3.472e+000	2.880e-001	2.138e-030
16	2.335e+001	3.717e+000	2.690e-001	0.000e+000
17	2.577e+001	4.102e+000	2.438e-001	3.562e-026
18	3.207e+001	5.105e+000	1.959e-001	1.520e-018
19	3.487e+001	5.549e+000	1.802e-001	2.869e-014
20	3.605e+001	5.738e+000	1.743e-001	1.933e-011

### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-1.821e-11	-4.870e+00
2	4.874e+00	-1.817e-11
3	7.697e-12	-2.258e-11
4	-9.023e-01	-1.085e+01
5	3.515e-02	6.866e+00
6	-9.081e+00	1.440e+00
7	1.143e+01	2.907e-01
8	-2.524e-01	2.276e+00
9	2.524e-01	-9.705e-01
10	-1.174e-01	-7.197e+00
11	1.351e-03	1.789e-01
12	1.642e-01	3.671e+00
13	-2.465e-02	-2.062e+00
14	-4.114e+00	8.294e-01
15	-4.143e+00	-4.014e-01
16	-6.054e-01	-1.440e+00
17	7.753e-02	-6.718e-02
18	1.776e+00	3.992e-02
19	-6.933e-01	3.496e-01
20	-2.980e-01	2.138e-02

### MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+1.88e-31	0
Progressiva	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+1.88e-31	0
Modo: 2	+2.38e+01	8	+3.30e-22	0	+6.86e-34	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+1.89e-31	0
Modo: 3	+5.93e-23	0	+5.10e-22	0	+1.08e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+1.90e-31	0
Modo: 4	+8.14e-01	0	+1.18e+02	41	+1.12e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.41e+02	50	+1.12e-03	0
Modo: 5	+1.24e-03	0	+4.71e+01	17	+5.06e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.89e+02	66	+6.17e-03	0
Modo: 6	+8.25e+01	29	+2.07e+00	1	+2.10e-05	0
Progressiva	+1.07e+02	38	+1.91e+02	67	+6.19e-03	0
Modo: 7	+1.31e+02	46	+8.45e-02	0	+3.24e-05	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.91e+02	67	+6.23e-03	0
Modo: 8	+6.37e-02	0	+5.18e+00	2	+1.16e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.96e+02	69	+7.38e-03	0
Modo: 9	+6.37e-02	0	+9.42e-01	0	+1.10e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+1.97e+02	69	+8.48e-03	0
Modo: 10	+1.38e-02	0	+5.18e+01	18	+4.31e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+8.91e-03	0
Modo: 11	+1.83e-06	0	+3.20e-02	0	+3.11e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+1.20e-02	0
Modo: 12	+2.69e-02	0	+1.35e+01	5	+1.60e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.62e+02	92	+1.36e-02	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 13	+6.07e-04	0	+4.25e+00	1	+6.30e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.66e+02	94	+1.42e-02	0
Modo: 14	+1.69e+01	6	+6.88e-01	0	+2.07e-03	0
Progressiva	+2.55e+02	89	+2.67e+02	94	+1.63e-02	0
Modo: 15	+1.72e+01	6	+1.61e-01	0	+1.14e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	95	+2.67e+02	94	+1.74e-02	0
Modo: 16	+3.66e-01	0	+2.07e+00	1	+2.97e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.04e-02	0
Modo: 17	+6.01e-03	0	+4.51e-03	0	+1.28e-04	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.06e-02	0
Modo: 18	+3.15e+00	1	+1.59e-03	0	+1.80e-04	0
Progressiva	+2.75e+02	97	+2.69e+02	95	+2.07e-02	0
Modo: 19	+4.81e-01	0	+1.22e-01	0	+4.89e-03	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+2.56e-02	0
Modo: 20	+8.88e-02	0	+4.57e-04	0	+1.80e-02	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+2.85e+02	+2.85e+02	+2.85e+02

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EX

### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	4.003e+000	6.371e-001	1.570e+000	0.000e+000
2	4.436e+000	7.061e-001	1.416e+000	0.000e+000
3	4.901e+000	7.800e-001	1.282e+000	0.000e+000
4	5.985e+000	9.525e-001	1.050e+000	0.000e+000
5	6.233e+000	9.920e-001	1.008e+000	0.000e+000
6	6.570e+000	1.046e+000	9.564e-001	0.000e+000
7	7.119e+000	1.133e+000	8.825e-001	0.000e+000
8	8.856e+000	1.409e+000	7.095e-001	0.000e+000
9	1.009e+001	1.605e+000	6.229e-001	0.000e+000
10	1.337e+001	2.128e+000	4.699e-001	0.000e+000
11	1.790e+001	2.848e+000	3.511e-001	0.000e+000
12	1.863e+001	2.964e+000	3.373e-001	0.000e+000
13	1.997e+001	3.178e+000	3.147e-001	0.000e+000
14	2.142e+001	3.409e+000	2.933e-001	0.000e+000
15	2.181e+001	3.472e+000	2.880e-001	2.138e-030
16	2.335e+001	3.717e+000	2.690e-001	0.000e+000
17	2.577e+001	4.102e+000	2.438e-001	3.562e-026
18	3.207e+001	5.105e+000	1.959e-001	1.520e-018
19	3.487e+001	5.549e+000	1.802e-001	2.869e-014
20	3.605e+001	5.738e+000	1.743e-001	1.933e-011

### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-1.822e-11	-4.870e+00
2	4.874e+00	-1.818e-11
3	7.685e-12	-2.258e-11
4	-9.023e-01	-1.085e+01
5	3.515e-02	6.866e+00
6	-9.081e+00	1.440e+00
7	1.143e+01	2.907e-01
8	-2.524e-01	2.276e+00
9	2.524e-01	-9.705e-01
10	-1.174e-01	-7.197e+00
11	1.351e-03	1.789e-01

Modo	Direz.X	Direz.Y
12	1.642e-01	3.671e+00
13	-2.465e-02	-2.062e+00
14	-4.114e+00	8.294e-01
15	-4.143e+00	-4.014e-01
16	-6.054e-01	-1.440e+00
17	7.753e-02	-6.718e-02
18	1.776e+00	3.992e-02
19	-6.933e-01	3.496e-01
20	-2.980e-01	2.138e-02

### MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+2.31e-31	0
Progressiva	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+2.31e-31	0
Modo: 2	+2.38e+01	8	+3.30e-22	0	+1.27e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+2.32e-31	0
Modo: 3	+5.91e-23	0	+5.10e-22	0	+3.58e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+2.36e-31	0
Modo: 4	+8.14e-01	0	+1.18e+02	41	+1.12e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.41e+02	50	+1.12e-03	0
Modo: 5	+1.24e-03	0	+4.71e+01	17	+5.06e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.89e+02	66	+6.17e-03	0
Modo: 6	+8.25e+01	29	+2.07e+00	1	+2.10e-05	0
Progressiva	+1.07e+02	38	+1.91e+02	67	+6.19e-03	0
Modo: 7	+1.31e+02	46	+8.45e-02	0	+3.24e-05	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.91e+02	67	+6.23e-03	0
Modo: 8	+6.37e-02	0	+5.18e+00	2	+1.16e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.96e+02	69	+7.38e-03	0
Modo: 9	+6.37e-02	0	+9.42e-01	0	+1.10e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+1.97e+02	69	+8.48e-03	0
Modo: 10	+1.38e-02	0	+5.18e+01	18	+4.31e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+8.91e-03	0
Modo: 11	+1.83e-06	0	+3.20e-02	0	+3.11e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+1.20e-02	0
Modo: 12	+2.69e-02	0	+1.35e+01	5	+1.60e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.62e+02	92	+1.36e-02	0
Modo: 13	+6.07e-04	0	+4.25e+00	1	+6.30e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.66e+02	94	+1.42e-02	0
Modo: 14	+1.69e+01	6	+6.88e-01	0	+2.07e-03	0
Progressiva	+2.55e+02	89	+2.67e+02	94	+1.63e-02	0
Modo: 15	+1.72e+01	6	+1.61e-01	0	+1.14e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	95	+2.67e+02	94	+1.74e-02	0
Modo: 16	+3.66e-01	0	+2.07e+00	1	+2.97e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.04e-02	0
Modo: 17	+6.01e-03	0	+4.51e-03	0	+1.28e-04	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.06e-02	0
Modo: 18	+3.15e+00	1	+1.59e-03	0	+1.80e-04	0
Progressiva	+2.75e+02	97	+2.69e+02	95	+2.07e-02	0
Modo: 19	+4.81e-01	0	+1.22e-01	0	+4.89e-03	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+2.56e-02	0
Modo: 20	+8.88e-02	0	+4.57e-04	0	+1.80e-02	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+2.85e+02	+2.85e+02	+2.85e+02

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EY

## FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	4.003e+000	6.371e-001	1.570e+000	0.000e+000
2	4.436e+000	7.061e-001	1.416e+000	0.000e+000
3	4.901e+000	7.800e-001	1.282e+000	0.000e+000
4	5.985e+000	9.525e-001	1.050e+000	0.000e+000
5	6.233e+000	9.920e-001	1.008e+000	0.000e+000
6	6.570e+000	1.046e+000	9.564e-001	0.000e+000
7	7.119e+000	1.133e+000	8.825e-001	0.000e+000
8	8.856e+000	1.409e+000	7.095e-001	0.000e+000
9	1.009e+001	1.605e+000	6.229e-001	0.000e+000
10	1.337e+001	2.128e+000	4.699e-001	0.000e+000
11	1.790e+001	2.848e+000	3.511e-001	0.000e+000
12	1.863e+001	2.964e+000	3.373e-001	0.000e+000
13	1.997e+001	3.178e+000	3.147e-001	0.000e+000
14	2.142e+001	3.409e+000	2.933e-001	0.000e+000
15	2.181e+001	3.472e+000	2.880e-001	2.138e-030
16	2.335e+001	3.717e+000	2.690e-001	0.000e+000
17	2.577e+001	4.102e+000	2.438e-001	3.562e-026
18	3.207e+001	5.105e+000	1.959e-001	1.520e-018
19	3.487e+001	5.549e+000	1.802e-001	2.869e-014
20	3.605e+001	5.738e+000	1.743e-001	1.933e-011

## COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-1.824e-11	-4.870e+00
2	4.874e+00	-1.820e-11
3	7.669e-12	-2.258e-11
4	-9.023e-01	-1.085e+01
5	3.515e-02	6.866e+00
6	-9.081e+00	1.440e+00
7	1.143e+01	2.907e-01
8	-2.524e-01	2.276e+00
9	2.524e-01	-9.705e-01
10	-1.174e-01	-7.197e+00
11	1.351e-03	1.789e-01
12	1.642e-01	3.671e+00
13	-2.465e-02	-2.062e+00
14	-4.114e+00	8.294e-01
15	-4.143e+00	-4.014e-01
16	-6.054e-01	-1.440e+00
17	7.753e-02	-6.718e-02
18	1.776e+00	3.992e-02
19	-6.933e-01	3.496e-01
20	-2.980e-01	2.138e-02

## MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+3.33e-22	0	+2.37e+01	8	+2.20e-31	0
Progressiva	+3.33e-22	0	+2.37e+01	8	+2.20e-31	0
Modo: 2	+2.38e+01	8	+3.31e-22	0	+2.59e-34	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+2.20e-31	0
Modo: 3	+5.88e-23	0	+5.10e-22	0	+1.25e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+2.22e-31	0
Modo: 4	+8.14e-01	0	+1.18e+02	41	+1.12e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.41e+02	50	+1.12e-03	0
Modo: 5	+1.24e-03	0	+4.71e+01	17	+5.06e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.89e+02	66	+6.17e-03	0
Modo: 6	+8.25e+01	29	+2.07e+00	1	+2.10e-05	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Progressiva	+1.07e+02	38	+1.91e+02	67	+6.19e-03	0
Modo: 7	+1.31e+02	46	+8.45e-02	0	+3.24e-05	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.91e+02	67	+6.23e-03	0
Modo: 8	+6.37e-02	0	+5.18e+00	2	+1.16e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.96e+02	69	+7.38e-03	0
Modo: 9	+6.37e-02	0	+9.42e-01	0	+1.10e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+1.97e+02	69	+8.48e-03	0
Modo: 10	+1.38e-02	0	+5.18e+01	18	+4.31e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+8.91e-03	0
Modo: 11	+1.83e-06	0	+3.20e-02	0	+3.11e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+1.20e-02	0
Modo: 12	+2.69e-02	0	+1.35e+01	5	+1.60e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.62e+02	92	+1.36e-02	0
Modo: 13	+6.07e-04	0	+4.25e+00	1	+6.30e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.66e+02	94	+1.42e-02	0
Modo: 14	+1.69e+01	6	+6.88e-01	0	+2.07e-03	0
Progressiva	+2.55e+02	89	+2.67e+02	94	+1.63e-02	0
Modo: 15	+1.72e+01	6	+1.61e-01	0	+1.14e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	95	+2.67e+02	94	+1.74e-02	0
Modo: 16	+3.66e-01	0	+2.07e+00	1	+2.97e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.04e-02	0
Modo: 17	+6.01e-03	0	+4.51e-03	0	+1.28e-04	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.06e-02	0
Modo: 18	+3.15e+00	1	+1.59e-03	0	+1.80e-04	0
Progressiva	+2.75e+02	97	+2.69e+02	95	+2.07e-02	0
Modo: 19	+4.81e-01	0	+1.22e-01	0	+4.89e-03	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+2.56e-02	0
Modo: 20	+8.88e-02	0	+4.57e-04	0	+1.80e-02	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+2.85e+02	+2.85e+02	+2.85e+02

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EY

### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	4.003e+000	6.371e-001	1.570e+000	0.000e+000
2	4.436e+000	7.061e-001	1.416e+000	0.000e+000
3	4.901e+000	7.800e-001	1.282e+000	0.000e+000
4	5.985e+000	9.525e-001	1.050e+000	0.000e+000
5	6.233e+000	9.920e-001	1.008e+000	0.000e+000
6	6.570e+000	1.046e+000	9.564e-001	0.000e+000
7	7.119e+000	1.133e+000	8.825e-001	0.000e+000
8	8.856e+000	1.409e+000	7.095e-001	0.000e+000
9	1.009e+001	1.605e+000	6.229e-001	0.000e+000
10	1.337e+001	2.128e+000	4.699e-001	0.000e+000
11	1.790e+001	2.848e+000	3.511e-001	0.000e+000
12	1.863e+001	2.964e+000	3.373e-001	0.000e+000
13	1.997e+001	3.178e+000	3.147e-001	0.000e+000
14	2.142e+001	3.409e+000	2.933e-001	0.000e+000
15	2.181e+001	3.472e+000	2.880e-001	2.138e-030
16	2.335e+001	3.717e+000	2.690e-001	0.000e+000
17	2.577e+001	4.102e+000	2.438e-001	3.562e-026
18	3.207e+001	5.105e+000	1.959e-001	1.520e-018
19	3.487e+001	5.549e+000	1.802e-001	2.869e-014
20	3.605e+001	5.738e+000	1.743e-001	1.933e-011

## COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-1.822e-11	-4.870e+00
2	4.874e+00	-1.816e-11
3	7.672e-12	-2.259e-11
4	-9.023e-01	-1.085e+01
5	3.515e-02	6.866e+00
6	-9.081e+00	1.440e+00
7	1.143e+01	2.907e-01
8	-2.524e-01	2.276e+00
9	2.524e-01	-9.705e-01
10	-1.174e-01	-7.197e+00
11	1.351e-03	1.789e-01
12	1.642e-01	3.671e+00
13	-2.465e-02	-2.062e+00
14	-4.114e+00	8.294e-01
15	-4.143e+00	-4.014e-01
16	-6.054e-01	-1.440e+00
17	7.753e-02	-6.718e-02
18	1.776e+00	3.992e-02
19	-6.933e-01	3.496e-01
20	-2.980e-01	2.138e-02

## MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+1.95e-31	0
Progressiva	+3.32e-22	0	+2.37e+01	8	+1.95e-31	0
Modo: 2	+2.38e+01	8	+3.30e-22	0	+2.89e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+1.98e-31	0
Modo: 3	+5.89e-23	0	+5.10e-22	0	+1.32e-33	0
Progressiva	+2.38e+01	8	+2.37e+01	8	+1.99e-31	0
Modo: 4	+8.14e-01	0	+1.18e+02	41	+1.12e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.41e+02	50	+1.12e-03	0
Modo: 5	+1.24e-03	0	+4.71e+01	17	+5.06e-03	0
Progressiva	+2.46e+01	9	+1.89e+02	66	+6.17e-03	0
Modo: 6	+8.25e+01	29	+2.07e+00	1	+2.10e-05	0
Progressiva	+1.07e+02	38	+1.91e+02	67	+6.19e-03	0
Modo: 7	+1.31e+02	46	+8.45e-02	0	+3.24e-05	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.91e+02	67	+6.23e-03	0
Modo: 8	+6.37e-02	0	+5.18e+00	2	+1.16e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	83	+1.96e+02	69	+7.38e-03	0
Modo: 9	+6.37e-02	0	+9.42e-01	0	+1.10e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+1.97e+02	69	+8.48e-03	0
Modo: 10	+1.38e-02	0	+5.18e+01	18	+4.31e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+8.91e-03	0
Modo: 11	+1.83e-06	0	+3.20e-02	0	+3.11e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.49e+02	87	+1.20e-02	0
Modo: 12	+2.69e-02	0	+1.35e+01	5	+1.60e-03	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.62e+02	92	+1.36e-02	0
Modo: 13	+6.07e-04	0	+4.25e+00	1	+6.30e-04	0
Progressiva	+2.38e+02	84	+2.66e+02	94	+1.42e-02	0
Modo: 14	+1.69e+01	6	+6.88e-01	0	+2.07e-03	0
Progressiva	+2.55e+02	89	+2.67e+02	94	+1.63e-02	0
Modo: 15	+1.72e+01	6	+1.61e-01	0	+1.14e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	95	+2.67e+02	94	+1.74e-02	0
Modo: 16	+3.66e-01	0	+2.07e+00	1	+2.97e-03	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.04e-02	0
Modo: 17	+6.01e-03	0	+4.51e-03	0	+1.28e-04	0
Progressiva	+2.72e+02	96	+2.69e+02	95	+2.06e-02	0
Modo: 18	+3.15e+00	1	+1.59e-03	0	+1.80e-04	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Progressiva	+2.75e+02	97	+2.69e+02	95	+2.07e-02	0
Modo: 19	+4.81e-01	0	+1.22e-01	0	+4.89e-03	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+2.56e-02	0
Modo: 20	+8.88e-02	0	+4.57e-04	0	+1.80e-02	0
Progressiva	+2.76e+02	97	+2.69e+02	95	+4.36e-02	0

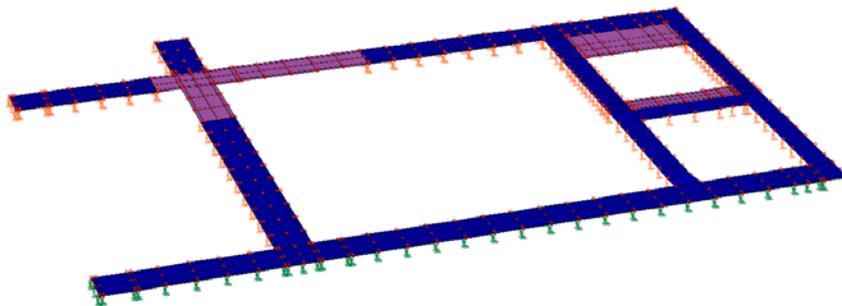
#### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+2.85e+02	+2.85e+02	+2.85e+02

## 12) ANALISI E VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE TRAVI DI FONDAZIONE SCALINATA

La verifica delle fondazioni è stata eseguita sia per quanto concerne l'aspetto geotecnico rappresentato dalla capacità portante sia per l'aspetto di verifica strutturale.

Come già esposto, nelle porzioni di fondazione corrispondenti alla presenza della volta interrata non sono state applicate costanti di sottosuolo, in modo tale da simulare un comportamento "a trave di elevazione" e non a trave appoggiata sul suolo: questa modellazione avrà riscontro dal punto di vista esecutivo di cantiere attraverso l'apposizione di un foglio di polistirolo tra il terreno e l'intradosso della trave di fondazione, per evitarne l'interazione.



Gli elementi colorati di rosa non sono stati modellati come "elementi piastra", di conseguenza non è stata a loro assegnata nessuna costante di winkler.

