

# Hilti Seismic Academy

## Esempi di progettazione antisismica di elementi non strutturali

**Ing. Marco Mitri**

Associato – Studio d'ingegneria Suraci – Udine

[marco.mitri@studiosuraci.it](mailto:marco.mitri@studiosuraci.it)

[www.studiosuraci.it](http://www.studiosuraci.it)

# SISTEMA HILTI D'INSTALLAZIONE MQ ZINCATO A FREDDO

## Progetto n. 1

Centro servizi e laboratori destinati all'Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" di Udine –  
Staffaggio antisismico impianti

Livello 0

Livelli 1, 2, 3

## Progetto n. 2

Edificio di nuova costruzione presso lo stabilimento  
Biofarma s.p.a. – Mereto di Tomba - Udine – Staffaggio  
antisismico impianti

## Progetto n. 3

Sala prove banda musicale - Roma - Struttura metallica di  
sostegno diffusori a soffitto

## Progetto n. 1

### Centro servizi e laboratori destinati all'Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" di Udine



#### Prestazioni eseguite:

- progettazione esecutiva strutturale
- progettazione esecutiva staffaggi antisismici impianti

(sezione news sito [www.studiosuraci.it](http://www.studiosuraci.it) articolo su descrizione sistema di prefabbricazione acciaio-calcestruzzo utilizzato per la costruzione dell'edificio)

# Progetto n. 1



## Progetto n. 1

Impresa esecutrice delle linee primarie degli impianti:  
AR.CO. Lavori S.C.C. : **Vaportermica Commerciale srl**,  
Tavagnacco (UD) – **E.D. Impianti srl**, Cividale del Friuli  
(UD) – Elettrotec, Tavagnacco (UD) – DS Medica

Le imprese esecutrici degli impianti hanno l'onere di realizzare lo staffaggio antisismico degli impianti

**CRITICITA'**

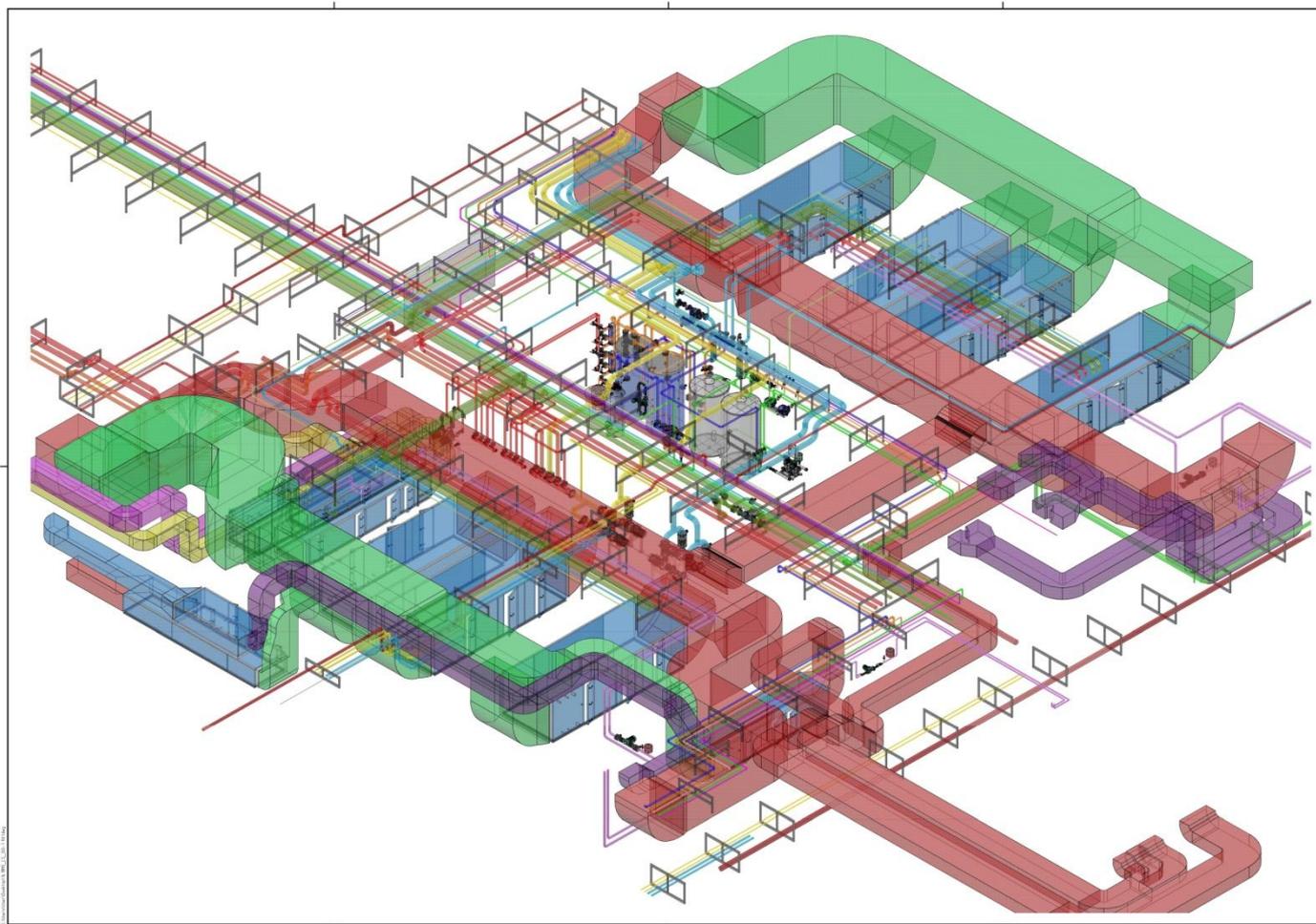
Assenza di un progetto esecutivo degli staffaggi antisismici