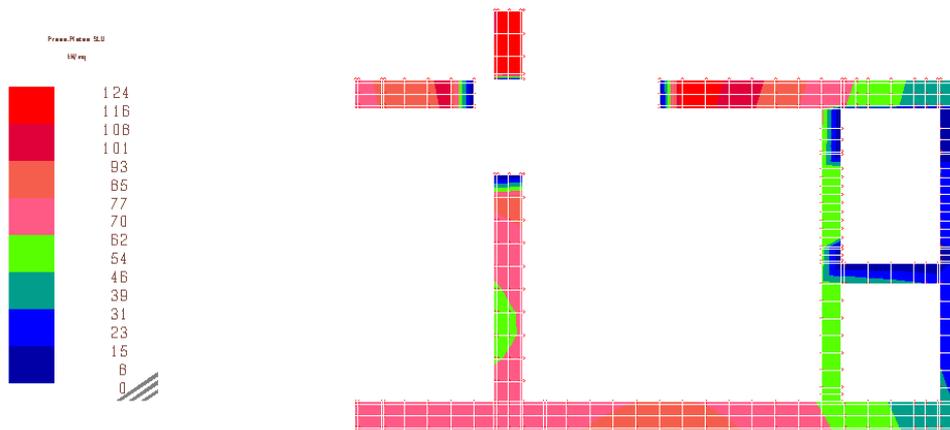
Gli elementi in blu invece sono stati modellati come "elementi platea" ed ad essi è stata assegnata una costante di sottosuolo pari a 0.5 kg/cm<sup>2</sup>

#### Verifica di capacità portante nel caso AIM1

Dall'analisi si determina che la fondazione è soggetta a una pressione massima di:

124 KN/m<sup>2</sup>

#### Pressioni al suolo



Pressioni al suolo [KN/m<sup>2</sup>]

I parametri geotecnici che verranno utilizzati per il calcolo sono quelli relativi alla *coltre detritica rimaneggiata frammista a riporti*:

$$\gamma'_{\text{geo}} = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$c'_{\text{geo}} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi'_{\text{geo}} = 21^\circ$$

Le verifiche verranno eseguite sia secondo l'approccio 2:

Approccio 2: dinamica A1+M1+R1

Statica A1+M1+R3

**Caratteristiche geotecniche del terreno:**

Peso specifico terreno:	19000	N/m <sup>3</sup>	Cu, coesione:	0.000	N/mm <sup>2</sup>
Angolo di attrito:	21.00	gradi	Profondità di posa:	60.0	cm
Angolo di attrito terreno-fondazione	14.00	gradi	Adesione terreno-fondazione:	0.001	N/mm <sup>2</sup>

**Metodo di calcolo della capacità portante:**

Criterio di: **Meyerhof**

**Coefficienti sismici globali:**

Coefficiente sismico [khiX]:	0.099
Coefficiente sismico [khiY]:	0.099
Coefficiente sismico [khk]:	0.019

Tipo fondazione: **platea**

Area: **625800** cmq

Lato medio: **791** cm

Fattore di riduzione (Bowles) ry: **0.851**, Base ridotta B': **673** cm

Combinazione: **1** Descrizione: **Dinamica** azione sismica **PRESENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio:	1.00
Coesione efficace:	1.00
Resistenza non drenata:	1.00
Peso dell'unita' di volume:	1.00

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  di sicurezza per le verifiche SLU**

Capacità portante:	1.00
Scorrimento:	1.00

Fattore Ng:	7.26	Fattore Nc:	16.01	Fattore N $\gamma$ :	3.68
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	0.88	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	0.88	Fatt. inclinazione del carico [iyX]:	0.68
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	0.88	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	0.88	Fatt. inclinazione del carico [iyY]:	0.68

Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma  
 [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.01 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita'  
 [dy]: 1.01  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.98 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.70 Coefficiente correttivo  
 [eyiY]: 0.70

**Verifica della capacità portante**

QUlt (sisma in dir.X): 236.674 kN/m<sup>2</sup>  
 QUlt (sisma in dir.Y): 236.674 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 85.673 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.36

**Verifica a scorrimento**

Carico orizzontale in dir.X agente sulla fondazione: 229.00 kN  
 Carico orizzontale in dir.Y agente sulla fondazione: 229.00 kN  
 Carico verticale agente sulla fondazione: 2324.45 kN  
 Forza resistente per attrito: 642.13 kN  
 Indice di resistenza: 0.36

Combinazione: 2 Descrizione: **Statica** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00  
 Coesione efficace: 1.00  
 Resistenza non drenata: 1.00  
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  di sicurezza per le verifiche SLU**

Capacita' portante: 2.30  
 Scorrimento: 1.10

Fattore Nq: 7.26 Fattore Nc: 16.01 Fattore Ny: 3.68  
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.01 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.01  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

**Verifica della capacità portante**

QUlt: 322.160 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 131.540 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.94

Combinazione: 3 Descrizione: **Rara** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00  
 Coesione efficace: 1.00  
 Resistenza non drenata: 1.00  
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore Nq: 7.26 Fattore Nc: 16.01 Fattore Ny: 3.68  
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.01 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.01  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

**Verifica della capacità portante**

QUlt: 322.160 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 95.245 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.89

Combinazione: 4 Descrizione: **Frequente** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00  
 Coesione efficace: 1.00  
 Resistenza non drenata: 1.00  
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore  $N_q$ : 7.26 Fattore  $N_c$ : 16.01 Fattore  $N_\gamma$ : 3.68  
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.01 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.01  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

**Verifica della capacità portante**

QUlt: 322.160 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 83.665 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.78

Combinazione: 5 Descrizione: **Quasi permanente** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00  
 Coesione efficace: 1.00  
 Resistenza non drenata: 1.00  
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore  $N_q$ : 7.26 Fattore  $N_c$ : 16.01 Fattore  $N_\gamma$ : 3.68  
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.01 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.01  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

**Verifica della capacità portante**

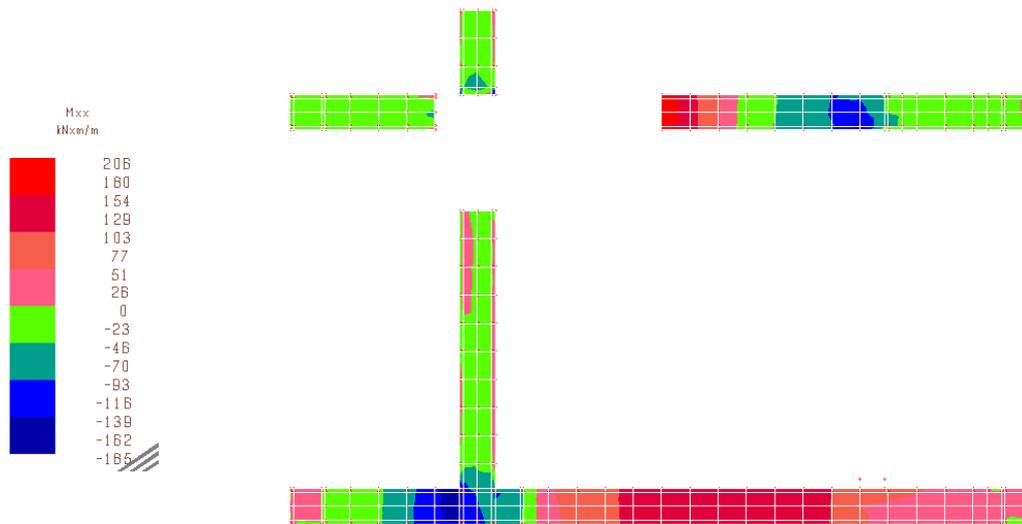
QUlt: 322.160 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 79.805 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.74

### 13) ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE 100X60

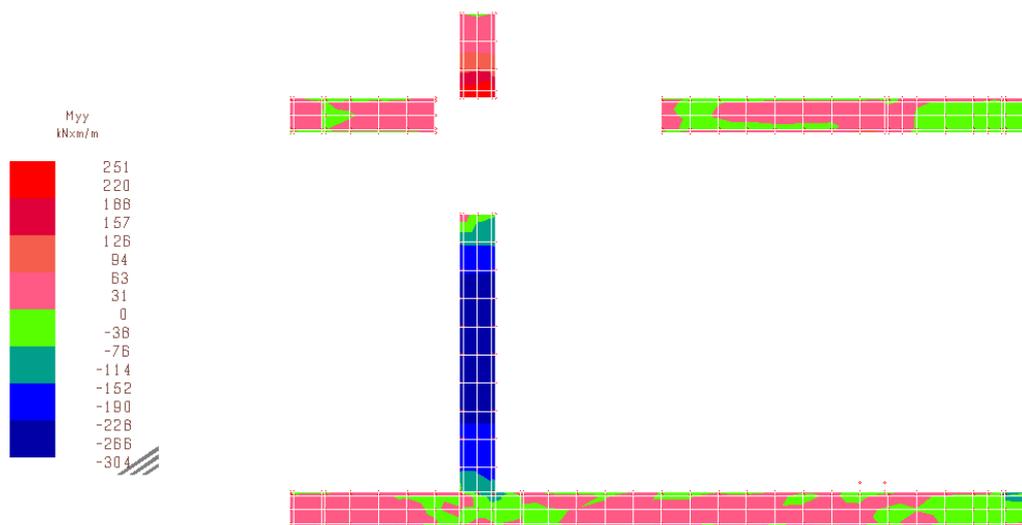
#### STATO LIMITE SLU-SPETTRO SLV- VERIFICA DI RESISTENZA

Le travi di fondazione avranno una sezione di 100x60cm e saranno armate longitudinalmente con 8Ø18 al lembo superiore e 8Ø18 al lembo inferiore e con staffe chiuse a quattro braccia Ø8/15cm in corrispondenza degli incorci con le altre travi e con staffe chiuse a due braccia Ø8/20cm altrove

#### SOLLECITAZIONI



**Inviluppo del Momento unitario lungo x Mxx [KNm/m]**



**Inviluppo del Momento unitario lungo y Myy [KNm/m]**

Riassunto delle massime sollecitazioni:

Momento direz. x-x:  $M_{xx}^+ = + 206.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{xx}^- = - 185.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Momento direz. y-y:  $M_{yy}^+ = + 251.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{yy}^- = - 304.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICA DELLA SEZIONE**

La verifica verrà eseguita con il massimo momento flettente nella sezione di larghezza unitaria.

## MOMENTO RESISTENTE

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

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

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	20,36	4
			2	20,36	54

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>Ed</sub> 409,3 kNm

Materiali

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{cu}$	2 ‰
$f_{yk}$	391,3 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	3,5
$E_s$	200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cc}$	14,17
$E_s/E_s$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,9
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{cc}$	0,6
		$\tau_{c1}$	1,829

$\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  35,72 ‰  
d 54 cm  
x 4,819 x/d 0,08925  
s 0,7

Metodo di calcolo  
 S. I. II  S. I. III  
 Metodo n

Tipo Sezione  
 Rettang. re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

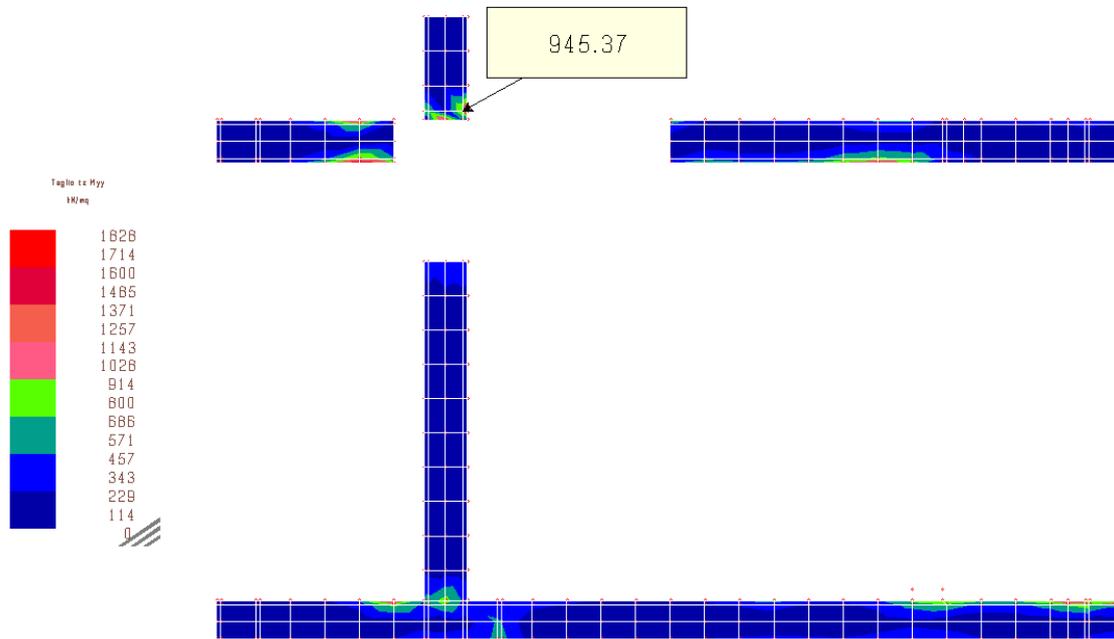
Calcolo MRd  
 Rett.  Deviato  
 N° rett. 100  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

$$M_{Rd}^+ = + 409.30 \text{ kN}\cdot\text{m/m} > + 304.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \text{ VERIFICATO}$$

## VERIFICA A TAGLIO DELLE TRAVI DI FONDAZIONE

La massima sollecitazione di taglio:



Involuppo della tensione tangenziale [KN/mq]

La massima sollecitazione di taglio, assunto un valore medio calcolato sulla larghezza di un metro e ad una distanza pari a “d” (altezza utile della sezione) dal valore puntuale massimo vale:

$$V_{Ed} = 945 \times 1.00 \times 0.60 = 567 \text{ kN}$$

La zona di incrocio tra le travi di fondazione, che risulterà quella più sollecitata alle azioni di taglio, verrà armata con staffe a 4 braccia  $\varnothing 8/15\text{cm}$ . Si rimanda all’elaborato grafico di progetto per la disposizione delle armature trasversali

#### VERIFICA A TAGLIO - DM 17.01.2018

(verifica condotta secondo il punto 4.1.2.1.3.2)

Caratteristiche della sezione :

b =	1000	mm
h =	600	mm
c =	40	mm
d =	560	mm
Asw =	200	mm <sup>2</sup>
s =	150	mm
$\alpha =$	90	→ Cotg $\alpha = 0$
$\theta =$	21,8	→ Cotg $\theta = 2,5$
$\alpha_c =$	1	

Caratteristiche dei materiali :

fck =	25	Mpa
fcd =	14,17	Mpa
fcd' =	7,08	Mpa
fyk =	450	Mpa
fyd =	391,30	Mpa

Taglio sollecitante:                      kN

#### Resistenza a taglio trazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 657,44 \text{ kN}$$

#### Resistenza a taglio compressione:

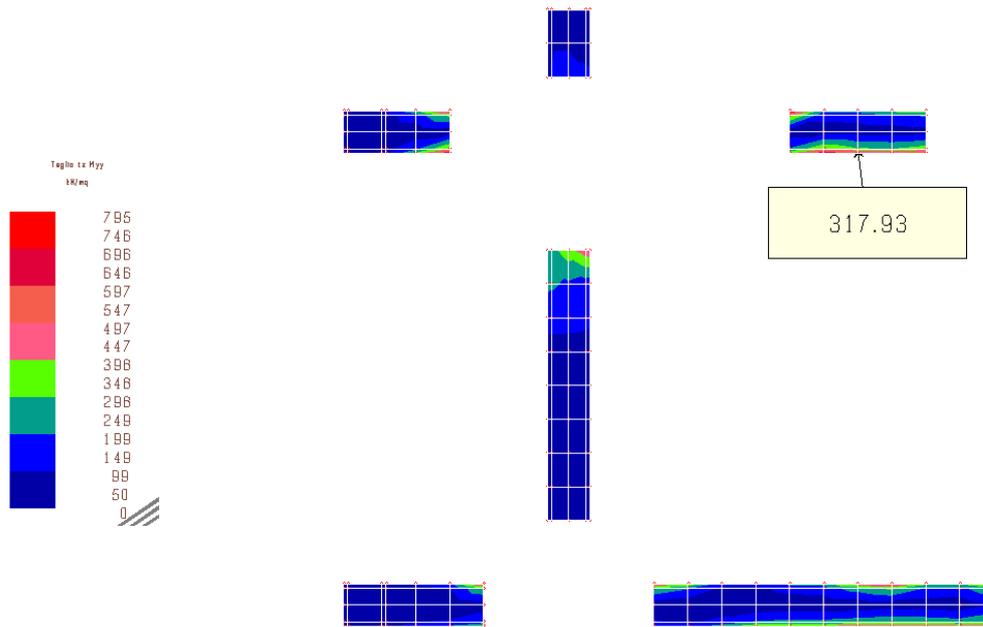
$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$$

$$V_{Rcd} = 1230,97 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd}) \rightarrow \boxed{V_{Rd} = 657,44 \text{ kN}} > V_{Ed} \quad \text{VERIFICATO}$$

Vengono ora riportati gli elementi che saranno armati con staffe a due braccia  $\varnothing 8/20\text{cm}$



La massima sollecitazione di taglio, assunto un valore medio calcolato sulla larghezza di un metro e ad una distanza pari a “d” (altezza utile della sezione) dal valore puntuale massimo vale:

$$V_{Ed} = 318 \times 1.00 \times 0.60 = 191 \text{ kN}$$

### VERIFICA A TAGLIO - DM 17.01.2018

(verifica condotta secondo il punto 4.1.2.1.3.2)

Caratteristiche della sezione :

$b = 1000$  mm  
 $h = 600$  mm  
 $c = 40$  mm  
 $d = 560$  mm  
 $A_{sw} = 100$  mm<sup>2</sup>  
 $s = 200$  mm  
 $\alpha = 90 \rightarrow \text{Cotg } \alpha = 0$   
 $\theta = 21,8 \rightarrow \text{Cotg } \theta = 2,5$   
 $\alpha_c = 1$

Caratteristiche dei materiali :

$f_{ck} = 25$  Mpa  
 $f_{cd} = 14,17$  Mpa  
 $f_{cd}' = 7,08$  Mpa  
 $f_{yk} = 450$  Mpa  
 $f_{yd} = 391,30$  Mpa

Taglio sollecitante:                      kN

Resistenza a taglio trazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 246,54 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio compressione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$$

$$V_{Rcd} = 1230,97 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

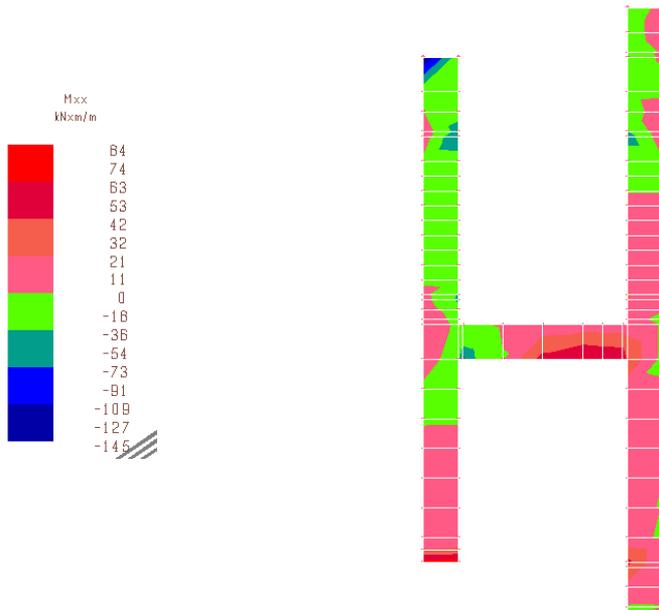
$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd}) \rightarrow \boxed{V_{Rd} = 246,54 \text{ kN}} > V_{Ed} \quad \underline{\underline{\text{VERIFICATO}}}$$

## 14) ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE 70X60

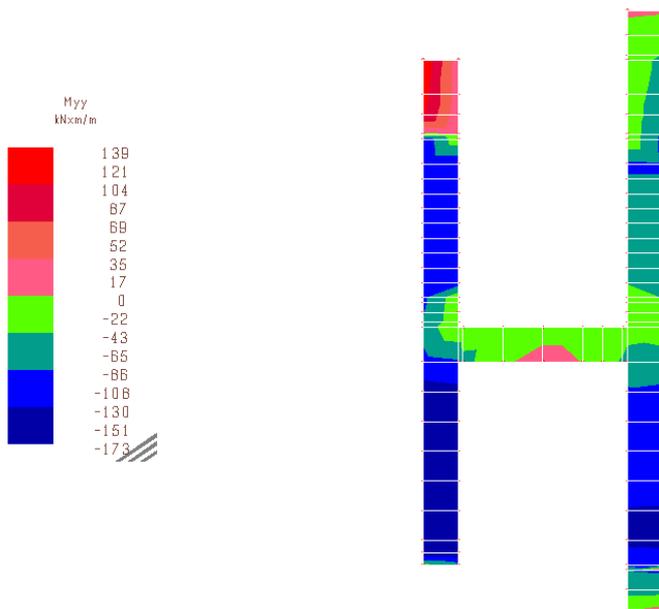
### STATO LIMITE SLU-SPETTRO SLV- VERIFICA DI RESISTENZA

Le travi di fondazione avranno una sezione di 70x60cm e saranno armate longitudinalmente con 7Ø18 al lembo superiore e 7Ø18 al lembo inferiore e con staffe chiuse a due braccia Ø8/20cm

### SOLLECITAZIONI



**Inviluppo del Momento unitario lungo x Mxx [KNm/m]**



**Inviluppo del Momento unitario lungo y Myy [KNm/m]**

Riassunto delle massime sollecitazioni:

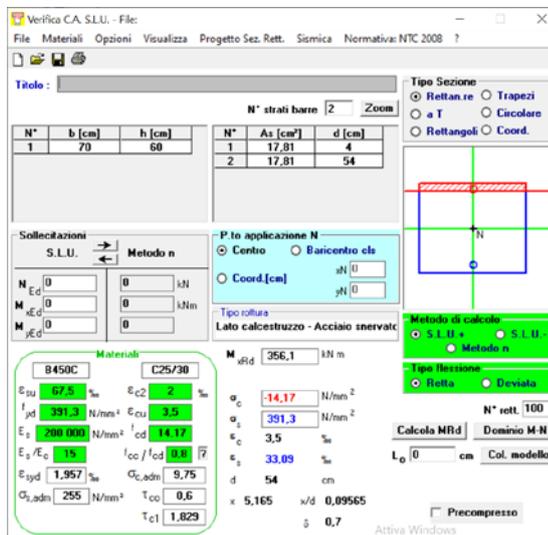
Momento direz. x-x:  $M_{xx}^+ = + 84.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{xx}^- = - 145.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Momento direz. y-y:  $M_{yy}^+ = + 139.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{yy}^- = - 173.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICA DELLA SEZIONE**

La verifica verrà eseguita con il massimo momento flettente nella sezione di larghezza unitaria.