# Progetto n. 1

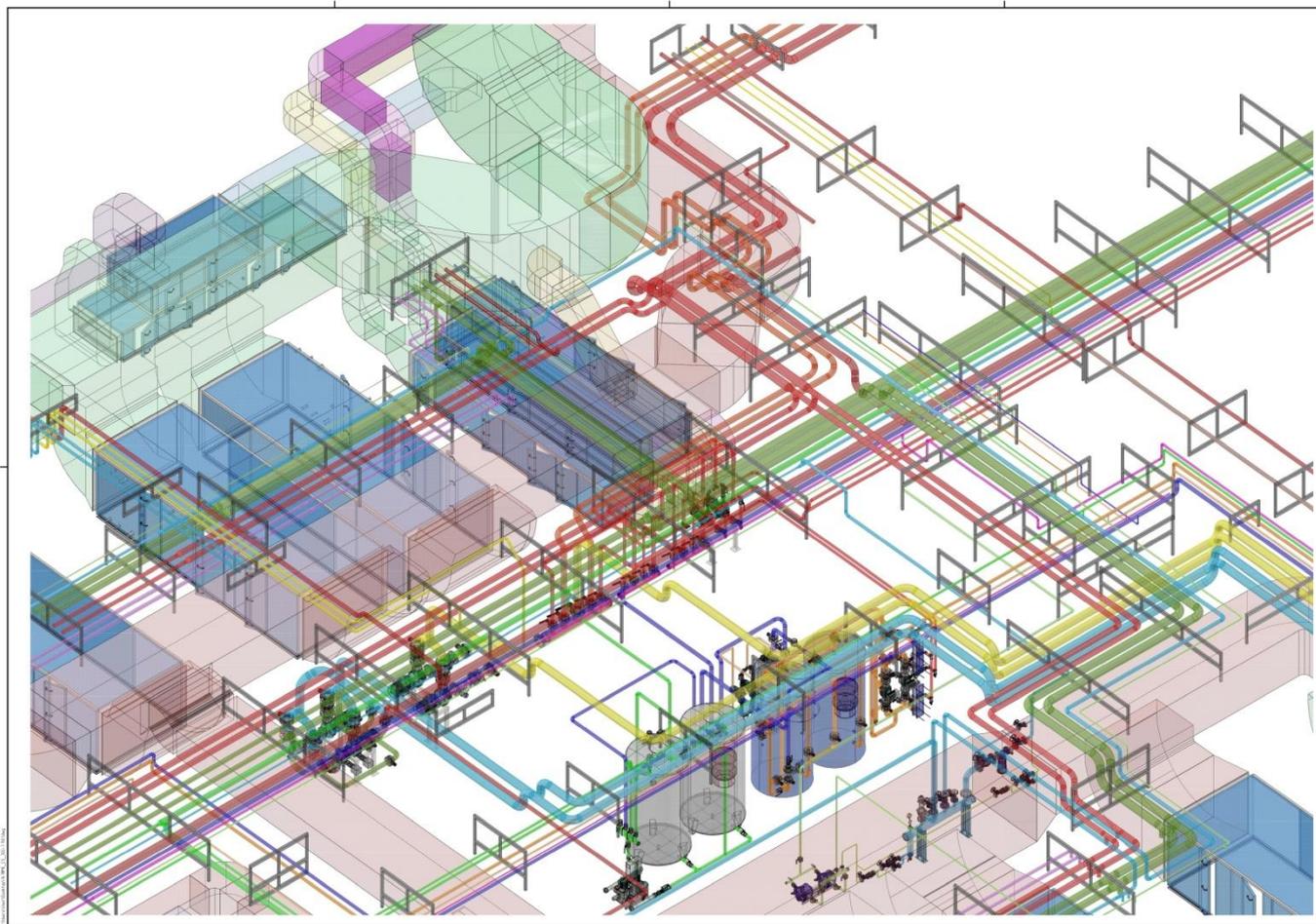
## ASPETTO POSITIVO

Elaborazione del progetto esecutivo degli staffaggi antisismici sulla base di un progetto