MOMENTO RESISTENTE

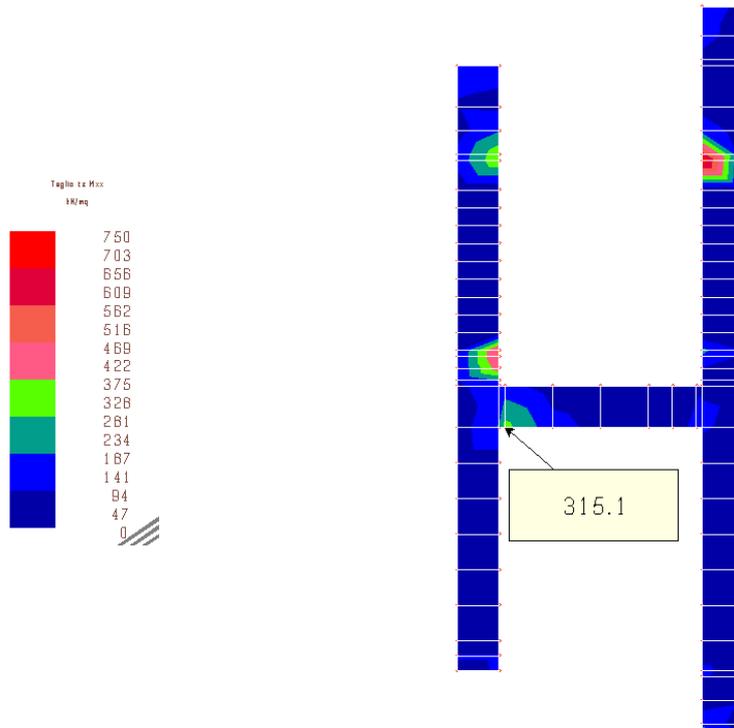


$M_{Rd}^+ = 356 \text{ kN}\cdot\text{m/m} > 173.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICATO**

## VERIFICA A TAGLIO DELLE TRAVI DI FONDAZIONE

La massima sollecitazione di taglio:



**Involuppo della tensione tangenziale [kN/mq]**

La massima sollecitazione di taglio, assunto un valore medio calcolato sulla larghezza di un metro e ad una distanza pari a “d” (altezza utile della sezione) dal valore puntuale massimo vale:

$$V_{Ed} = 316 \times 1.00 \times 0.60 = 190 \text{ kN}$$

## VERIFICA A TAGLIO - DM 17.01.2018

(verifica condotta secondo il punto 4.1.2.1.3.2)

Caratteristiche della sezione :

b =	700	mm
h =	600	mm
c =	40	mm
d =	560	mm
A <sub>sw</sub> =	100	mm <sup>2</sup>
s =	200	mm
α =	90	→ Cotg α = 0
θ =	21,8	→ Cotg θ = 2,5
α <sub>c</sub> =	1	

Caratteristiche dei materiali :

f <sub>ck</sub> =	25	Mpa
f <sub>cd</sub> =	14,17	Mpa
f <sub>cd'</sub> =	7,08	Mpa
f <sub>yk</sub> =	450	Mpa
f <sub>yd</sub> =	391,30	Mpa

Taglio sollecitante:                      kN

Resistenza a taglio trazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 246,54 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio compressione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$$

$$V_{Rcd} = 861,68 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

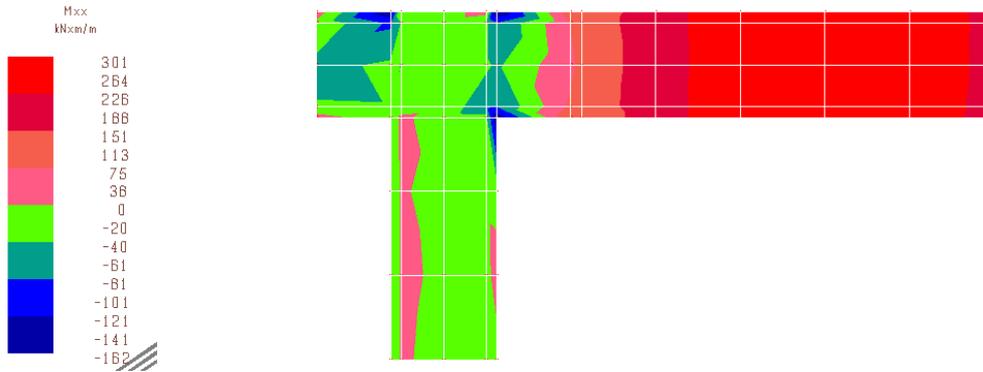
$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd}) \quad \rightarrow \quad \boxed{V_{Rd} = 246,54 \text{ kN}} \quad > \quad V_{Ed} \quad \underline{\underline{VERIFICATO}}$$

## 15) ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI IN CORRISPONDENZA DELLE VOLTE INTERRATE

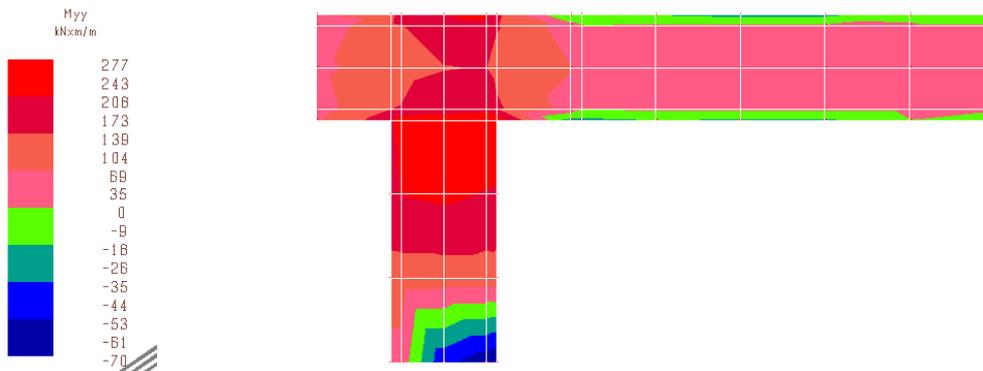
### STATO LIMITE SLU-SPETTRO SLV- VERIFICA DI RESISTENZA

Le travi eseguite in corrispondenza delle volte interrato avranno una larghezza di 100cm e altezza variabile dai 30 ai 40cm (cautelativamente la verifica strutturale sarà eseguita utilizzando l'altezza minore) e saranno armate longitudinalmente con 11Ø20 al lembo superiore e 11Ø20 al lembo inferiore e con staffe chiuse a quattro braccia Ø8/15cm

### SOLLECITAZIONI



**Inviluppo del Momento unitario lungo x Mxx [KNm/m]**



**Inviluppo del Momento unitario lungo y Myy [KNm/m]**

Riassunto delle massime sollecitazioni:

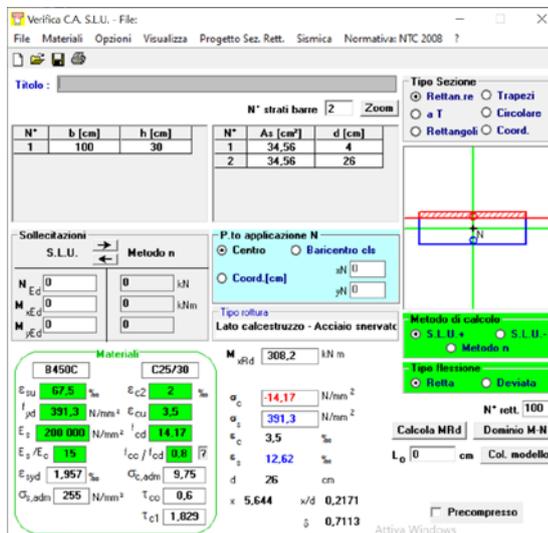
Momento direz. x-x:  $M_{xx}^+ = + 301.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{xx}^- = - 162.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Momento direz. y-y:  $M_{yy}^+ = + 277.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{yy}^- = - 70.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICA DELLA SEZIONE**

La verifica verrà eseguita con il massimo momento flettente nella sezione di larghezza unitaria.

MOMENTO RESISTENTE

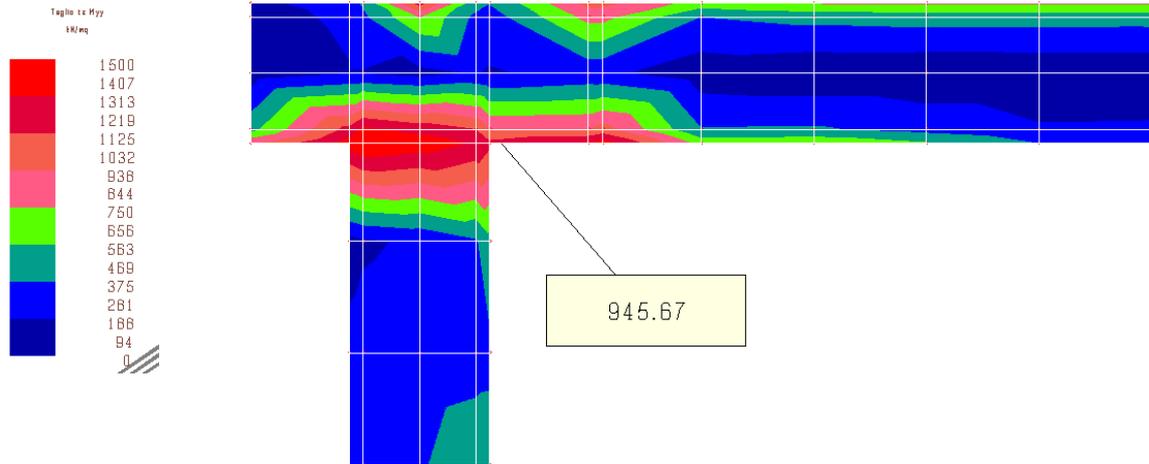


$M_{Rd}^+ = 308 \text{ kN}\cdot\text{m/m} > 301.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICATO**

## VERIFICA A TAGLIO DELLE TRAVI DI FONDAZIONE

La massima sollecitazione di taglio:



### **Involuppo della tensione tangenziale [KN/mq]**

La massima sollecitazione di taglio, assunto un valore medio calcolato sulla larghezza di un metro e ad una distanza pari a “d” (altezza utile della sezione) dal valore puntuale massimo vale:

$$V_{Ed} = 945 \times 1.00 \times 0.30 = 283 \text{ kN}$$

### VERIFICA A TAGLIO - DM 17.01.2018

(verifica condotta secondo il punto 4.1.2.1.3.2)

Caratteristiche della sezione :

b =	1000	mm
h =	300	mm
c =	40	mm
d =	260	mm
A <sub>sw</sub> =	200	mm <sup>2</sup>
s =	150	mm
α =	90	→ Cotg α = 0
θ =	21,8	→ Cotg θ = 2,5
α <sub>c</sub> =	1	

Caratteristiche dei materiali :

f <sub>ck</sub> =	25	Mpa
f <sub>cd</sub> =	14,17	Mpa
f <sub>cd'</sub> =	7,08	Mpa
f <sub>yk</sub> =	450	Mpa
f <sub>yd</sub> =	391,30	Mpa

Taglio sollecitante:                      kN

Resistenza a taglio trazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 305,24 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio compressione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$$

$$V_{Rcd} = 571,52 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

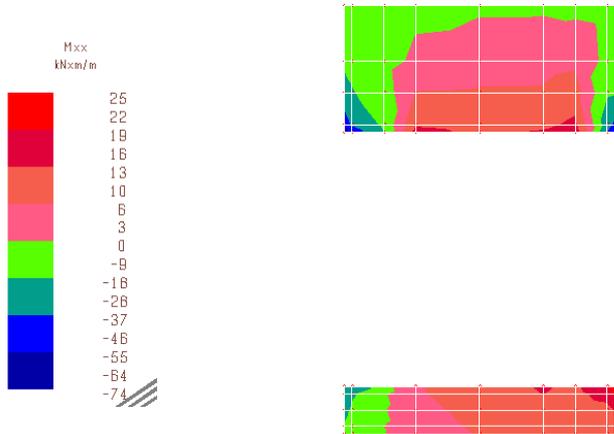
$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd}) \quad \rightarrow \quad \boxed{V_{Rd} = 305,24 \text{ kN}} \quad > \quad V_{Ed} \quad \underline{\underline{VERIFICATO}}$$

## 16) ANALISI E VERIFICA DELLA PLATEA ASCENSORE IN CORRISPONDENZA DELLE VOLTE INTERRATE

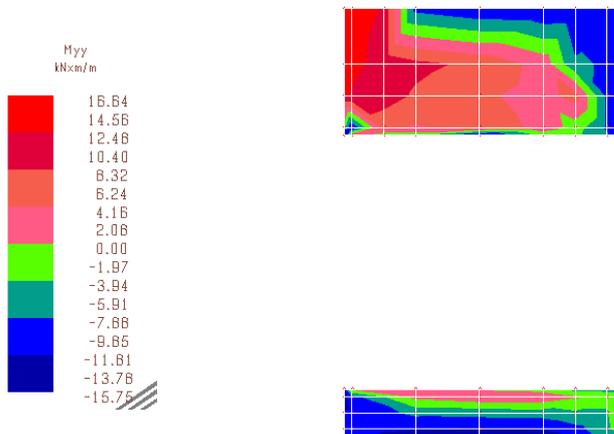
STATO LIMITE SLU-SPETTRO SLV- VERIFICA DI RESISTENZA

La porzione di platea del vano ascensore e la trave del montante centrale della struttura metallica saranno armate bidirezionalmente con 1Ø20/10 superiormente e inferiormente

### SOLLECITAZIONI



**Inviluppo del Momento unitario lungo x Mxx [KNm/m]**



**Inviluppo del Momento unitario lungo y Myy [KNm/m]**

Riassunto delle massime sollecitazioni:

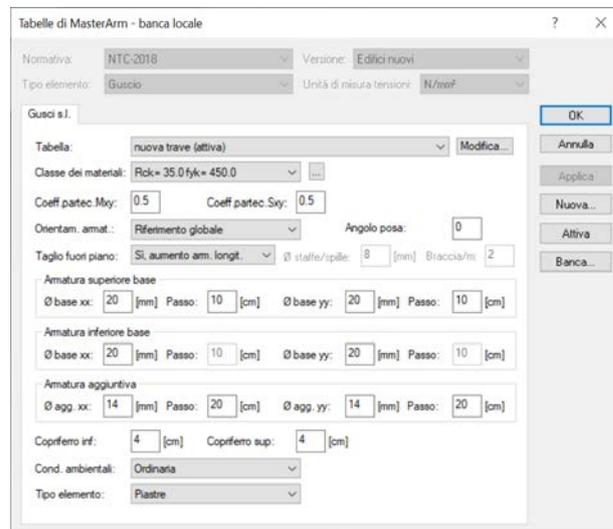
Momento direz. x-x:  $M_{xx}^+ = + 25.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{xx}^- = - 74.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Momento direz. y-y:  $M_{yy}^+ = + 16,64 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{yy}^- = - 15.75 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

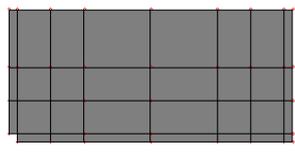
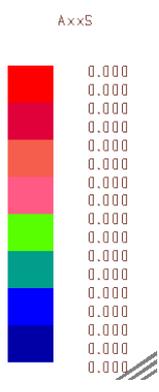
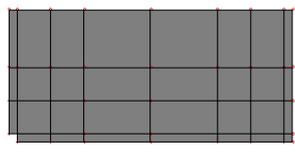
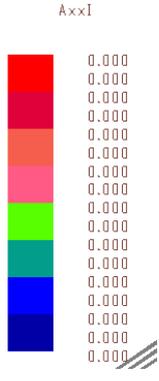
**VERIFICA DELLA SEZIONE**

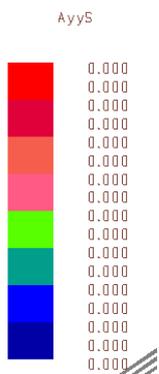
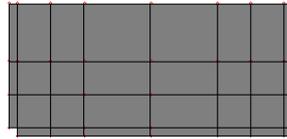
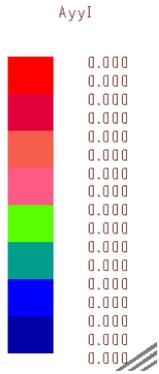
La verifica della sezione verrà eseguita direttamente con il post processore Master Arm.

Agli elementi guscio è stata assegnata la seguente tabella di verifica



A valle della verifica strutturale il programma individua con mappe a colori le zone in cui eventualmente infittire le armature. Come si può notare dalle successive schermate le armature ipotizzate nelle tabelle di verifica risultano sufficienti ad assolvere i requisiti strutturali allo stato limite ultimo.





## 17) ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA METALLICA DELLA SCALINATA STATO LIMITE SLU-SPETTRO SLV- VERIFICA DI RESISTENZA

La struttura metallica sarà composta da montanti verticali e traversi orizzontali realizzati con profili metallici scatolari di sezione trasversale 40x40x5mm in acciaio S355

L'analisi e la verifica delle strutture metalliche verrà eseguita mediante il post-processore di Mastersap, MasterSteelEc3 avendo implementato le seguenti tabelle di verifica:

***Per i montanti verticali:***

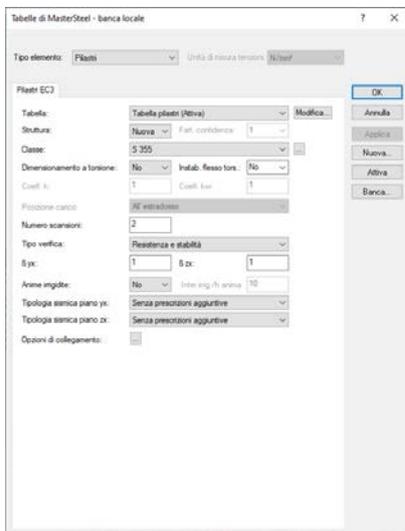


Tabella di MasterSteel - banca locale

Tipo elemento: **Platati**    Unità di misura tensione: **N/mm²**

Platati EC3

Tabella: **Tabella platati (Niva)**    Modifica

Struttura: **Nuova**    Fatt. confidenza: **1**

Classe: **S 355**

Dimensionamento a torsione: **No**    Instab. fessio tors.: **No**

Coef. k: **1**    Coef. k<sub>1</sub>: **1**

Posizione carico: **AF estradossa**

Numero scanaloni: **2**

Tipo verifica: **Resistenza e stabilità**

β<sub>yx</sub>: **1**    β<sub>yz</sub>: **1**

Anzine ingobbie: **No**    Inten. ing. n° anza: **10**

Tipologia senza piano yx: **Senza prescrizioni aggiuntive**

Tipologia senza piano yz: **Senza prescrizioni aggiuntive**

Opzioni di collegamento: **[ ]**

Buttons: **OK**, **Annulla**, **Applica**, **Nuova...**, **Altro**, **Banca...**

***Per i traversi orizzontali:***

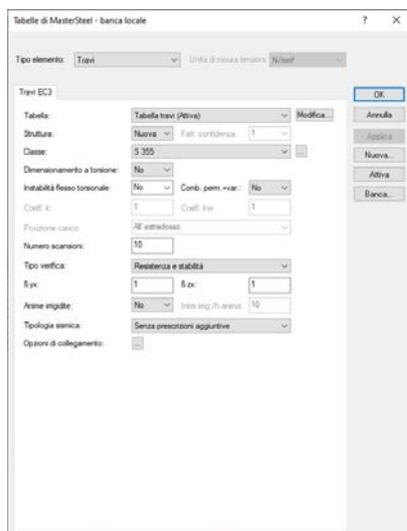


Tabella di MasterSteel - banca locale

Tipo elemento: **Travi**    Unità di misura tensione: **N/mm²**

Travi EC3

Tabella: **Tabella travi (Niva)**    Modifica

Struttura: **Nuova**    Fatt. confidenza: **1**

Classe: **S 355**

Dimensionamento a torsione: **No**

Instabilità fessio torsionale: **No**    Comb. perm. +-: **No**

Coef. k: **1**    Coef. k<sub>1</sub>: **1**

Posizione carico: **AF estradossa**

Numero scanaloni: **10**

Tipo verifica: **Resistenza e stabilità**

β<sub>yx</sub>: **1**    β<sub>yz</sub>: **1**

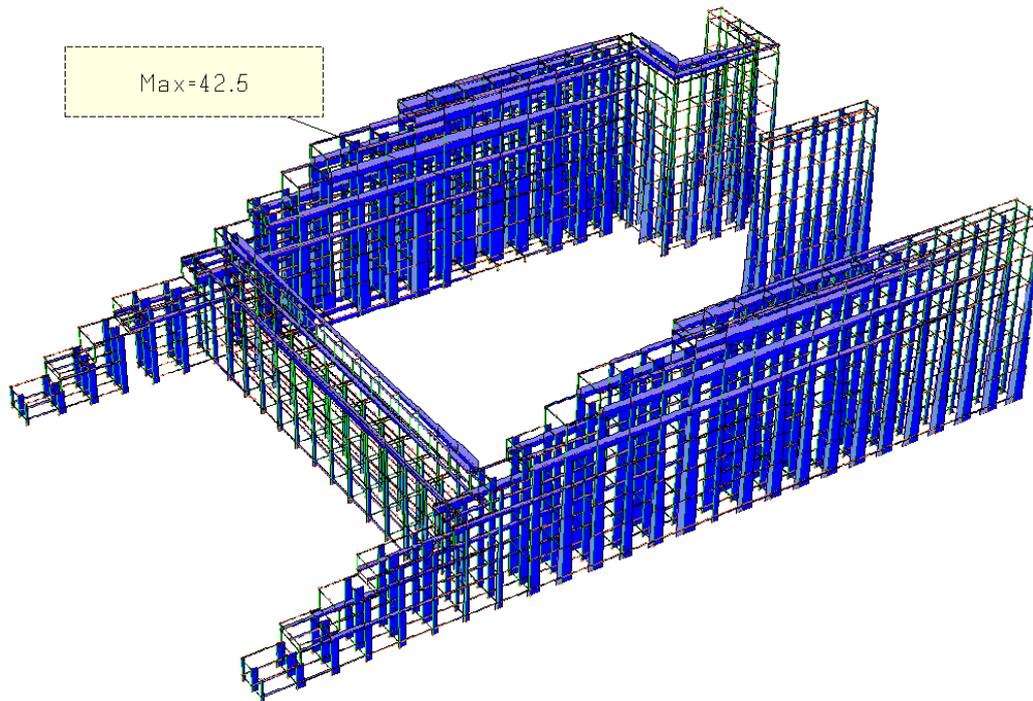
Anzine ingobbie: **No**    Inten. ing. n° anza: **10**

Tipologia senza piano yx: **Senza prescrizioni aggiuntive**

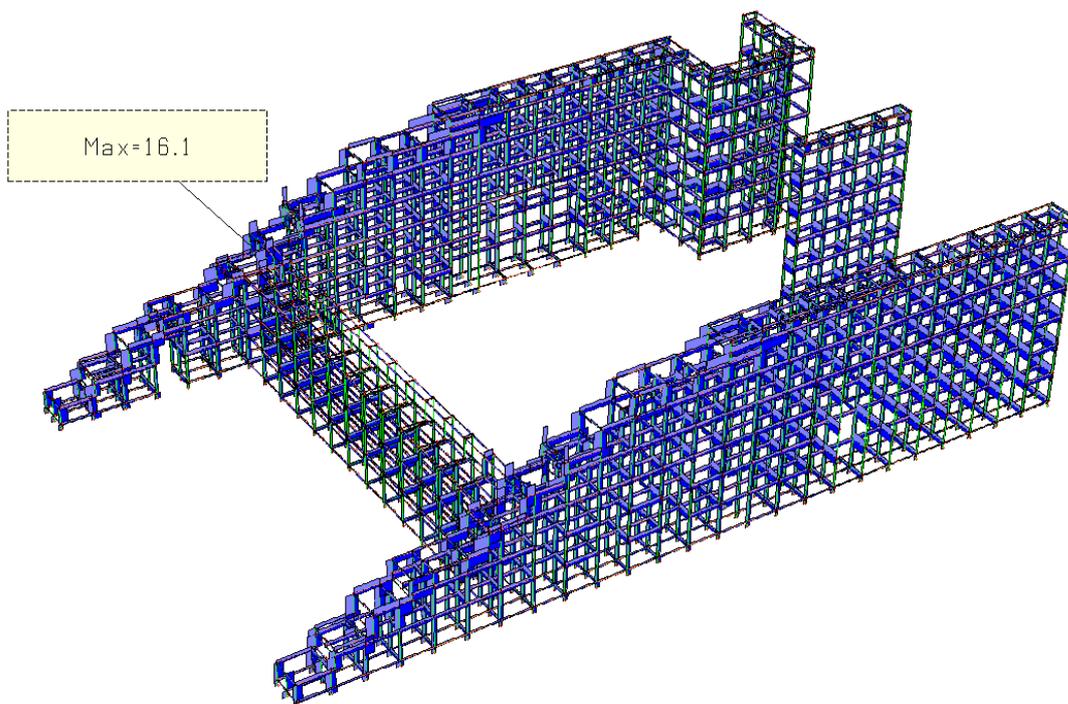
Opzioni di collegamento: **[ ]**

Buttons: **OK**, **Annulla**, **Applica**, **Nuova...**, **Altro**, **Banca...**

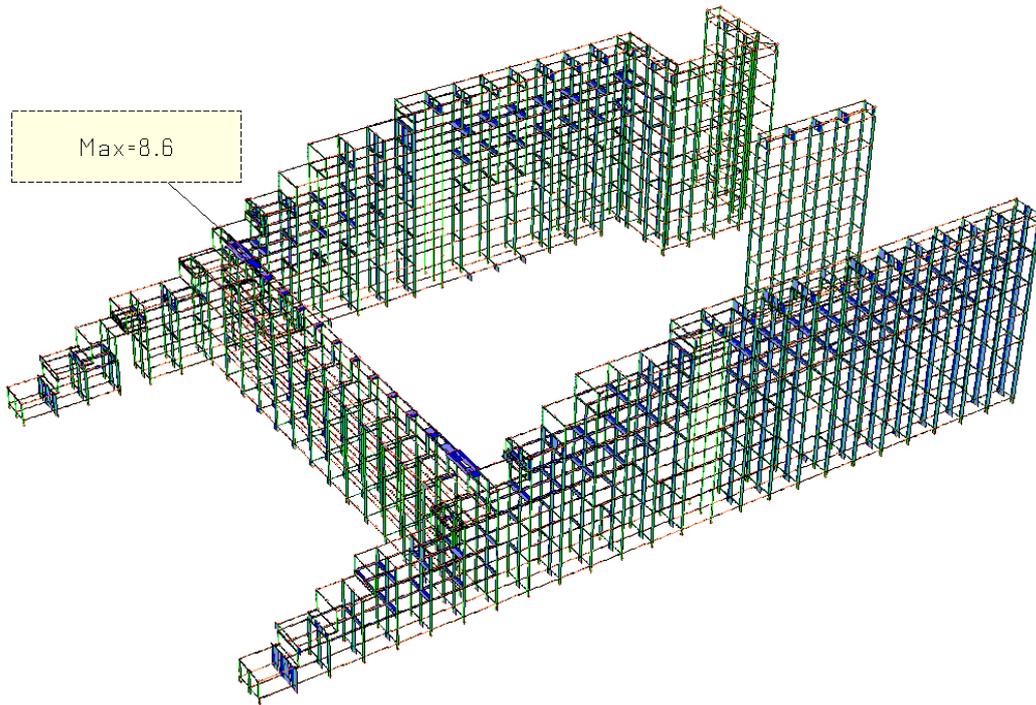
Vengono di seguito riportate le principali caratteristiche di sollecitazione ottenute in involucro e il tabulato di calcolo relativo alla verifica degli elementi strutturali ottenuto dal programma.



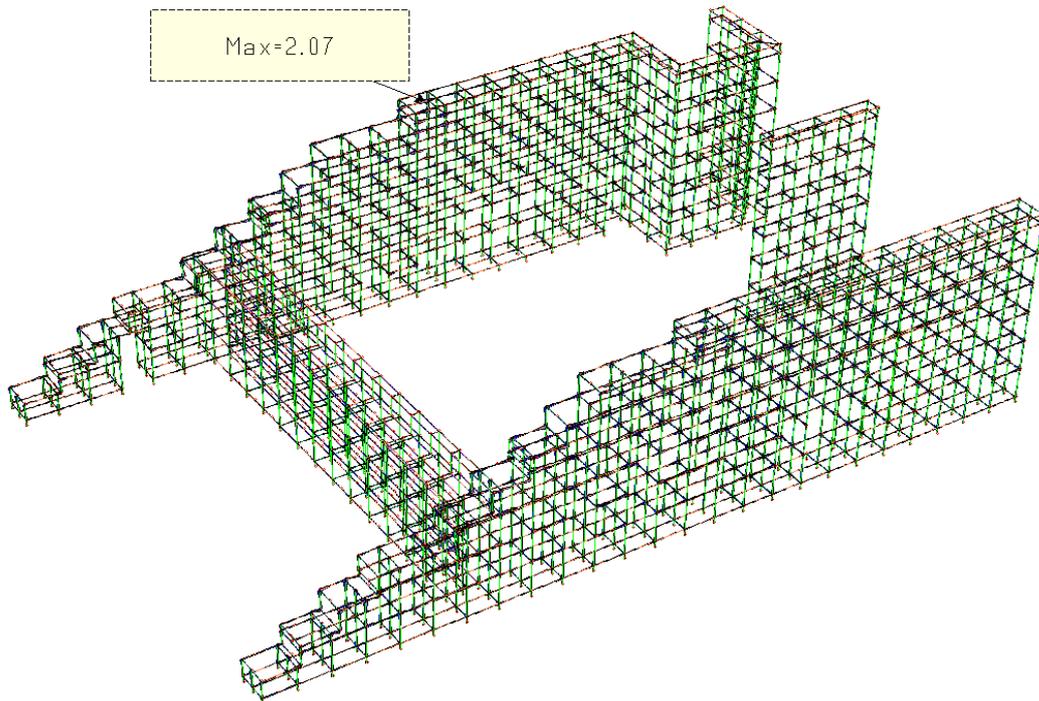
**Involuppo sollecitazione assiale Fx [KN]**



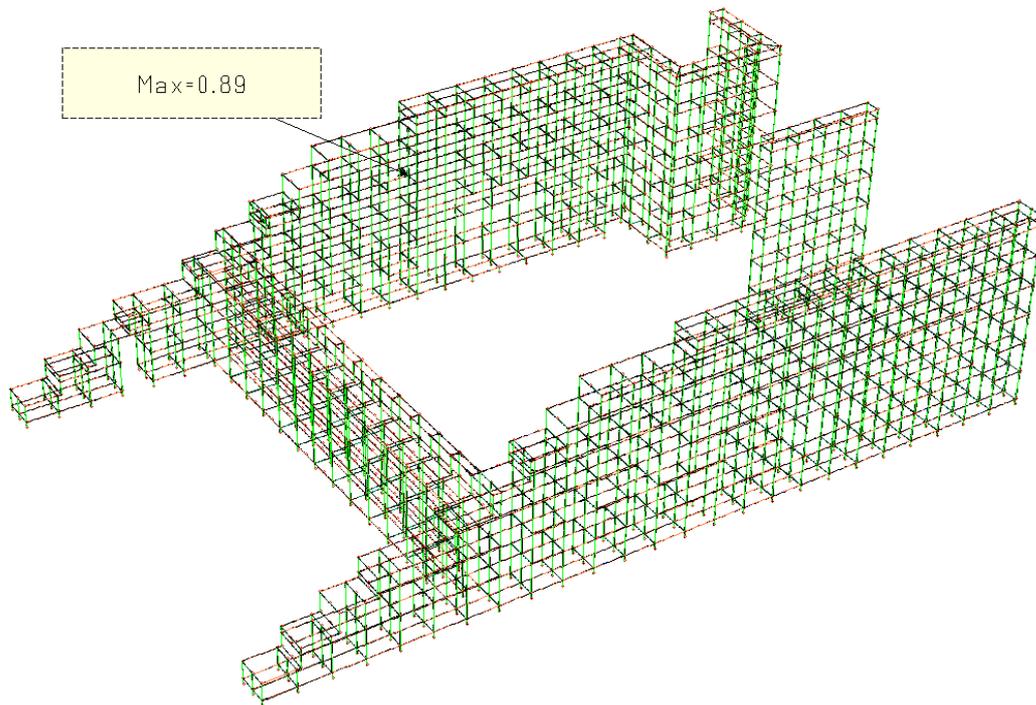
**Involuppo sollecitazione taglio Fy [KN]**



**Inviluppo sollecitazione taglio Fz [KN]**

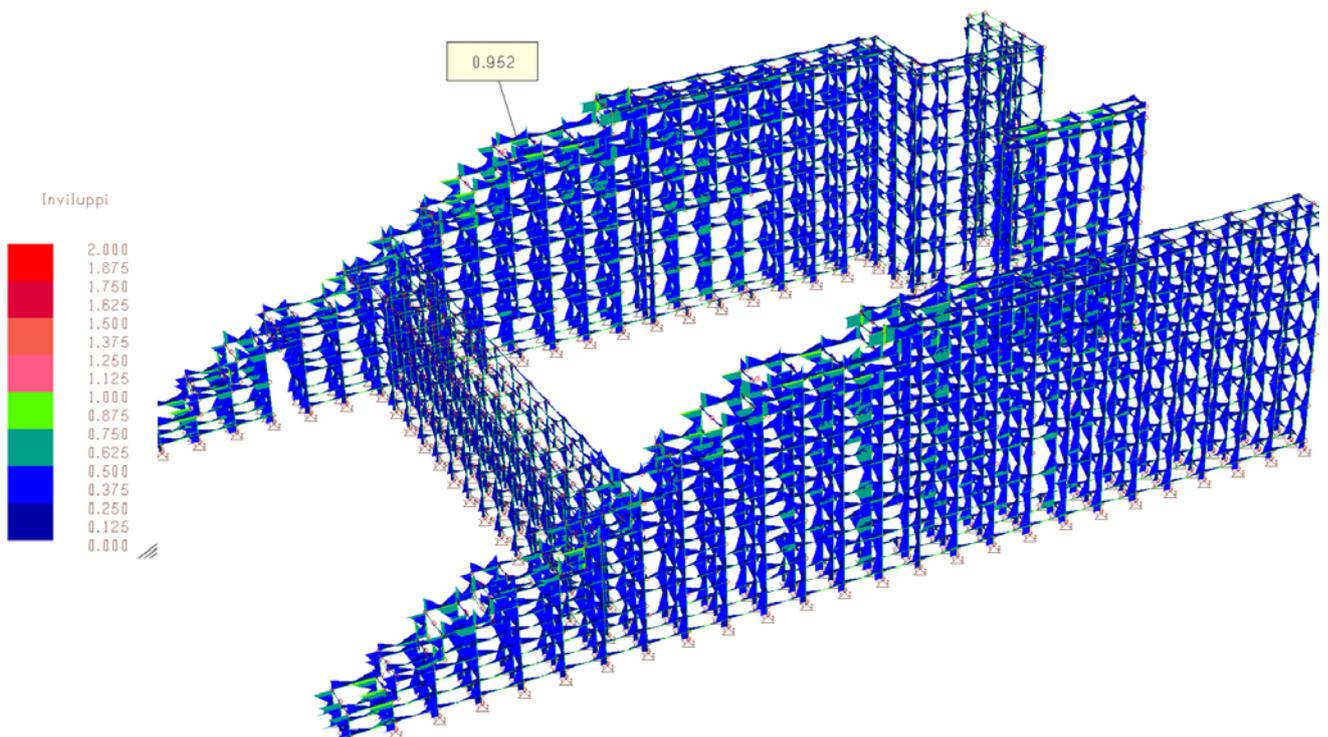


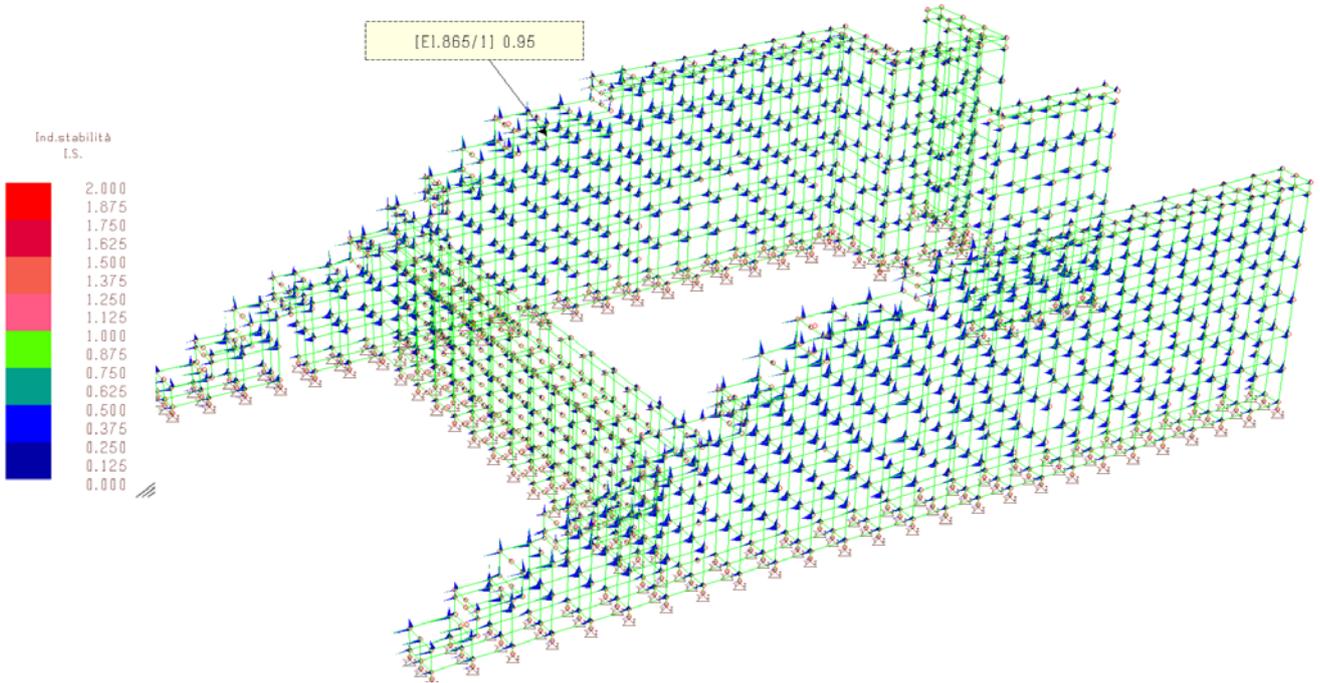
**Inviluppo sollecitazione momento flettente Mz [KNm]**



**Inviluppo sollecitazione momento flettente  $M_y$  [KNm]**

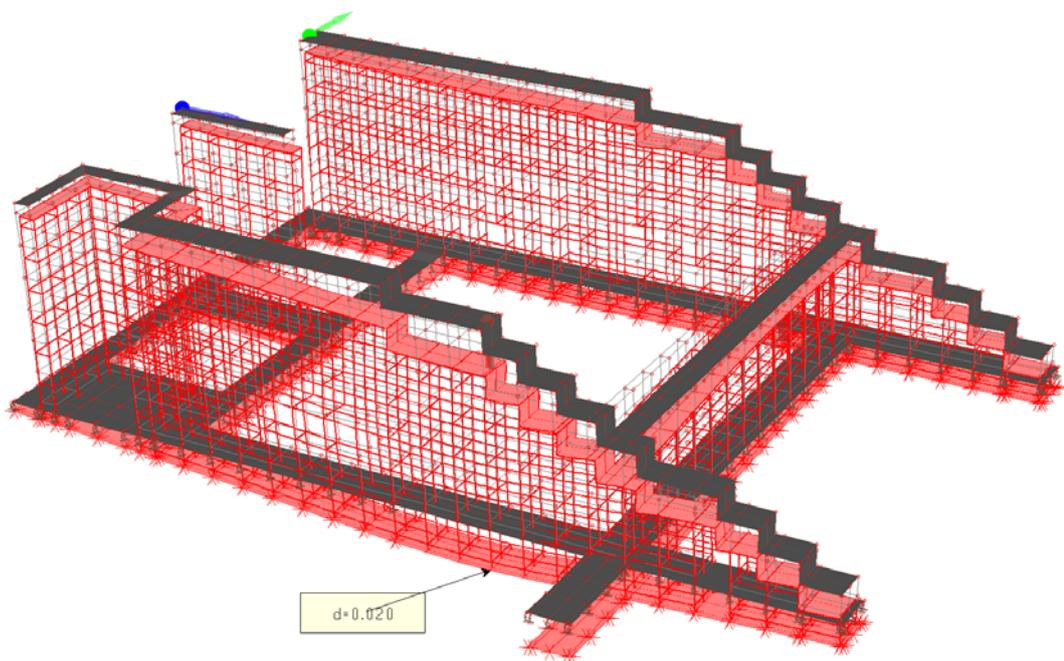
Vengono di seguito riportati i diagrammi relativi all'inviluppo degli indici di resistenza e stabilità calcolati dal post processore MasterSteelEc3.





Tutte le verifiche di resistenza e stabilità risultano soddisfatte.

STATO LIMITE DI ESERCIZIO SLE- CONDIZIONE RARA



Gli spostamenti verticali massimi localizzati in mezzaeria della trave di fondazione in corrispondenza delle volte interrato, risultano pari a 2 cm; di conseguenza è stata prevista l'apposizione di un foglio di polistirolo di 3cm di spessore tra il terreno di fondazione e il getto della trave, per evitarne un'interazione.

#### STATO LIMITE ESERCIZIO SLE-SPETTRO SLD- VERIFICA DI RESISTENZA

Le norme tecniche, come già esposto nei capitoli precedenti, essendo questa una struttura inquadrata come CU III, impongono l'esecuzione di una verifica di resistenza anche considerando lo spettro di risposta allo SLD. E' evidente come in questo caso le sue ordinate risultino decisamente inferiori rispetto a quelle dello SLV (questo è anche frutto dell'utilizzo unitario del fattore di struttura). In virtù di ciò, avendo verificato la struttura con lo spettro SLV si ritengono implicitamente soddisfatte anche le verifiche di resistenza allo SLD.

Nel caso in cui lo spettro SLD non fosse risultato sotteso allo spettro SLV (situazione probabile quando si utilizzano fattori di struttura medio alti  $q=3$   $q=4$ ) si dovrebbero eseguire le verifiche sulla struttura utilizzando il suddetto spettro ed assumendo le proprietà elastiche dei materiali.

#### STATO LIMITE ESERCIZIO SLE-SPETTRO SLO- VERIFICA DI RIGIDEZZA

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Per le CU I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano  $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r < 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

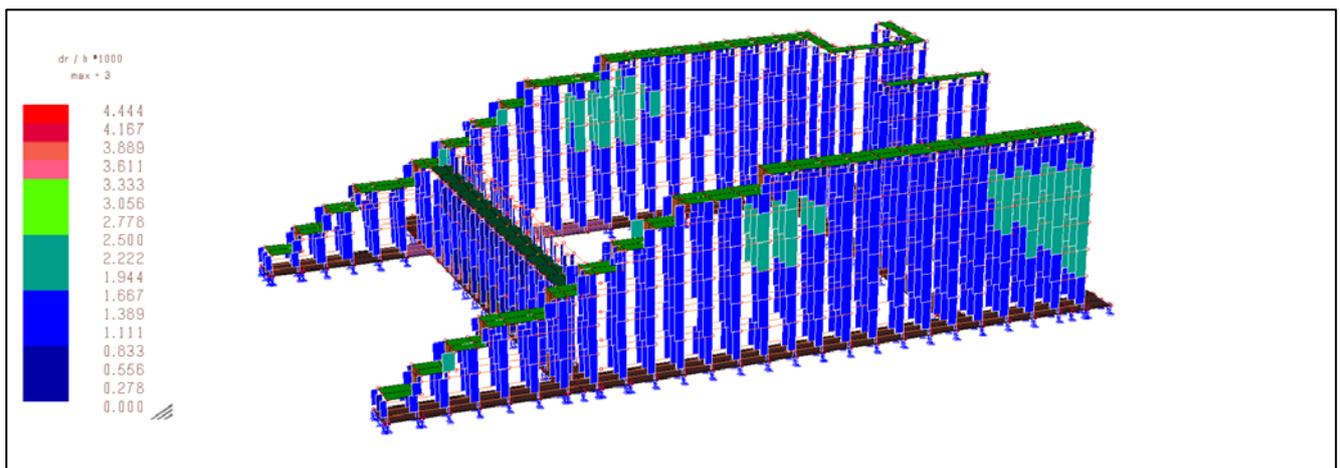
$d_r$  è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

$h$  è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a  $0,005 h$  (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutte le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

In questo caso la struttura portante in acciaio non ha tamponature, essendo lei stessa parte strutturale e di arredo. Tuttavia si è deciso di considerare come limite quello pari a  $0,005h$



## 18) MODELLAZIONE WUNDERKAMMER

La modellazione della struttura è stata eseguita tramite il software di calcolo agli elementi finiti Mastersap 2020 prodotto dalla società AMV.

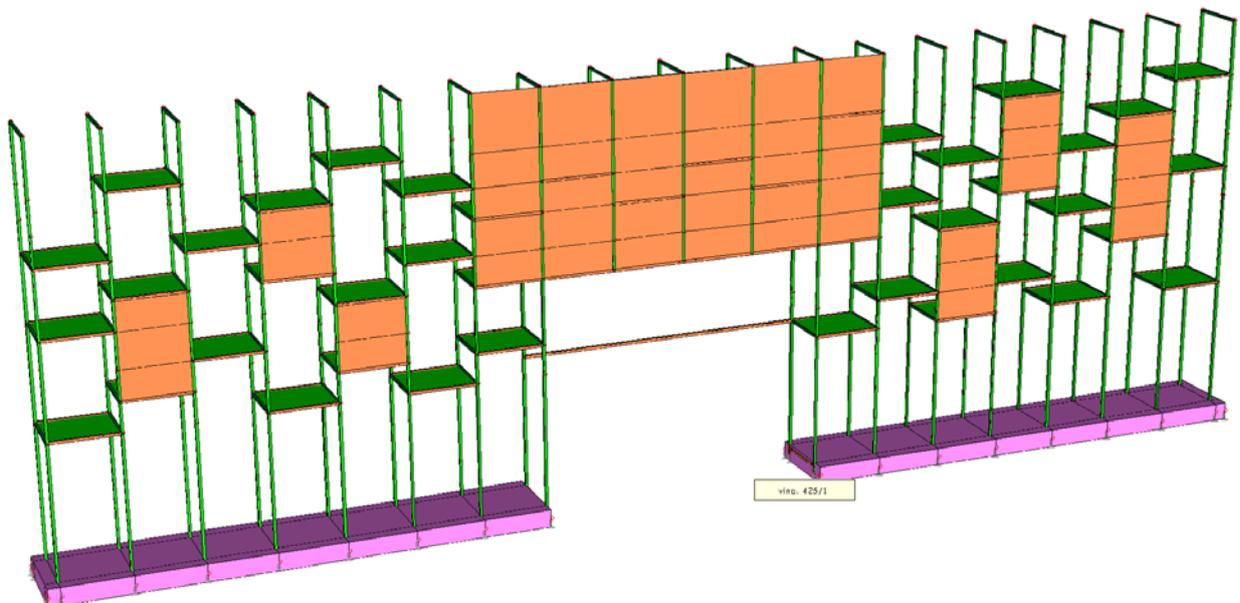
Nel modello sono stati introdotti tutti i dati relativi alle caratteristiche geometriche della struttura comprese le fondazioni.

Sono stati implementati i materiali con le loro caratteristiche meccaniche e i carichi agenti sulla costruzione.

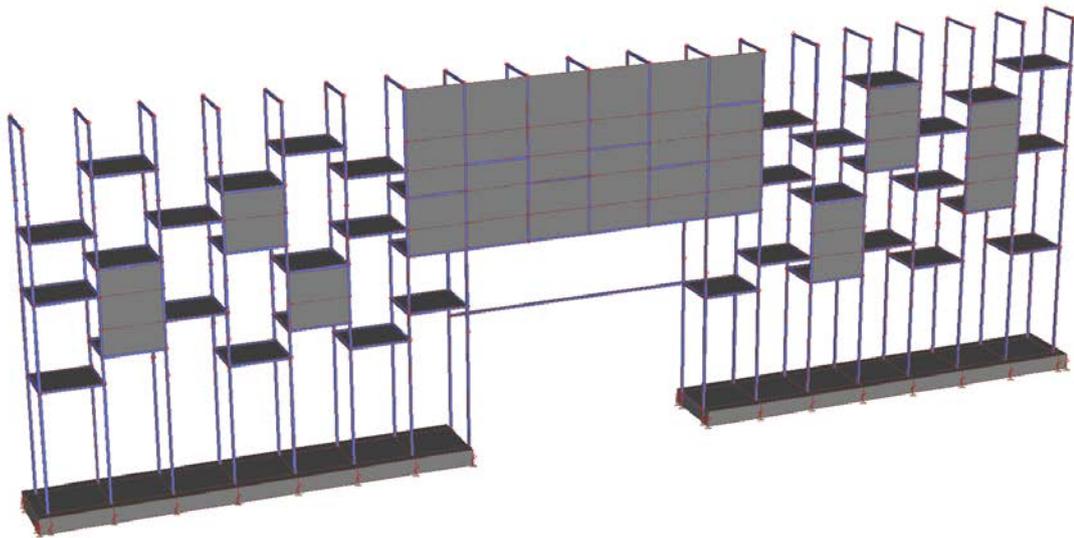
Il terreno di fondazione, in questa fase di progettazione, è stato implementato con una simulazione a molle con costante elastica pari a  $5000 \text{ KN/m}^3$ .

Ogni piastra in acciaio orizzontale è stata modellata come un elemento guscio sollecitato da un carico uniformemente distribuito valutato come permanente portato pari a  $1.0 \text{ KN/m}^2$ . Il pannello frontale che simula lo schermo che verrà installato, è stato implementato con elementi guscio senza peso, ai quali è stato applicato un carico gravitazionale di  $1.0 \text{ KN/m}^2$

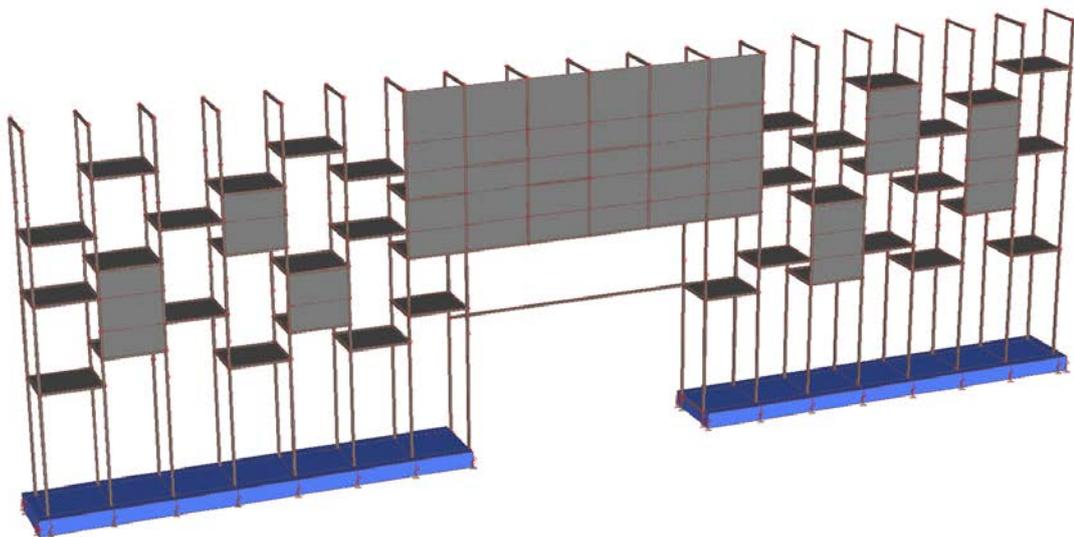
### Vista 3D del modello strutturale



Sezioni  
■ 8 PF QUADRATI 40x 5,0



Spessore elementi bidimensionali  
■ spessore 0,3



## 19) CALCOLO DELLA MASSA PARTECIPANTE WUNDERKAMMER

*Sono state implementate 20 frequenze in modo tale da poter ottenere una percentuale della massa eccitata maggiore dell'85% come da Normativa.*

### TABELLA MASSE ECCITATE

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Periodo principale	T1	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+8.99e-01	+9.36e+00	95	2	+eX
Direzione Y	+1.08e+00	+7.17e+00	73	1	+eX
Direzione Z	+0.00e+00	+0.00e+00	0	0	--

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MASSE ECCITATE PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Analisi	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz. Z	%
+eX	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0
-eX	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0
+eY	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0
-eY	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX

#### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.816e+000	9.256e-001	1.080e+000	0.000e+000
2	6.987e+000	1.112e+000	8.993e-001	0.000e+000
3	8.353e+000	1.329e+000	7.522e-001	0.000e+000
4	9.768e+000	1.555e+000	6.433e-001	0.000e+000
5	1.179e+001	1.877e+000	5.328e-001	0.000e+000
6	1.666e+001	2.652e+000	3.771e-001	0.000e+000
7	2.183e+001	3.475e+000	2.878e-001	0.000e+000
8	2.428e+001	3.864e+000	2.588e-001	0.000e+000
9	2.896e+001	4.609e+000	2.170e-001	0.000e+000
10	2.950e+001	4.694e+000	2.130e-001	0.000e+000
11	3.175e+001	5.054e+000	1.979e-001	2.330e-030
12	3.551e+001	5.651e+000	1.770e-001	8.364e-024
13	3.660e+001	5.825e+000	1.717e-001	2.296e-022
14	3.828e+001	6.093e+000	1.641e-001	5.096e-019
15	3.835e+001	6.104e+000	1.638e-001	1.193e-018
16	4.040e+001	6.429e+000	1.555e-001	8.986e-017
17	4.077e+001	6.488e+000	1.541e-001	9.100e-017
18	4.247e+001	6.760e+000	1.479e-001	4.161e-015
19	4.387e+001	6.982e+000	1.432e-001	6.499e-014
20	4.508e+001	7.175e+000	1.394e-001	1.679e-012

#### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-4.511e-02	2.678e+00
2	-3.059e+00	-6.126e-02
3	-3.885e-02	3.333e-02
4	-4.723e-02	1.433e+00
5	1.665e-02	-9.949e-02
6	1.658e-02	2.446e-01
7	-1.277e-02	3.894e-02
8	3.140e-03	3.192e-02
9	3.597e-02	-1.960e-02
10	2.089e-02	3.144e-02

Modo	Direz.X	Direz.Y
11	1.394e-02	1.649e-02
12	1.366e-02	1.098e-01
13	-1.650e-02	1.796e-01
14	2.231e-02	-2.717e-02
15	1.309e-02	-4.607e-02
16	8.468e-03	2.645e-02
17	1.352e-02	1.343e-01
18	1.324e-02	6.656e-02
19	8.890e-03	-3.673e-02
20	7.831e-03	-1.133e-02

### MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Progressiva	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 2	+9.36e+00	95	+3.75e-03	0	+2.63e-08	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 3	+1.51e-03	0	+1.11e-03	0	+5.22e-07	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.93e-05	0
Modo: 4	+2.23e-03	0	+2.05e+00	21	+3.05e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.23e+00	94	+5.98e-05	0
Modo: 5	+2.77e-04	0	+9.90e-03	0	+1.22e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.24e+00	94	+7.20e-05	0
Modo: 6	+2.75e-04	0	+5.98e-02	1	+2.01e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.08e-03	0
Modo: 7	+1.63e-04	0	+1.52e-03	0	+1.20e-04	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.21e-03	0
Modo: 8	+9.86e-06	0	+1.02e-03	0	+1.65e-02	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+1.87e-02	0
Modo: 9	+1.29e-03	0	+3.84e-04	0	+2.73e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.14e-02	0
Modo: 10	+4.36e-04	0	+9.88e-04	0	+6.18e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.76e-02	0
Modo: 11	+1.94e-04	0	+2.72e-04	0	+1.46e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.77e-02	0
Modo: 12	+1.86e-04	0	+1.20e-02	0	+3.50e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.32e+00	95	+3.12e-02	0
Modo: 13	+2.72e-04	0	+3.23e-02	0	+2.80e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.15e-02	0
Modo: 14	+4.98e-04	0	+7.38e-04	0	+1.57e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.17e-02	0
Modo: 15	+1.71e-04	0	+2.12e-03	0	+1.40e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.18e-02	0
Modo: 16	+7.17e-05	0	+7.00e-04	0	+1.25e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.30e-02	0
Modo: 17	+1.83e-04	0	+1.80e-02	0	+1.36e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 18	+1.75e-04	0	+4.43e-03	0	+3.81e-05	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 19	+7.90e-05	0	+1.35e-03	0	+3.83e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.48e-02	0
Modo: 20	+6.13e-05	0	+1.28e-04	0	+1.22e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+9.82e+00	+9.82e+00	+9.82e+00

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EX

## FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.816e+000	9.256e-001	1.080e+000	0.000e+000
2	6.987e+000	1.112e+000	8.993e-001	0.000e+000
3	8.353e+000	1.329e+000	7.522e-001	0.000e+000
4	9.768e+000	1.555e+000	6.433e-001	0.000e+000
5	1.179e+001	1.877e+000	5.328e-001	0.000e+000
6	1.666e+001	2.652e+000	3.771e-001	0.000e+000
7	2.183e+001	3.475e+000	2.878e-001	0.000e+000
8	2.428e+001	3.864e+000	2.588e-001	0.000e+000
9	2.896e+001	4.609e+000	2.170e-001	0.000e+000
10	2.950e+001	4.694e+000	2.130e-001	0.000e+000
11	3.175e+001	5.054e+000	1.979e-001	2.330e-030
12	3.551e+001	5.651e+000	1.770e-001	8.364e-024
13	3.660e+001	5.825e+000	1.717e-001	2.296e-022
14	3.828e+001	6.093e+000	1.641e-001	5.096e-019
15	3.835e+001	6.104e+000	1.638e-001	1.193e-018
16	4.040e+001	6.429e+000	1.555e-001	8.986e-017
17	4.077e+001	6.488e+000	1.541e-001	9.100e-017
18	4.247e+001	6.760e+000	1.479e-001	4.161e-015
19	4.387e+001	6.982e+000	1.432e-001	6.499e-014
20	4.508e+001	7.175e+000	1.394e-001	1.679e-012

## COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-4.511e-02	2.678e+00
2	-3.059e+00	-6.126e-02
3	-3.885e-02	3.333e-02
4	-4.723e-02	1.433e+00
5	1.665e-02	-9.949e-02
6	1.658e-02	2.446e-01
7	-1.277e-02	3.894e-02
8	3.140e-03	3.192e-02
9	3.597e-02	-1.960e-02
10	2.089e-02	3.144e-02
11	1.394e-02	1.649e-02
12	1.366e-02	1.098e-01
13	-1.650e-02	1.796e-01
14	2.231e-02	-2.717e-02
15	1.309e-02	-4.607e-02
16	8.468e-03	2.645e-02
17	1.352e-02	1.343e-01
18	1.324e-02	6.656e-02
19	8.890e-03	-3.673e-02
20	7.831e-03	-1.133e-02

## MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Progressiva	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 2	+9.36e+00	95	+3.75e-03	0	+2.63e-08	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 3	+1.51e-03	0	+1.11e-03	0	+5.22e-07	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.93e-05	0
Modo: 4	+2.23e-03	0	+2.05e+00	21	+3.05e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.23e+00	94	+5.98e-05	0
Modo: 5	+2.77e-04	0	+9.90e-03	0	+1.22e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.24e+00	94	+7.20e-05	0
Modo: 6	+2.75e-04	0	+5.98e-02	1	+2.01e-03	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.08e-03	0
Modo: 7	+1.63e-04	0	+1.52e-03	0	+1.20e-04	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.21e-03	0
Modo: 8	+9.86e-06	0	+1.02e-03	0	+1.65e-02	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+1.87e-02	0
Modo: 9	+1.29e-03	0	+3.84e-04	0	+2.73e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.14e-02	0
Modo: 10	+4.36e-04	0	+9.88e-04	0	+6.18e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.76e-02	0
Modo: 11	+1.94e-04	0	+2.72e-04	0	+1.46e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.77e-02	0
Modo: 12	+1.86e-04	0	+1.20e-02	0	+3.50e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.32e+00	95	+3.12e-02	0
Modo: 13	+2.72e-04	0	+3.23e-02	0	+2.80e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.15e-02	0
Modo: 14	+4.98e-04	0	+7.38e-04	0	+1.57e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.17e-02	0
Modo: 15	+1.71e-04	0	+2.12e-03	0	+1.40e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.18e-02	0
Modo: 16	+7.17e-05	0	+7.00e-04	0	+1.25e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.30e-02	0
Modo: 17	+1.83e-04	0	+1.80e-02	0	+1.36e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 18	+1.75e-04	0	+4.43e-03	0	+3.81e-05	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 19	+7.90e-05	0	+1.35e-03	0	+3.83e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.48e-02	0
Modo: 20	+6.13e-05	0	+1.28e-04	0	+1.22e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+9.82e+00	+9.82e+00	+9.82e+00

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EY

### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.816e+000	9.256e-001	1.080e+000	0.000e+000
2	6.987e+000	1.112e+000	8.993e-001	0.000e+000
3	8.353e+000	1.329e+000	7.522e-001	0.000e+000
4	9.768e+000	1.555e+000	6.433e-001	0.000e+000
5	1.179e+001	1.877e+000	5.328e-001	0.000e+000
6	1.666e+001	2.652e+000	3.771e-001	0.000e+000
7	2.183e+001	3.475e+000	2.878e-001	0.000e+000
8	2.428e+001	3.864e+000	2.588e-001	0.000e+000
9	2.896e+001	4.609e+000	2.170e-001	0.000e+000
10	2.950e+001	4.694e+000	2.130e-001	0.000e+000
11	3.175e+001	5.054e+000	1.979e-001	2.430e-030
12	3.551e+001	5.651e+000	1.770e-001	8.364e-024
13	3.660e+001	5.825e+000	1.717e-001	2.296e-022
14	3.828e+001	6.093e+000	1.641e-001	5.096e-019
15	3.835e+001	6.104e+000	1.638e-001	1.193e-018
16	4.040e+001	6.429e+000	1.555e-001	8.986e-017
17	4.077e+001	6.488e+000	1.541e-001	9.100e-017
18	4.247e+001	6.760e+000	1.479e-001	4.161e-015
19	4.387e+001	6.982e+000	1.432e-001	6.499e-014
20	4.508e+001	7.175e+000	1.394e-001	1.679e-012

## COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-4.511e-02	2.678e+00
2	-3.059e+00	-6.126e-02
3	-3.885e-02	3.333e-02
4	-4.723e-02	1.433e+00
5	1.665e-02	-9.949e-02
6	1.658e-02	2.446e-01
7	-1.277e-02	3.894e-02
8	3.140e-03	3.192e-02
9	3.597e-02	-1.960e-02
10	2.089e-02	3.144e-02
11	1.394e-02	1.649e-02
12	1.366e-02	1.098e-01
13	-1.650e-02	1.796e-01
14	2.231e-02	-2.717e-02
15	1.309e-02	-4.607e-02
16	8.468e-03	2.645e-02
17	1.352e-02	1.343e-01
18	1.324e-02	6.656e-02
19	8.890e-03	-3.673e-02
20	7.831e-03	-1.133e-02

## MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Progressiva	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 2	+9.36e+00	95	+3.75e-03	0	+2.63e-08	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 3	+1.51e-03	0	+1.11e-03	0	+5.22e-07	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.93e-05	0
Modo: 4	+2.23e-03	0	+2.05e+00	21	+3.05e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.23e+00	94	+5.98e-05	0
Modo: 5	+2.77e-04	0	+9.90e-03	0	+1.22e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.24e+00	94	+7.20e-05	0
Modo: 6	+2.75e-04	0	+5.98e-02	1	+2.01e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.08e-03	0
Modo: 7	+1.63e-04	0	+1.52e-03	0	+1.20e-04	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.21e-03	0
Modo: 8	+9.86e-06	0	+1.02e-03	0	+1.65e-02	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+1.87e-02	0
Modo: 9	+1.29e-03	0	+3.84e-04	0	+2.73e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.14e-02	0
Modo: 10	+4.36e-04	0	+9.88e-04	0	+6.18e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.76e-02	0
Modo: 11	+1.94e-04	0	+2.72e-04	0	+1.46e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.77e-02	0
Modo: 12	+1.86e-04	0	+1.20e-02	0	+3.50e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.32e+00	95	+3.12e-02	0
Modo: 13	+2.72e-04	0	+3.23e-02	0	+2.80e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.15e-02	0
Modo: 14	+4.98e-04	0	+7.38e-04	0	+1.57e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.17e-02	0
Modo: 15	+1.71e-04	0	+2.12e-03	0	+1.40e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.18e-02	0
Modo: 16	+7.17e-05	0	+7.00e-04	0	+1.25e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.30e-02	0
Modo: 17	+1.83e-04	0	+1.80e-02	0	+1.36e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 18	+1.75e-04	0	+4.43e-03	0	+3.81e-05	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 19	+7.90e-05	0	+1.35e-03	0	+3.83e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.48e-02	0
Modo: 20	+6.13e-05	0	+1.28e-04	0	+1.22e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0

### MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+9.82e+00	+9.82e+00	+9.82e+00

### TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EY

### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.816e+000	9.256e-001	1.080e+000	0.000e+000
2	6.987e+000	1.112e+000	8.993e-001	0.000e+000
3	8.353e+000	1.329e+000	7.522e-001	0.000e+000
4	9.768e+000	1.555e+000	6.433e-001	0.000e+000
5	1.179e+001	1.877e+000	5.328e-001	0.000e+000
6	1.666e+001	2.652e+000	3.771e-001	0.000e+000
7	2.183e+001	3.475e+000	2.878e-001	0.000e+000
8	2.428e+001	3.864e+000	2.588e-001	0.000e+000
9	2.896e+001	4.609e+000	2.170e-001	0.000e+000
10	2.950e+001	4.694e+000	2.130e-001	0.000e+000
11	3.175e+001	5.054e+000	1.979e-001	2.330e-030
12	3.551e+001	5.651e+000	1.770e-001	8.364e-024
13	3.660e+001	5.825e+000	1.717e-001	2.296e-022
14	3.828e+001	6.093e+000	1.641e-001	5.096e-019
15	3.835e+001	6.104e+000	1.638e-001	1.193e-018
16	4.040e+001	6.429e+000	1.555e-001	8.986e-017
17	4.077e+001	6.488e+000	1.541e-001	9.100e-017
18	4.247e+001	6.760e+000	1.479e-001	4.161e-015
19	4.387e+001	6.982e+000	1.432e-001	6.499e-014
20	4.508e+001	7.175e+000	1.394e-001	1.679e-012

### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-4.511e-02	2.678e+00
2	-3.059e+00	-6.126e-02
3	-3.885e-02	3.333e-02
4	-4.723e-02	1.433e+00
5	1.665e-02	-9.949e-02
6	1.658e-02	2.446e-01
7	-1.277e-02	3.894e-02
8	3.140e-03	3.192e-02
9	3.597e-02	-1.960e-02
10	2.089e-02	3.144e-02
11	1.394e-02	1.649e-02
12	1.366e-02	1.098e-01
13	-1.650e-02	1.796e-01
14	2.231e-02	-2.717e-02
15	1.309e-02	-4.607e-02
16	8.468e-03	2.645e-02
17	1.352e-02	1.343e-01
18	1.324e-02	6.656e-02
19	8.890e-03	-3.673e-02
20	7.831e-03	-1.133e-02

### MASSA ECCITATA

**PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00**

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Progressiva	+2.04e-03	0	+7.17e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 2	+9.36e+00	95	+3.75e-03	0	+2.63e-08	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.87e-05	0
Modo: 3	+1.51e-03	0	+1.11e-03	0	+5.22e-07	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+7.18e+00	73	+2.93e-05	0
Modo: 4	+2.23e-03	0	+2.05e+00	21	+3.05e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.23e+00	94	+5.98e-05	0
Modo: 5	+2.77e-04	0	+9.90e-03	0	+1.22e-05	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.24e+00	94	+7.20e-05	0
Modo: 6	+2.75e-04	0	+5.98e-02	1	+2.01e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.08e-03	0
Modo: 7	+1.63e-04	0	+1.52e-03	0	+1.20e-04	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.21e-03	0
Modo: 8	+9.86e-06	0	+1.02e-03	0	+1.65e-02	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+1.87e-02	0
Modo: 9	+1.29e-03	0	+3.84e-04	0	+2.73e-03	0
Progressiva	+9.36e+00	95	+9.30e+00	95	+2.14e-02	0
Modo: 10	+4.36e-04	0	+9.88e-04	0	+6.18e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.76e-02	0
Modo: 11	+1.94e-04	0	+2.72e-04	0	+1.46e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.30e+00	95	+2.77e-02	0
Modo: 12	+1.86e-04	0	+1.20e-02	0	+3.50e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.32e+00	95	+3.12e-02	0
Modo: 13	+2.72e-04	0	+3.23e-02	0	+2.80e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.15e-02	0
Modo: 14	+4.98e-04	0	+7.38e-04	0	+1.57e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.17e-02	0
Modo: 15	+1.71e-04	0	+2.12e-03	0	+1.40e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.18e-02	0
Modo: 16	+7.17e-05	0	+7.00e-04	0	+1.25e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.35e+00	95	+3.30e-02	0
Modo: 17	+1.83e-04	0	+1.80e-02	0	+1.36e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 18	+1.75e-04	0	+4.43e-03	0	+3.81e-05	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.37e+00	95	+3.44e-02	0
Modo: 19	+7.90e-05	0	+1.35e-03	0	+3.83e-04	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.48e-02	0
Modo: 20	+6.13e-05	0	+1.28e-04	0	+1.22e-03	0
Progressiva	+9.37e+00	95	+9.38e+00	95	+3.61e-02	0

**MASSA TOTALE ECCITABILE**

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z
+9.82e+00	+9.82e+00	+9.82e+00

## 20) ANALISI E VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE TRAVI DI FONDAZIONE WUNDERKAMMER

La verifica delle fondazioni è stata eseguita sia per quanto concerne l'aspetto geotecnico rappresentato dalla capacità portante sia per l'aspetto di verifica strutturale.

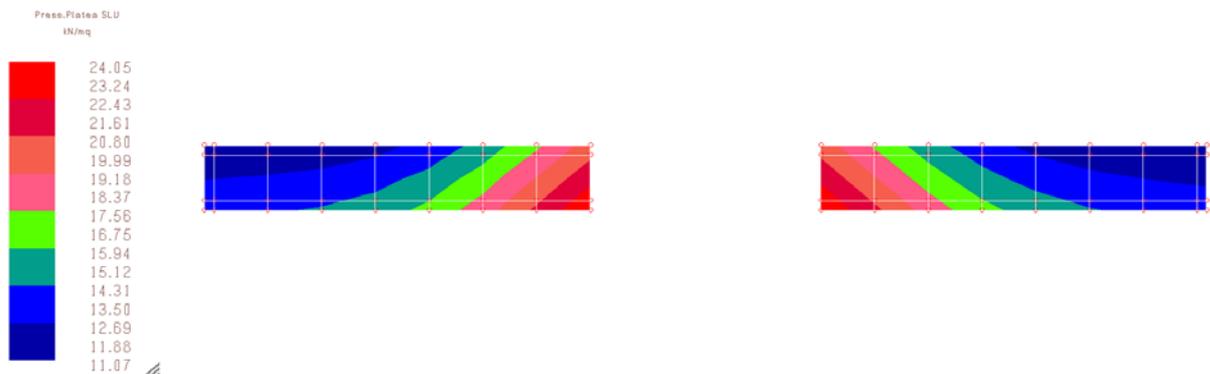
si rimanda tuttavia alle fasi di cantiere per la verifica locale del sedime della fondazione superficiale eseguita mediante un saggio di profondità maggiore di 1 metro a conferma dell'assenza di vuoti

### Verifica di capacità portante nel caso AIM1

Dall'analisi si determina che la fondazione è soggetta a una pressione massima di:

25.0 KN/m<sup>2</sup>

### Pressioni al suolo



**Fig. 1 – Pressioni al suolo [KN/m<sup>2</sup>]**

I parametri geotecnici che verranno utilizzati per il calcolo sono quelli relativi alla *coltre detritica rimaneggiata frammista a riporti*:

$$\gamma'_{\text{geo}} = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$c'_{\text{geo}} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi'_{\text{geo}} = 22^\circ$$

Le verifiche verranno eseguite sia secondo l'approccio 2:

Approccio 2: dinamica A1+M1+R1

Statica A1+M1+R3

#### Caratteristiche geotecniche del terreno:

Peso specifico terreno:	18000	N/m <sup>3</sup>	Cu, coesione:	0.000	N/mm <sup>2</sup>
Angolo di attrito:	22.00	gradi	Profondità di posa:	50.0	cm
Angolo di attrito terreno-fondazione	14.60	gradi	Adesione terreno-fondazione:	0.000	N/mm <sup>2</sup>

#### Metodo di calcolo della capacità portante:

Criterio di: Meyerhof

#### Coefficienti sismici globali:

Coefficiente sismico [khiX]: 0.089  
 Coefficiente sismico [khiY]: 0.089  
 Coefficiente sismico [khh]: 0.019

Tipo fondazione: **platea**

Area: 218688 cmq

Lato medio: 468 cm

Fattore di riduzione (Bowles) ry: 0.908, Base ridotta B': 425 cm

Combinazione: 2 Descrizione: **Statica** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00

Coesione efficace: 1.00

Resistenza non drenata: 1.00

Peso dell'unita' di volume: 1.00

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  di sicurezza per le verifiche SLU**

Capacita' portante: 2.30

Scorrimento: 1.10

Fattore Nq:	8.12	Fattore Nc:	17.18	Fattore Ny:	4.46
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [iyX]:	1.00
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [iyY]:	1.00
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	1.00	Fattore di forma [sy]:	1.00
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	1.03	Fattore di profondita' [dy]:	1.02
Coefficiente correttivo [eyk]:	0.00	Coefficiente correttivo [eyiX]:	0.00	Coefficiente correttivo [eyiY]:	0.00

**Verifica della capacita' portante**

QUlt: 247.732 kN/m<sup>2</sup>

Max pressione suolo: 24.048 kN/m<sup>2</sup>

Indice di resistenza: 0.22

Combinazione: 3 Descrizione: **Rara** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00

Coesione efficace: 1.00

Resistenza non drenata: 1.00

Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore Nq:	8.12	Fattore Nc:	17.18	Fattore Ny:	4.46
Fatt. inclinazione del carico [iqX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icX]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [iyX]:	1.00
Fatt. inclinazione del carico [iqY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [icY]:	1.00	Fatt. inclinazione del carico [iyY]:	1.00
Fattore di forma [sq]:	1.00	Fattore di forma [sc]:	1.00	Fattore di forma [sy]:	1.00
Fattore di profondita' [dq]:	1.02	Fattore di profondita' [dc]:	1.03	Fattore di profondita' [dy]:	1.02
Coefficiente correttivo [eyk]:	0.00	Coefficiente correttivo [eyiX]:	0.00	Coefficiente correttivo [eyiY]:	0.00

**Verifica della capacita' portante**

QUlt: 247.732 kN/m<sup>2</sup>

Max pressione suolo: 18.499 kN/m<sup>2</sup>

Indice di resistenza: 0.22

Combinazione: 4 Descrizione: **Frequente** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_M$  di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00

Coesione efficace: 1.00

Resistenza non drenata: 1.00

Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore Nq:	8.12	Fattore Nc:	17.18	Fattore Ny:	4.46
-------------	------	-------------	-------	-------------	------

Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.02  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

**Verifica della capacità portante**

QUlt: 247.732 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 18.499 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.22

Combinazione: 5 Descrizione: **Quasi permanente** azione sismica **ASSENTE**

**Coefficienti parziali γM di sicurezza per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo res. taglio: 1.00  
 Coesione efficace: 1.00  
 Resistenza non drenata: 1.00  
 Peso dell'unita' di volume: 1.00

Coeff. sicurezza SLE: 3.0

Fattore Nq: 8.12 Fattore Nc: 17.18 Fattore Ny: 4.46  
 Fatt. inclinazione del carico [iqX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icX]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyX]: 1.00  
 Fatt. inclinazione del carico [iqY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [icY]: 1.00 Fatt. inclinazione del carico [iyY]: 1.00  
 Fattore di forma [sq]: 1.00 Fattore di forma [sc]: 1.00 Fattore di forma [sy]: 1.00  
 Fattore di profondita' [dq]: 1.02 Fattore di profondita' [dc]: 1.03 Fattore di profondita' [dy]: 1.02  
 Coefficiente correttivo [eyk]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiX]: 0.00 Coefficiente correttivo [eyiY]: 0.00

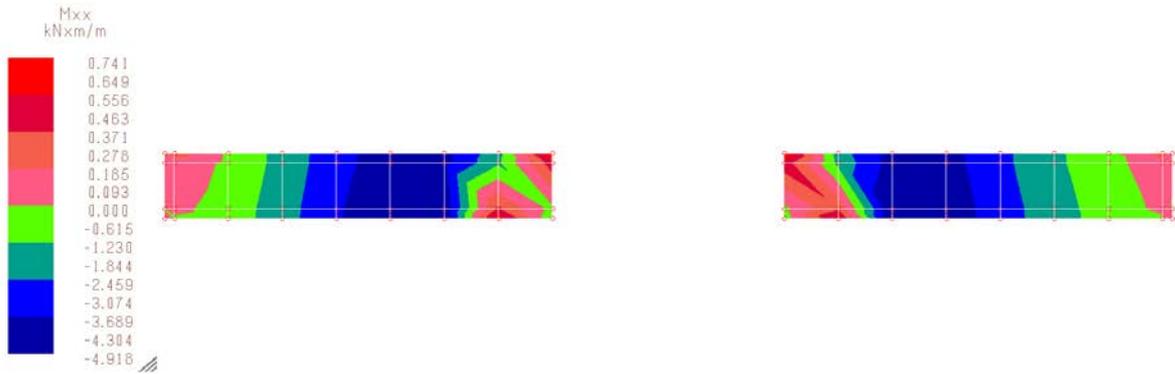
**Verifica della capacità portante**

QUlt: 247.732 kN/m<sup>2</sup>  
 Max pressione suolo: 18.499 kN/m<sup>2</sup>  
 Indice di resistenza: 0.22

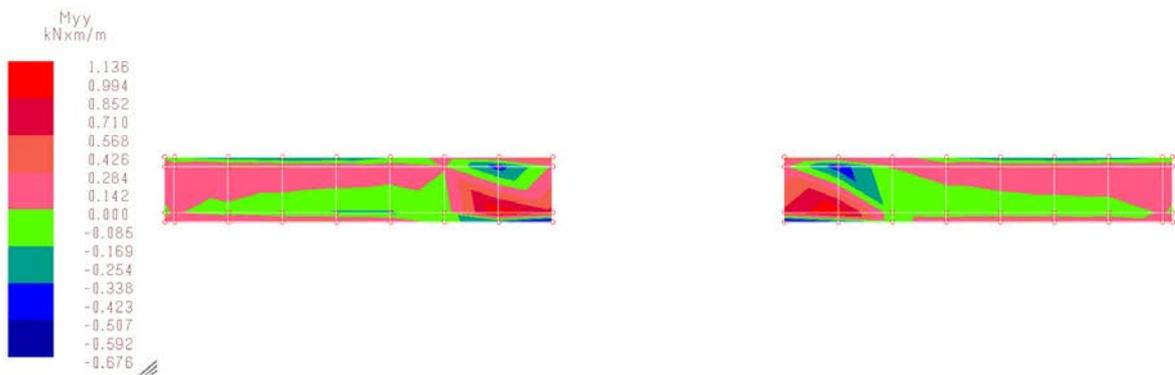
## 21) ANALISI E VERIFICA DELLE TRAVI DI FONDAZIONE

Le travi di fondazione avranno una sezione di 140x30cm e saranno armate longitudinalmente con 8Ø12 al lembo superiore e 8Ø12 al lembo inferiore e con staffe chiuse Ø8/20cm

### SOLLECITAZIONI



**Inviluppo del Momento unitario lungo x Mxx [KNm/m]**



**Inviluppo del Momento unitario lungo y Myy [KNm/m]**

Riassunto delle massime sollecitazioni:

Momento direz. x-x:  $M_{xx}^+ = + 0.74 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{xx}^- = - 4.92 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Momento direz. y-y:  $M_{yy}^+ = + 1.136 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{yy}^- = - 0.676 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

**VERIFICA DELLA SEZIONE**

La verifica verrà eseguita con il massimo momento flettente nella sezione di larghezza unitaria.

MOMENTO RESISTENTE

Verifica CA, S.L.U. - File

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

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	140	30	1	9,05	3
			2	9,05	27

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo sezione  
 Rettang.  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato  
 S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

Materiali

B450C		C28/35	
E <sub>su</sub>	67,5 %	E <sub>c2</sub>	2 %
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm²	E <sub>cu</sub>	3,5
E <sub>s</sub>	200 000 N/mm²	f <sub>cd</sub>	15,87
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,9
E <sub>syd</sub>	1,957 %	σ <sub>c,adm</sub>	11
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	τ <sub>co</sub>	0,6667
		τ <sub>c1</sub>	1,971

M<sub>xRd</sub> 93,9 kNm

σ<sub>c</sub> -15,87 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 33,37 ‰  
d 27 cm  
x 2,563 x/d 0,09494  
δ 0,7

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

Tipo flessione  
 Fletta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

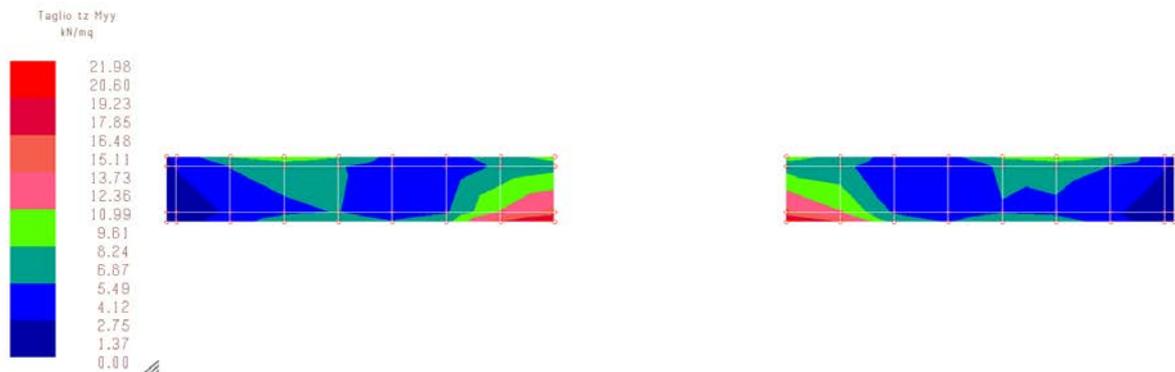
$$M_{Rd}^+ = + 93.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m} > + 1.13 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{Rd}^- = - 93.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m} > - 4.92 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

**VERIFICATO**

## VERIFICA A TAGLIO DELLE TRAVI DI FONDAZIONE

La massima sollecitazione di taglio:



**Involuppo della tensione tangenziale [KN/mq]**

La massima sollecitazione di taglio, assunto un valore medio calcolato sulla larghezza di un metro vale:

$$V_{Ed} = 22 \times 1.40 \times 0.30 = 9.25 \text{ kN}$$

### VERIFICA A TAGLIO - DM 17.01.2018

(verifica condotta secondo il punto 4.1.2.1.3.2)

Caratteristiche della sezione :

b = 1400 mm  
h = 300 mm  
c = 40 mm  
d = 260 mm  
Asw = 100 mm<sup>2</sup>  
s = 200 mm  
α = 90 → Cotg α = 0  
θ = 21,8 → Cotg θ = 2,5  
α<sub>c</sub> = 1

Caratteristiche dei materiali :

f<sub>ck</sub> = 28 Mpa  
f<sub>cd</sub> = 15,87 Mpa  
f<sub>cd'</sub> = 7,93 Mpa  
f<sub>yk</sub> = 450 Mpa  
f<sub>yd</sub> = 391,30 Mpa

**Taglio sollecitante: 9,24 kN**

Resistenza a taglio trazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = \mathbf{114,46 \text{ kN}}$$

Resistenza a taglio compressione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$$

$$V_{Rcd} = \mathbf{896,15 \text{ kN}}$$

La resistenza a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd}) \rightarrow \boxed{V_{Rd} = 114,46 \text{ kN}} > V_{Ed} \quad \mathbf{VERIFICATO}$$

## 22) ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA METALLICA WUNDERKAMMER

La struttura metallica sarà composta da montanti verticali e traversi orizzontali realizzati con profili metallici scatolari di sezione trasversale 40x40x5mm in acciaio S235

L'analisi e la verifica delle strutture metalliche verrà eseguita mediante il post-processore di Mastersap, MasterSteelEc3 avendo implementato le seguenti tabelle di verifica:

***Per i montanti verticali:***

Tabella di MasterSteel - banca locale

Tipo elemento: **Platati**    Unità di misura tensione: **N/mm²**

Platati EC3

Tabella: **Tabella platati (Attiva)**    Modifica...

Struttura: **Nuova**    Fat. confidenza: **1**

Classe: **S 235**

Dimensionamento a torsione: **No**    Instab. fessio tors.: **No**

Coef. k: **1**    Coef. k<sub>sw</sub>: **1**

Posizione carico: **All'estradosso**

Numero scansioni: **2**

Tipo verifica: **Resistenza e stabilità**

β<sub>yx</sub>: **1**    β<sub>zx</sub>: **1**

Armi espdite: **No**    Intes sig./h ancia: **10**

Tipologia sismica piano yx: **Senza prescrizioni aggiuntive**

Tipologia sismica piano zx: **Senza prescrizioni aggiuntive**

Opzioni di collegamento: **...**

OK    Annulla    Applica    Nuova...    Attiva    Banca...

*Per i traversi orizzontali:*

Tabella di MasterSteel - banca locale

Tipo elemento: **Travi**    Unità di misura tensione: **N/mm²**

Travi EC3

Tabella: **Tabella travi (Attiva)**    Modifica...

Struttura: **Nuova**    Fat. confidenza: **1**

Classe: **S 235**

Dimensionamento a torsione: **No**

Instabilità fessio torsionale: **No**    Comb. pem. +var.: **No**

Coef. k: **1**    Coef. k<sub>sw</sub>: **1**

Posizione carico: **All'estradosso**

Numero scansioni: **10**

Tipo verifica: **Resistenza e stabilità**

β<sub>yx</sub>: **1**    β<sub>zx</sub>: **1**

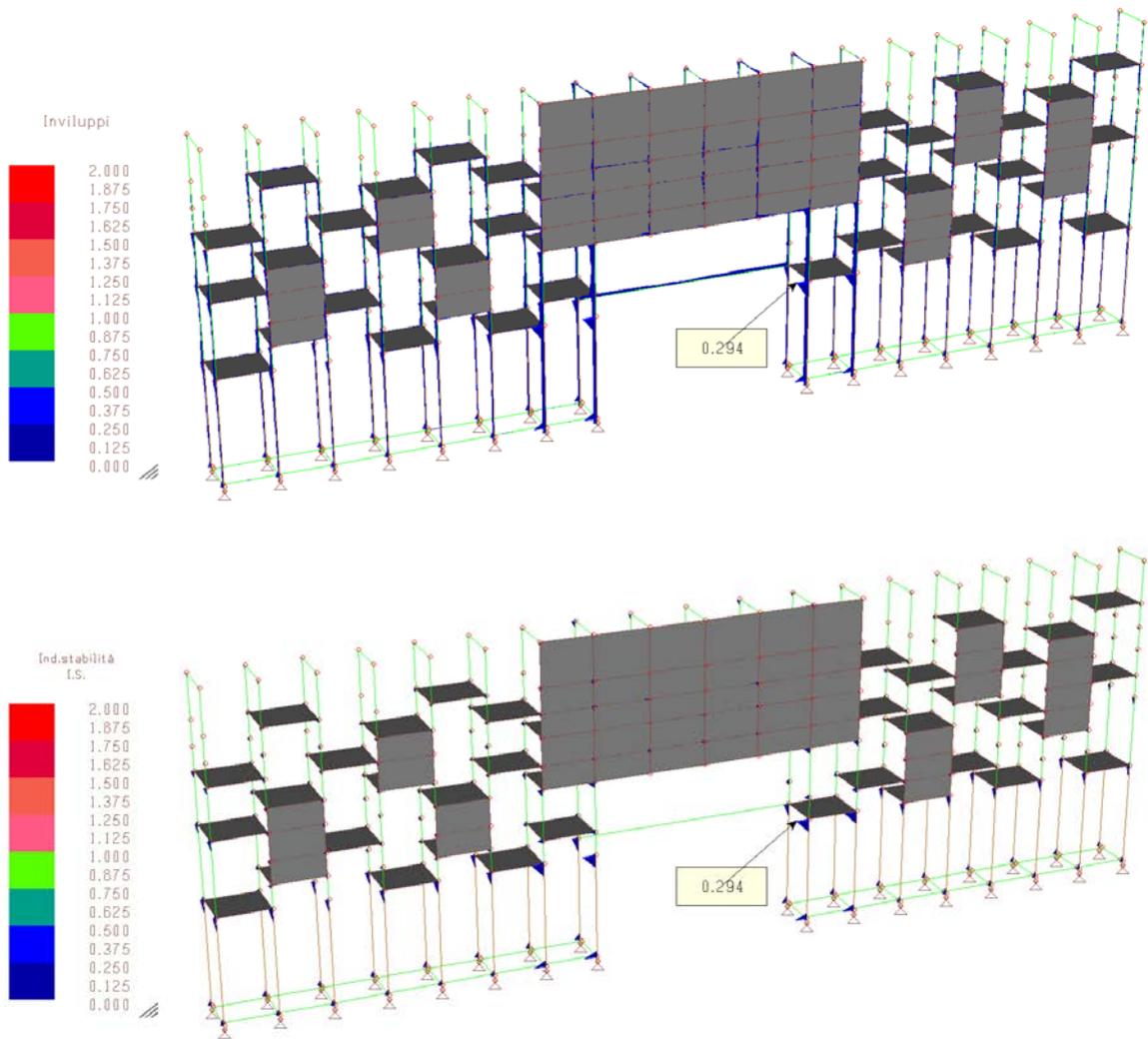
Armi espdite: **No**    Intes sig./h ancia: **10**

Tipologia sismica: **Senza prescrizioni aggiuntive**

Opzioni di collegamento: **...**

OK    Annulla    Applica    Nuova...    Attiva    Banca...

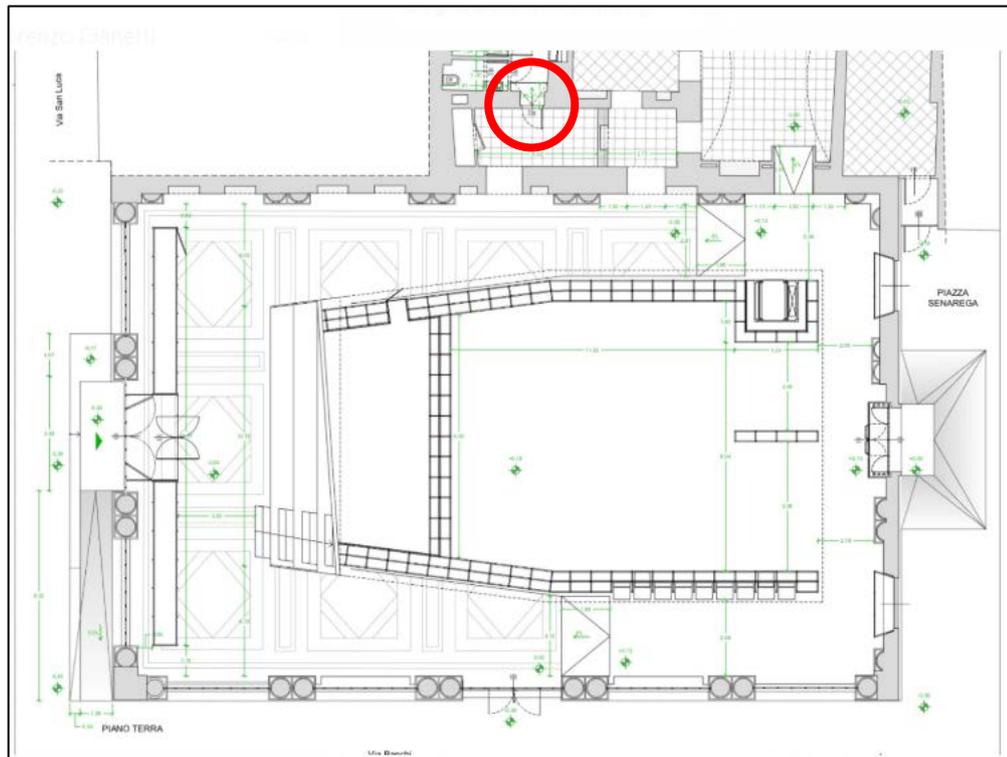
Vengono di seguito riportati i diagrammi relativi all'involuppo degli indici di resistenza e stabilità calcolati dal post processore MasterSteelEc3.



Tutte le verifiche di resistenza e stabilità risultano verificate.

### 23) APERTURA VANO MURATURA PORTANTE LOCALE BAGNI

Qui di seguito verranno riportate le verifiche strutturali ed i controlli sulle riduzioni di rigidezza, di resistenza a taglio e di deformabilità delle pareti prima e dopo l'intervento, relativamente alla realizzazione di un'apertura nella muratura portante della parete confinante con i nuovi bagni.



n.	descrizione	$f_c$ (N/cm <sup>2</sup> )			$\tau_c$ (N/cm <sup>2</sup> )			E (N/mm <sup>2</sup> )			G (N/mm <sup>2</sup> )			$\Psi$ (KN/m <sup>3</sup> )
		min	max	medio	min	max	medio	min	max	medio	min	max	medio	
1	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche ed irregolari)	100	180	140	2	3,2	2,6	690	1050	870	230	350	290	19
2	Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	300	250	3,5	5,1	4,3	1020	1440	1230	340	480	410	20
3	Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	380	320	5,6	7,4	6,5	1500	1980	1740	500	660	580	21
4	Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	240	190	2,8	4,2	3,5	900	1260	1080	300	420	360	16
5	Muratura a blocchi lapidei squadriati	600	800	700	9	12	10,5	2400	3200	2800	780	940	860	22
6	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	400	320	6	9,2	7,6	1200	1800	1500	400	600	500	18
7	Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es. doppio UNI foratura $\leq$ 40%)	500	800	650	24	32	28	3500	5600	4550	875	1400	1137,5	15
8	Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura)	400	600	500	30	40	35	3600	5400	4500	1080	1620	1350	12
9	Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura <45%)	300	400	350	10	13	11,5	2700	3600	3150	810	1080	945	11
10	Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	200	175	9,5	12,5	11	1200	1600	1400	300	400	350	12
11	Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. foratura <45%)	300	440	370	18	24	21	2400	3520	2960	600	880	740	14

n.	Tipologia muratura	malta buona	Giunti sottili (<10mm)	Ricorsi o listature	Connessioni e trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato*
		1	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche ed irregolari)	1,5	1	1,3	1,5	0,9
2	Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
3	Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
4	Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	1	1,5	0,9	1,7	2
5	Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	1	1,2	0,7	1,2	1,2
6	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	1	1,3	0,7	1,5	1,5

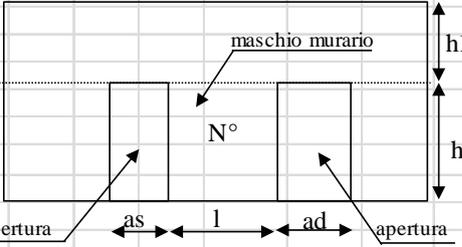
\* valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p. es. > 70cm)

## ANALISI STATO ORIGINARIO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DEI MASCHI MURARI										
numero di maschi murari		1								
N°	as(m)	ad(m)	h (m)	l (m)	h <sub>1</sub> (m)	t (m)	Tipol.	Descrizione	i (m)	
1	0	0	3	3,2	0	0,65	6	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	3,20	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	

Simbologia



as= apertura a sinistra  
ad= apertura a destra  
l= lunghezza maschio murario  
h= altezza maschio murario  
t= spessore maschio murario  
h<sub>1</sub>= altezza fascia di piano  
i= interasse maschio murario  
 $i = l + as/2 + ad/2$   
Tipol. = tipologia della muratura tab C8A.2.1 circolare 617/2009

Presenza o meno di caratteristiche diverse da quelle standar di cui alla tab. C8A.2.1. circ. 617/2009

Digitare "s" per indicare la presenza della caratteristica. Se la caratteristica non è presente, lasciare vuota la cella.

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA	intonaco armato	
										sp	γ
										cm	KN/m <sup>3</sup>
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6									

s = presenza della caratteristica	NSA=nucleo scadente e/o ampio
MB= malta buona	IML= iniezioni di miscele leganti
GS= giunti sottili (<10mm)	IA= intonaco armato
RL= ricorsi o listature	sp= spessore complessivo sulle due facce dell'intonaco armato
CT= connessione trasversale	$\gamma$ = peso specifico intonaco armato

**Valori dei parametri meccanici standard della muratura (tabella C8A.2.1 - circ. 617/2009)**

riduzione percentuale moduli elastici	50	%	valori delle resistenze	1	1 minimo
					2 medio
					3 massimo

N°	Tipol.	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_o$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	w KN/m <sup>3</sup>	$\sigma_o$ KN/m <sup>2</sup>
1	6	240	6	750	250	18	70,85
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00

**Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (tab. C8A.2.2 circ. 617/2009)**

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6	1,5	1,5	1,0	1,3	0,7	1,5	2
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							

**Coefficienti correttivi da usare nel calcolo**

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA	coeff
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6	1	1	1	1	1	1	1	1
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								

**Parametri meccanici corretti secondo i coeff. di tab. C8A.2.2 circ. 617/2009**

N°	Tipol.	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_o$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	w KN/m <sup>3</sup>	$\sigma_o$ KN/m <sup>2</sup>
1	6	240	6,00	750,00	250,00	18,00	70,85
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00

$f_m$ = resistenza media a compressione della muratura

$\tau_o$ = resistenza media a taglio della muratura

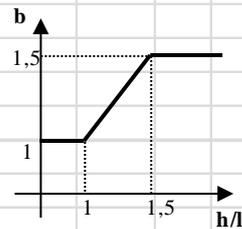
E= modulo di elasticità normale

G= modulo di elasticità tangenziale

w= peso specifico (anche con eventuale intonaco armato)

**Individuazione del coefficiente "b"**

N°	h/l	b
1	0,938	1,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000



**Calcolo rigidezza della parete**

	G N/mm <sup>2</sup>	t m	l m	h m	A m <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	K KN/m
1	250	0,65	3,2	3	2,08	750	116099,8
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
RIGIDEZZA DELLA PARETE (KN/m)							<b>116099,8</b>

### Calcolo resistenza dei singoli maschi murari

Inserire il codice per il calcolo dello spostamento al limite ultimo:

1: spostamento al limite ultimo pari a quello massimo previsto dalla normativa

2: spostamento al limite ultimo pari a quello elastico moltiplicato per il coeff. di duttilità

2

Inserire lo spostamento al limite ultimo secondo la normativa considerata per la rottura a duttilità

	$\tau_o$	$f_d$	$\sigma_o$	$V_t$	$V_{pf}$	$V_u$	$\delta_e$	tipo di rottura	$\mu$	$\delta_u$	$\delta_{u,max}$
	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN	KN	KN	mm			mm	mm
1	6,00	240	70,85	250,26	151,73	151,73	1,307	pressoflessione	2	2,61	18,00
0											
0											
0											
0											
0											
0											
0											
0											
0											

$\tau_o$  = resistenza a taglio della muratura

$f_d$  = resistenza a compressione della muratura

$\sigma_o$  = tensione media verticale nella muratura

$V_t$  = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale)

$V_{pf}$  = resistenza a taglio per pressoflessione

$V_u$  = resistenza a taglio del maschio murario (minimo valore tra  $V_t$  e  $V_{pf}$ )

$\delta_e$  = spostamento del maschio murario al limite elastico

$\delta_u$  = spostamento del maschio murario al limite ultimo

$\delta_{u,max}$  = valore max = 0,4% \* h nel caso di rottura a taglio e 0,6% \* h nel caso di rottura per pressoflessione

### Calcolo resistenza della parete

Spostamento della parete al limite di rottura	mm	2,61
Contributo al taglio ultimo da parte del maschio 1	KN	151,73
TAGLIO ULTIMO DELLA PARETE	KN	151,73

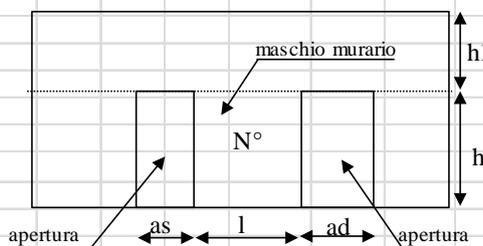
Lo spostamento finale della parete è calcolato tenendo conto del coefficiente di duttilità di ogni singolo maschio murario

## ANALISI STATO DI PROGETTO

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DEI MASCHI MURARI

numero di maschi murari		1								
N°	as (m)	ad (m)	h (m)	l (m)	h <sub>1</sub> (m)	t (m)	Tipol.	Descrizione	i (m)	
1	0	1,46	2,4	1,85	0,6	0,65	6	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	2,58	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	
0									0,00	

#### Simbologia



as = apertura a sinistra  
 ad = apertura a destra  
 l = lunghezza maschio murario  
 h = altezza maschio murario  
 t = spessore maschio murario  
 h<sub>1</sub> = altezza fascia di piano  
 i = interasse maschio murario  
 $i = l + as/2 + ad/2$   
 Tipol. = tipologia della muratura tab C8A.2.1  
 circolare 617/2009

#### Presenza o meno di caratteristiche diverse da quelle standar di cui alla tab. C8A.2.1. circ. 617/2009

Digitare "s" per indicare la presenza della caratteristica. Se la caratteristica non è presente, lasciare vuota la cella.

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA	intonaco armato		
										sp	$\gamma$	
											cm	KN/m <sup>3</sup>
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6										

s = presenza della caratteristica	NSA=nucleo scadente e/o ampio
MB= malta buona	IML= iniezioni di miscele leganti
GS= giunti sottili (<10mm)	IA= intonaco armato
RL= ricorsi o listature	sp= spessore complessivo sulle due facce dell'intonaco armato
CT= connessione trasversale	$\gamma$ = peso specifico intonaco armato

**Valori dei parametri meccanici standard della muratura (tabella C8A.2.1 - circ. 617/2009)**

riduzione percentuale moduli elastici	50	%	valori delle resistenze	1	1 minimo
					2 medio
					3 massimo

N°	Tipol.	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_o$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	w KN/m <sup>3</sup>	$\sigma_o$ KN/m <sup>2</sup>
1	6	240	6	750	250	18	97,81
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00

**Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (tab. C8A.2.2 circ. 617/2009)**

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6	1,5	1,5	1	1,3	0,7	1,5	1,5
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							
0		0							

**Coefficienti correttivi da usare nel calcolo**

N°	Descrizione	cod.	MB	GS	RL	CT	NSA	IML	IA	coeff
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	6	1	1	1	1	1	1	1	1
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								
0		0								

**Parametri meccanici corretti secondo i coeff. di tab. C8A.2.2 circ. 617/2009**

N°	Tipol.	$f_m$ N/cm <sup>2</sup>	$\tau_o$ N/cm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	w KN/m <sup>3</sup>	$\sigma_o$ KN/m <sup>2</sup>
1	6	240	6,00	750,00	250,00	18,00	97,81
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00
0							0,00

$f_m$ = resistenza media a compressione della muratura

$\tau_o$ = resistenza media a taglio della muratura

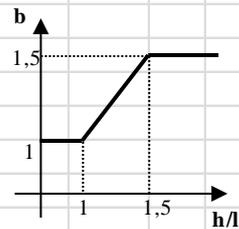
E= modulo di elasticità normale

G= modulo di elasticità tangenziale

w= peso specifico (anche con eventuale intonaco armato)

**Individuazione del coefficiente "b"**

N°	h/l	b
1	1,297	1,297
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000
0	0	0,000



**Calcolo rigidezza della parete**

	G N/mm <sup>2</sup>	t m	l m	h m	A m <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	K KN/m
1	250	0,65	1,85	2,4	1,2025	750	71130,5
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
0							
RIGIDEZZA DELLA PARETE (KN/m)							<b>71130,5</b>

### Calcolo resistenza dei singoli maschi murari

Codice per il calcolo dello spostamento al limite ultimo:		2
1: spostamento al limite ultimo pari a quello massimo previsto dalla normativa		
2: spostamento al limite ultimo pari a quello elastico moltiplicato per il coeff. di duttilità		

	$\tau_o$	$f_d$	$\sigma_o$	$V_t$	$V_{pf}$	$V_u$	$\delta_e$	tipo di rottura	$\mu$	$\delta_u$	$\delta_{u,max}$
	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN	KN	KN	mm			mm	mm
1	6,00	240	97,81	120,51	86,32	86,32	1,213	pressoflessione	2	2,73	14,40
0									2		
0											
0											
0											
0											
0											
0											
0											

$\tau_o$  = resistenza a taglio della muratura

$f_d$  = resistenza a compressione della muratura

$\sigma_o$  = tensione media verticale nella muratura

$V_t$  = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale)

$V_{pf}$  = resistenza a taglio per pressoflessione

$V_u$  = resistenza a taglio del maschio murario (minimo valore tra  $V_t$  e  $V_{pf}$ )

$\delta_e$  = spostamento del maschio murario al limite elastico

$\delta_u$  = spostamento del maschio murario al limite ultimo

$\delta_{u,max}$  = valore max = 0,4% \* h nel caso di rottura a taglio e 0,6% \* h nel caso di rottura per pressoflessione

### Calcolo resistenza della parete

Spostamento della parete al limite di rottura	mm	2,73
Contributo al taglio ultimo da parte del maschio 1	KN	86,32
TAGLIO ULTIMO DELLA PARETE	KN	86,32

Lo spostamento finale della parete è calcolato tenendo conto del coefficiente di duttilità di ogni singolo maschio murario

VERIFICHE

*a) La rigidezza finale della parete non deve cambiare significativamente rispetto a quella iniziale*

Max decremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale) 

15	%
----	---

Max incremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale) 

15	%
----	---

$K_{in}$ (KN/m)	116099,7732		
$K_{fin}$ (KN/m)	71130,5	variazione percentuale:	<b>-39</b> %

*La verifica NON è soddisfatta; occorre pertanto un intervento di rinforzo*

*b) La resistenza finale della parete non deve essere inferiore a quella iniziale*

$V_{t.in}$ (KN)	151,73
$V_{t.fin}$ (KN)	86,32

*La verifica non è soddisfatta pertanto occorre un intervento di rinforzo*

*c) Lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non deve essere inferiore a quello nello stato iniziale*

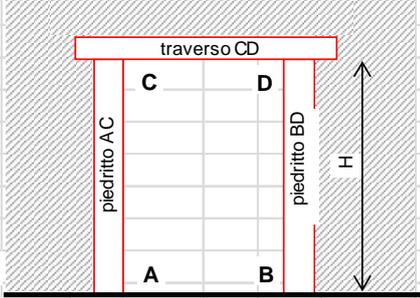
$\delta_{u.in}$ (mm)	2,61
$\delta_{u.fin}$ (mm)	2,73

*La verifica risulta pertanto soddisfatta*

**Riepilogo delle verifiche**

VERIFICA DELLA RIGIDEZZA	N
VERIFICA DELLA RESISTENZA	N
VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO	S
<b>PARERE VERIFICATA</b>	<b>NO</b>

## VIENE ORA VERIFICATO IL TELAIO IN HEB 180

TELAI IN ACCIAIO												
Numero di telai da inserire nella parete		3										
<p>Il telaio è formato da due piedritti, quello di destra (AC), quello di sinistra (BD) e dal traverso (CD). Ciascun piedritto può essere formato con uno o più profili metallici. Nella figura a lato ciascun piedritto è formato da 2 profili metallici.</p>												
prospetto												
pianta												
$H_{\text{telaio}}$ (cm)		220 (Altezza media dei telai)										
$K_{\text{ric}}$ (KN/m)		27554,265 (Rigidità richiesta ai telai)										
$J_{x,\text{piedr}}$ (cm <sup>4</sup> )		1940 (Momento d'inerzia minimo di un piedritto)										
n	nome	tipo piedritto			H (cm)	$W_x$ (cm <sup>3</sup> )	$J_x$ (cm <sup>4</sup> )	$K_T$ (KN/m)	$M_{el}$ (KNcm)	d (mm)	$F_T$ (KN)	$F_u$ (KN)
		n	serie	tipo								
1	TA1	1	heb	180	220	425,7	3831	18133,2	14392,71	14,43	44,01	261,69
2	TA2	1	heb	180	220	425,7	3831	18133,2	14392,71	14,43	44,01	261,69
3	TA3	1	heb	182	220	425,7	3831	18133,2	14392,71	14,43	44,01	261,69
0						0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0						0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0						0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALI</b>								<b>54399,6</b>			<b>132,03</b>	<b>785,06</b>

VERIFICHE

**a) La rigidezza finale (maschi murari + telai) non deve cambiare significativamente rispetto a quella iniziale**

Max decremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)	15	%
---	----	---

Max incremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)	15	%
---	----	---

$K_{t,in}$ (KN/m)	116099,77
$K_{t,fin}$ (KN/m)	125530,17

variazione percentuale:	8,12	%
-------------------------	------	---

La verifica risulta pertanto soddisfatta

**b) La resistenza finale (maschi murari + telai) non deve essere inferiore a quella iniziale**

$V_{t,in}$ (KN)	151,73
$V_{t,fin}$ (KN)	218,34

La verifica risulta pertanto soddisfatta

**c) Lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non deve essere inferiore a quello nello stato iniziale**

$\delta_{u,in}$ (mm)	2,614
$\delta_{u,fin}$ (mm)	2,735

La verifica risulta pertanto soddisfatta

**Riepilogo delle verifiche**

VERIFICA DELLA RIGIDEZZA	S
VERIFICA DELLA RESISTENZA	S
VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO	S
PARERE VERIFICATA	SI

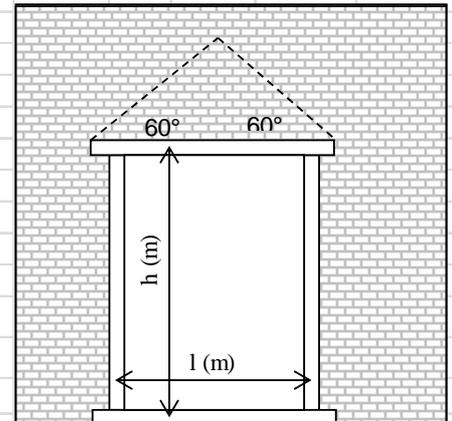
## VERIFICA DEI TELAI METALLICI

**TELAIO N. 3**

luce telaio l	1,1	m
altezza telaio h	2,1	m

Tipo di acciaio s235

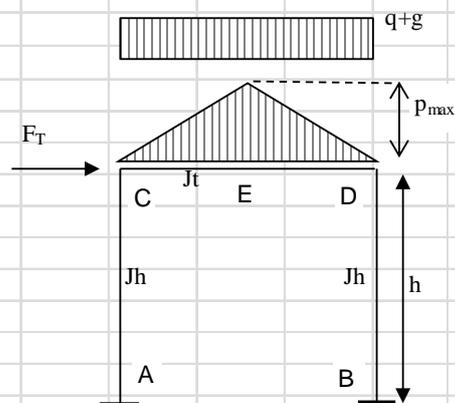
$f_{yk} =$	235,00	N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} =$	360,00	N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica di rottura
$\gamma_{M0} =$	1,05		coefficiente parziale di sicurezza
$E =$	210000	N/mm <sup>2</sup>	modulo elastico



Analisi dei carichi agenti sul telaio

	L(dx)		L(sx)		carichi permanenti		carichi variabili		carichi lineari	
	L(dx)	L(sx)	g (dx)	g (sx)	q (dx)	q (sx)	g	q	g	q
	m	m	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m
solaio sovrastante	2	2	6	6	2	2	12	4		
	spessore (m)		massa vol. (KN/m <sup>3</sup> )		p <sub>max</sub> (KN/m)					
muro sovrastante	0,65		21		12,99					

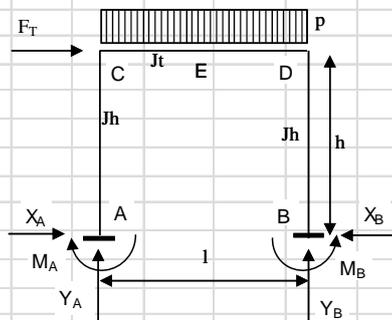
Schema statico:



Totale carichi permanenti	$g =$	18,49	KN/m	$l$	coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_G =$	1,5
Totale carichi variabili	$q =$	4	KN/m		coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_Q =$	1,5
					coeff. di combinazione	$\psi_{21} =$	1
Combinazione di carico ( $g \cdot \gamma_G + q \cdot \gamma_Q \cdot \psi_{21}$ ) =		33,74	KN/m				

<b>Traverso</b>	tipo	HEB	180	$J_x =$	3831	cm <sup>4</sup>	numero profili	3
<b>Piedritto</b>	tipo	HEB	180	$J_x =$	3831	cm <sup>4</sup>	numero profili	3

$p$ (KN/m)	33,74
$F_T$ (KN)	132,00
$l$ (m)	1,1
$h$ (m)	2,1
$J_t$ (cm <sup>4</sup> )	11493
$J_h$ (cm <sup>4</sup> )	11493
	$K = 1,909091$
	$K = J_t * h / (J_h * l)$



Reazioni vincolari

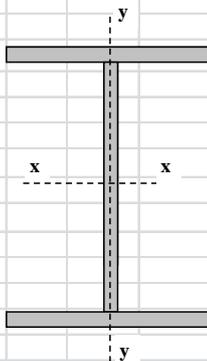
	dovute a p	dovute a $F_T$	sovrap.	
$X_A$	1,243	-66,000	-64,757	KN
$Y_A$	18,557	-115,883	-97,326	KN
$M_A$	0,870	-74,86	-73,99	KNm
$X_B$	1,243	66,000	67,243	KN
$Y_B$	18,557	115,883	134,441	KN
$M_B$	0,870	74,864	75,735	KNm

Sollecitazioni di calcolo

	asta AC		asta CD			asta BD	
	A	C	C	D	E	B	D
$M_{Ed}$ (KNm)	-73,99	62,00	62,00	-65,48	3,36	75,73	-65,48
$V_{Ed}$ (KN)	64,76	64,76	-97,33	-134,44	-115,88	67,24	67,24
$N_{Ed}$ (KN)	97,33	97,33	-67,24	-67,24	-67,24	-134,44	-134,44

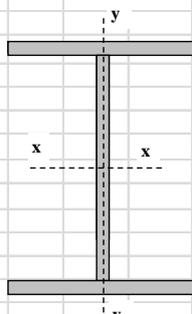
**PIEDRITTI**

Piedritti tipo	HEB	Numero di profili per ogni piedritto:	3
	180		



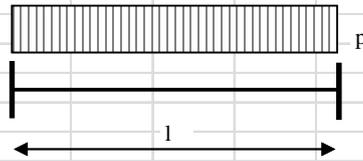
valori del singolo profilo	
$A =$	65,25 cm <sup>2</sup> area lorda del profilo
$b =$	180 mm larghezza delle ali
$t_f =$	14 mm spessore delle ali
$t_w =$	8,5 mm spessore dell'anima
$r =$	15 mm raggio di raccordo tra anima e ala
$h =$	180 mm altezza del profilo

E =	210000	N/mm <sup>2</sup>	modulo elastico		
W <sub>pl,x</sub> =	481,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza plastico del singolo profilo		
W <sub>el,x</sub> =	425,7	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo		
W <sub>el,y</sub> =	151,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo		
J <sub>x</sub> =	3831	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del singolo profilo		
A <sub>v</sub> =	20,24	cm <sup>2</sup>	area resistente al taglio (A <sub>v</sub> = A-2b*t <sub>f</sub> +(t <sub>w</sub> +2*r)*t <sub>f</sub> )		
Tipo di acciaio	s235	f <sub>yk</sub> =	235,00	N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica di snervamento
		f <sub>tk</sub> =	360,00	N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica di rottura
		γ <sub>M0</sub> =	1,05		coefficiente parziale di sicurezza
Classificazione del profilo		ε = 1	ε = √(235/f <sub>yk</sub> )		
Azione di compressione					
Ala	c/t =	5,05	classe	1	classe per azione di compressione: 1
Anima	c/t =	14,35	classe	1	
Azione di flessione					
Ala	c/t =	5,05	classe	1	classe per azione di flessione: 1
Anima	c/t =	14,35	classe	1	
Azione di pressoflessione					
Ala	c/t =	5,05	classe	1	classe per azione di pressoflessione: 1
Anima	c/t =	14,35	classe	1	
c =	122,0	α =	0,59		
x =	22,43	ψ =	-0,79		
396ε/(13α-1) =	59,146	456ε/(13α-1) =	68,1075		
36ε/α =	60,816	41,5ε/α =	70,1078		
42ε/(0,67+0,33ψ) =	102,814				
62ε(1-ψ)√(-ψ) =	98,925				
verifica la classe			1		
verifica la classe			2		
verifica la classe			3		
Classe di appartenenza del profilo			<b>1</b> (azione di pressoflessione)		
(per profili IPE o HE → per l'ala: c = b-t <sub>w</sub> -2·r t = t <sub>f</sub> ; per l'anima: c = h-2·t <sub>f</sub> -2·r t = t <sub>w</sub> )					

TRAVERSI																												
Traverso tipo	HEB	Numero di profili per il traverso:	3																									
	180																											
		<table border="1"> <tr> <td rowspan="6">valori del singolo profilo</td> <td>A =</td> <td>65,25</td> <td>cm<sup>2</sup></td> <td>area lorda del profilo</td> </tr> <tr> <td>b =</td> <td>180</td> <td>mm</td> <td>larghezza delle ali</td> </tr> <tr> <td>t<sub>f</sub> =</td> <td>14</td> <td>mm</td> <td>spessore delle ali</td> </tr> <tr> <td>t<sub>w</sub> =</td> <td>8,5</td> <td>mm</td> <td>spessore dell'anima</td> </tr> <tr> <td>r =</td> <td>15</td> <td>mm</td> <td>raggio di raccordo tra anima e ala</td> </tr> <tr> <td>h =</td> <td>180</td> <td>mm</td> <td>altezza del profilo</td> </tr> </table>		valori del singolo profilo	A =	65,25	cm <sup>2</sup>	area lorda del profilo	b =	180	mm	larghezza delle ali	t <sub>f</sub> =	14	mm	spessore delle ali	t <sub>w</sub> =	8,5	mm	spessore dell'anima	r =	15	mm	raggio di raccordo tra anima e ala	h =	180	mm	altezza del profilo
valori del singolo profilo	A =	65,25	cm <sup>2</sup>		area lorda del profilo																							
	b =	180	mm		larghezza delle ali																							
	t <sub>f</sub> =	14	mm		spessore delle ali																							
	t <sub>w</sub> =	8,5	mm		spessore dell'anima																							
	r =	15	mm		raggio di raccordo tra anima e ala																							
	h =	180	mm	altezza del profilo																								
<table border="1"> <tr> <td>E =</td> <td>210000</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> <td>modulo elastico</td> </tr> <tr> <td>W<sub>pl,x</sub> =</td> <td>481,4</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>modulo di resistenza plastico del singolo profilo</td> </tr> <tr> <td>W<sub>el,x</sub> =</td> <td>425,7</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>modulo di resistenza elastico del singolo profilo</td> </tr> <tr> <td>W<sub>el,y</sub> =</td> <td>151,4</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>modulo di resistenza elastico del singolo profilo</td> </tr> <tr> <td>J<sub>x</sub> =</td> <td>3831</td> <td>cm<sup>4</sup></td> <td>momento d'inerzia del singolo profilo</td> </tr> <tr> <td>A<sub>v</sub> =</td> <td>20,24</td> <td>cm<sup>2</sup></td> <td>area resistente al taglio (A<sub>v</sub> = A - 2b*t<sub>f</sub> + (t<sub>w</sub> + 2*r)*t<sub>f</sub>)</td> </tr> </table>		E =	210000	N/mm <sup>2</sup>	modulo elastico	W <sub>pl,x</sub> =	481,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza plastico del singolo profilo	W <sub>el,x</sub> =	425,7	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo	W <sub>el,y</sub> =	151,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo	J <sub>x</sub> =	3831	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del singolo profilo	A <sub>v</sub> =	20,24	cm <sup>2</sup>	area resistente al taglio (A <sub>v</sub> = A - 2b*t <sub>f</sub> + (t <sub>w</sub> + 2*r)*t <sub>f</sub> )			
E =	210000	N/mm <sup>2</sup>	modulo elastico																									
W <sub>pl,x</sub> =	481,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza plastico del singolo profilo																									
W <sub>el,x</sub> =	425,7	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo																									
W <sub>el,y</sub> =	151,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico del singolo profilo																									
J <sub>x</sub> =	3831	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del singolo profilo																									
A <sub>v</sub> =	20,24	cm <sup>2</sup>	area resistente al taglio (A <sub>v</sub> = A - 2b*t <sub>f</sub> + (t <sub>w</sub> + 2*r)*t <sub>f</sub> )																									
Tipo di acciaio	s235	f <sub>yk</sub> =	235,00 N/mm <sup>2</sup> tensione caratteristica di snervamento																									
		f <sub>tk</sub> =	360,00 N/mm <sup>2</sup> tensione caratteristica di rottura																									
		γ <sub>M0</sub> =	1,05 coefficiente parziale di sicurezza																									
Classificazione del profilo		ε = 1	ε = √(235/f <sub>yk</sub> )																									
Azione di compressione																												
Ala	c/t = 5,05	classe 1	classe per azione di compressione: 1																									
Anima	c/t = 14,35	classe 1																										
Azione di flessione																												
Ala	c/t = 5,05	classe 1	classe per azione di flessione: 1																									
Anima	c/t = 14,35	classe 1																										
Azione di pressoflessione																												
Ala	c/t = 5,05	classe 1	classe per azione di pressoflessione: 1																									
Anima	c/t = 14,35	classe 1																										
c = 122,0	α = 0,55																											
x = 11,22	ψ = -0,87																											
396ε/(13α-1) = 64,941	456ε/(13α-1) = 74,7804																											
36ε/α = 65,935	41,5ε/α = 76,0089																											
42ε/(0,67+0,33ψ) = 110,108																												
62ε(1-ψ)√(-ψ) = 108,671																												
verifica la classe	1																											
verifica la classe	2																											
verifica la classe	3																											
Classe di appartenenza del profilo		1	(azione di pressoflessione)																									

(per profili IPE o HE → per l'ala: $c = b - t_w - 2 \cdot r$ $t = t_f$ ; per l'anima: $c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r$ $t = t_w$ )						
<b>Resistenze di calcolo</b>						
<i>Piedritti</i>						
$M_{c,Rd} =$	323,226 KNm Resistenza di calcolo a flessione					
$V_{c,Rd} =$	784,603 KN Resistenza di calcolo a taglio					
$N_{c,Rd} =$	4381,07 KN Resistenza di calcolo a sforzo normale					
<i>Traverso</i>						
$M_{c,Rd} =$	323,226 KNm Resistenza di calcolo a flessione					
$V_{c,Rd} =$	784,603 KN Resistenza di calcolo a taglio					
$N_{c,Rd} =$	4381,07 KN Resistenza di calcolo a sforzo normale					
<b>Verifiche di resistenza (SLU): stato limite di collasso per formazione di cerniera plastica nella sezione</b>						
<i>Piedritti</i>						
$V_{Ed} / V_{c,Rd} =$	0,0857 $\leq 0,5$ : si può trascurare l'influenza del taglio					
$\rho =$	0,000 Percentuale di riduzione della tensione di snervamento (interazione T-M)					
$(A - 2bt_f)/A =$	0,22759					
$a =$	0,228 $a = (A - 2bt_f)/A$ se $\leq 0,5$ altrimenti $a = 0,5$					
<b>sezione</b>	<b><math>n = N_{Ed}/N_{pl,Rd}</math></b>	<b><math>M_{pl,y,Rd}</math></b>	<b><math>M_{N,y,Rd}</math></b>	<b><math>M_{Ed}</math></b>	<b><math>M_{N,y,Rd}/M_{Ed}</math></b>	<b>esito della verifica</b>
						$M_{N,y,Rd}/M_{Ed} \geq 1$
A	0,0222151	323,2257143	323,2257143	-74,0	4,37	<b>verificato</b>
C	0,0222151	323,2257143	323,2257143	62,0	5,21	<b>verificato</b>
B	0,0306867	323,2257143	323,2257143	75,7	4,27	<b>verificato</b>
D	0,0306867	323,2257143	323,2257143	-65,5	4,94	<b>verificato</b>
<i>Traverso</i>						
$V_{Ed} / V_{c,Rd} =$	0,1713 $\leq 0,5$ : si può trascurare l'influenza del taglio					
$\rho =$	0,000 Percentuale di riduzione della tensione di snervamento (interazione T-M)					
$(A - 2bt_f)/A =$	0,22759					
$a =$	0,228 $a = (A - 2bt_f)/A$ se $\leq 0,5$ altrimenti $a = 0,5$					
<b>sezione</b>	<b><math>n = N_{Ed}/N_{pl,Rd}</math></b>	<b><math>M_{pl,y,Rd}</math></b>	<b><math>M_{N,y,Rd}</math></b>	<b><math>M_{Ed}</math></b>	<b><math>M_{N,y,Rd}/M_{Ed}</math></b>	<b>esito della verifica</b>
C	0,0153486	323,2257143	323,2257143	62,0	5,21	<b>verificato</b>
D	0,0153486	323,2257143	323,2257143	-65,5	4,94	<b>verificato</b>
E	0,0153486	323,2257143	323,2257143	3,4	96,12	<b>verificato</b>
$(M_{c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0})$	Momento resistente a flessione (per sezioni di classe 1 e 2)					
$(M_{c,Rd} = M_{el,y,Rd} = W_{el,min} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0})$	Momento resistente a flessione (per sezioni di classe 3)					
$(N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0})$	Resistenza plastica della sezione (per sezioni di classe 1, 2 e 3)					
$(V_{c,Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	Resistenza di calcolo a taglio					

**Verifiche allo SLE (deformabilità) del traverso**



$p =$	33,74	KN/m
-------	-------	------

$l =$	1,1	m
-------	-----	---

$M_{Ed} =$	5,10	KNm
------------	------	-----

$M_{el} =$	285,827	KNm	Momento al limite elastico ( $W_{el} * f_{yk} / \gamma_0$ )
------------	---------	-----	---

La trave si trova in fase elastica in quanto  $M_{Ed} < M_{el}$

A favore di sicurezza, si considera la stessa combinazione di carico utilizzata per la verifica di resistenza allo S.L.U.

Totale carichi permanenti	$g =$	18,49	KN/m	coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_G =$	1,5
---------------------------	-------	-------	------	------------------------------	--------------	-----

Totale carichi variabili	$q =$	4	KN/m	coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_Q =$	1,5
--------------------------	-------	---	------	------------------------------	--------------	-----

Combinazione di carico ( $g \gamma_G + q \gamma_Q$ ) =	33,74	KN/m
--	-------	------

$\delta_c$ (mm) =	0	monta iniziale della trave
$\delta_1$ (mm) =	0,01	spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti
$\delta_2$ (mm) =	0,00	spostamento elastico dovuto ai carichi variabili
$\delta_{max}$ (mm) =	0,02	spostamento nello stato finale depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$

Valori limite

$\delta_{max} / L = 1/k$	$k =$	400
--------------------------	-------	-----

$\delta_2 / L = 1/k$	$k =$	500
----------------------	-------	-----

$\delta_{max, LIM} =$	2,750	mm
-----------------------	-------	----

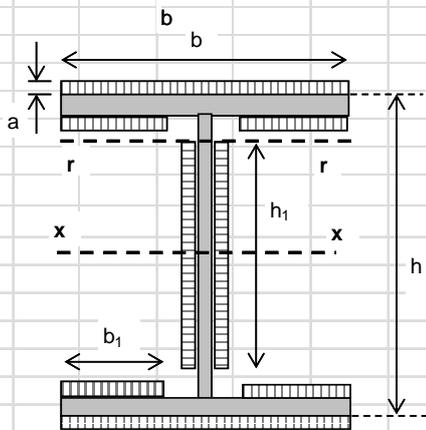
$\delta_{2, LIM} =$	2,200	mm
---------------------	-------	----

$\delta_{max}$	< del valore limite __ VERIFICATO
----------------	-----------------------------------

$\delta_2$	< del valore limite __ VERIFICATO
------------	-----------------------------------

**VERIFICA COLLEGAMENTO SALDATO PIEDRITTO - TRAVERSO**

verifiche collegamenti saldati in sommità del piedritto e alla base (collegamento piedritto - piastra di base)  
 saldature con cordoni d'angolo



b =	160	mm	max	180	ok
b <sub>1</sub> =	40	mm		70,8	ok
h <sub>1</sub> =	100	mm		122	ok
h =	180	mm			
s =	8	mm	spessore cordone		
a =	5,657	mm	sezione di gola		

V <sub>Ed</sub> =	67,2433	KN
N <sub>Ed</sub> =	134,441	KN
M <sub>Ed</sub> =	75,7346	KNm

f<sub>yk</sub> = 235,00 tensione caratteristica di snervamento  
 β<sub>1</sub> = 0,85 acciaio S235  
 β<sub>2</sub> = 1 acciaio S235

Le caratteristiche geometriche sotto riportate, tengono conto della riduzione dei cordoni di saldatura dovuta alla presenza di più profili che ostacolano la realizzazione dei cordoni stessi sull'intero perimetro di ciascun profilo.

J <sub>x</sub> =	5839,3	cm <sup>4</sup>	momento di inerzia della sezione resistente delle saldature
A =	95,0	cm <sup>2</sup>	area della sezione resistente delle saldature
W <sub>x</sub> =	610,4	cm <sup>3</sup>	modulo di resistenza elastico
S <sub>r</sub> =	318,283	cm <sup>3</sup>	momento statico rispetto all'asse x della parte di sezione staccata dall'asse r

**cordoni d'anima**

Si considera la sezione di gola in posizione ribaltata

n <sub>⊥</sub> =	7,900	KN/cm <sup>2</sup>	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone
t <sub>⊥</sub> =	0,000	KN/cm <sup>2</sup>	tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone
τ <sub>∥</sub> =	3,240	KN/cm <sup>2</sup>	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone

Per la verifica deve risultare:  $(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$  e  $n_{\perp} / + / t_{\perp} / \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$

$(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} = 8,54$  KN/cm<sup>2</sup>

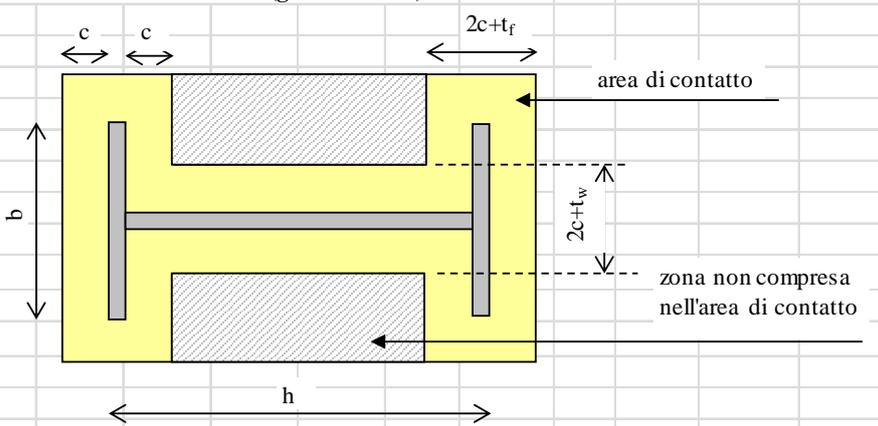
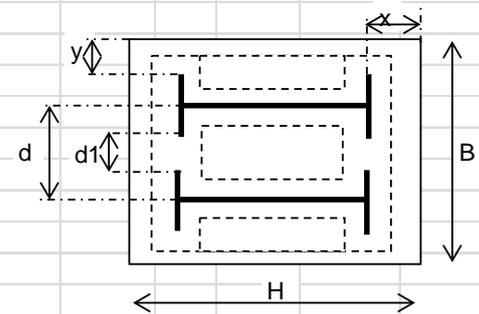
$(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$	<b>verificato</b>
--	-------------------

β<sub>1</sub> · f<sub>yk</sub> = 19,98 KN/cm<sup>2</sup>

/ n<sub>⊥</sub> / + / t<sub>⊥</sub> / = 7,90 KN/cm<sup>2</sup>

/ n <sub>⊥</sub> / + / t <sub>⊥</sub> / ≤ β <sub>2</sub> · f <sub>yk</sub>	<b>verificato</b>
--	-------------------

β<sub>2</sub> · f<sub>yk</sub> = 23,5 KN/cm<sup>2</sup>

<b>cordoni d'ala</b>			
Si considera la sezione di gola in posizione ribaltata			
$n_{\perp} =$	13,821	KN/cm <sup>2</sup>	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone
$t_{\perp} =$	0,000	KN/cm <sup>2</sup>	tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone
$\tau_{\parallel} =$	0,000	KN/cm <sup>2</sup>	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone
Per la verifica deve risultare: $(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$ e $n_{\perp} / + / t_{\perp} / \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$			
$(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} =$	13,82	KN/cm <sup>2</sup>	
$\beta_1 \cdot f_{yk} =$	19,98	KN/cm <sup>2</sup>	$(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$ <b>verificato</b>
$n_{\perp} / + / t_{\perp} / =$	13,82	KN/cm <sup>2</sup>	$n_{\perp} / + / t_{\perp} / \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$ <b>verificato</b>
$\beta_2 \cdot f_{yk} =$	23,5	KN/cm <sup>2</sup>	
<b>VERIFICA COLLEGAMENTO MONTANTE-FONDAZIONE (giunto di base)</b>			
$n =$	3	numero profili	
$b =$	180	mm	
$h =$	180	mm	
$t_f =$	14	mm	
$t_w =$	8,5	mm	
			
$d =$	200	mm	interasse profili del piedritto (caso di due o più profili)
$B =$	600	mm	larghezza piastra
$H =$	350	mm	lunghezza piastra
$x =$	85	mm	ok
$y =$	10	mm	ok
$d1 =$	20	mm	ok
			
<b>Piastra di base</b>		spessore della piastra di base $t =$ 10 mm	
Tipo di acciaio S235		$f_{yk} =$ 235,00	N/mm <sup>2</sup> tensione caratteristica di snervamento
		$f_{tk} =$ 360,00	N/mm <sup>2</sup> tensione caratteristica di rottura
		$\gamma_{M0} =$ 1,05	coefficiente parziale di sicurezza

## 24) VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

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

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

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

Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo

**Titolo del codice di calcolo:** MasterSap;

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

**Versione:** MasterSap 2019

**Estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso:** PRD STUDIO PAESE ROMELLI DAMONTE INGEGNERI RIUNITI

## 25) AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2011

8 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi

di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

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

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

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

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

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

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

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

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che

dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

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

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

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

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

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

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

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

## **26) VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'**

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

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

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

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

## 27) CONCLUSIONI

Tutte le verifiche illustrate nella presente relazione, effettuate assumendo i parametri geotecnici rilevati dalla Relazione Geologica-Tecnica esecutiva redatta dalla Dott. Geol. *ELISABETTA BARBORO*, dimostrano l'osservanza delle Norme del D.M. del 17.01.2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*”

Genova, 06 Ottobre 2020

ing. *Romelli Alessandro*