impiantistico costruttivo (sviluppo completo delle linee impiantistiche in 3D e posizionamento degli staffaggi)

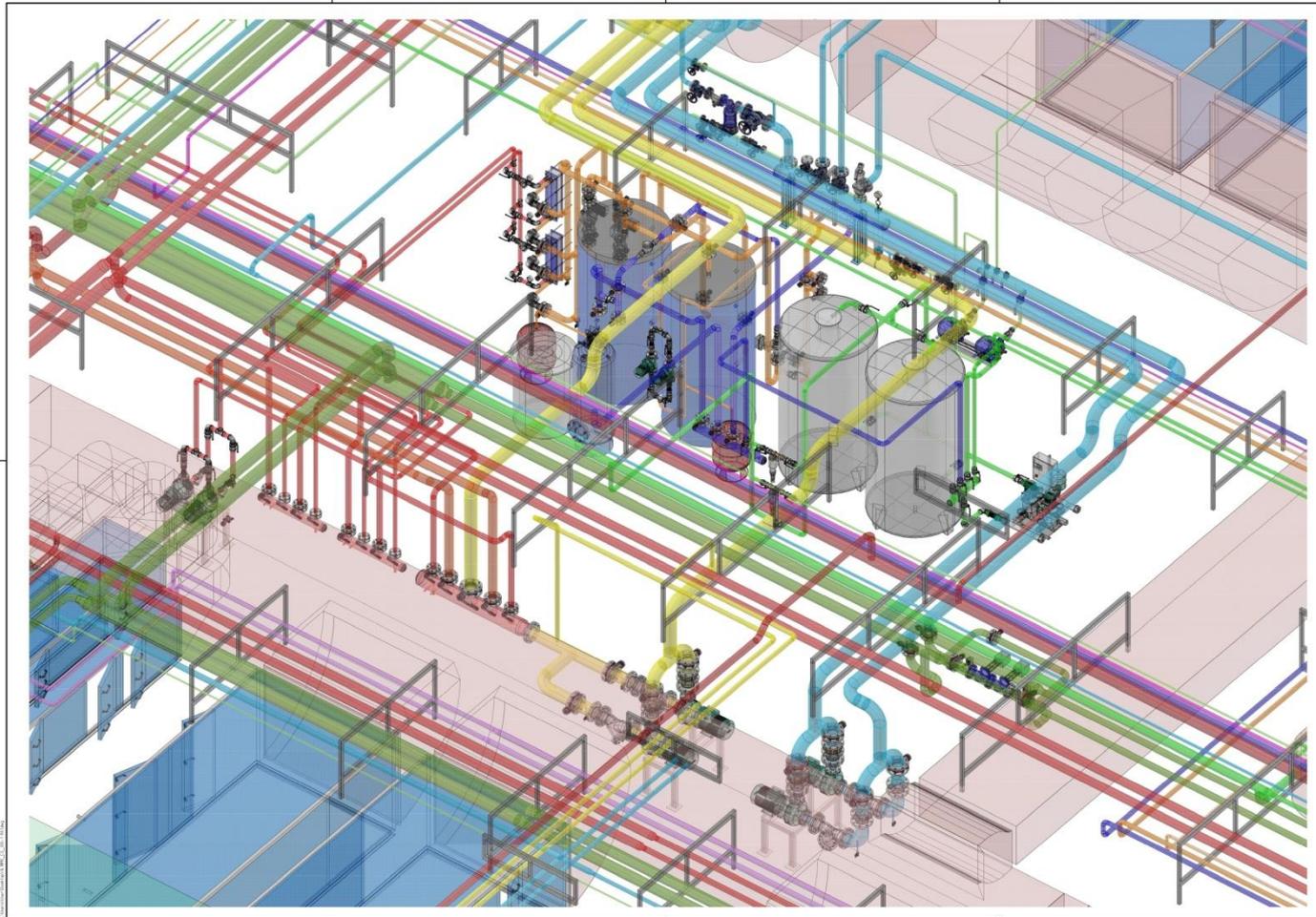
# Progetto n. 1



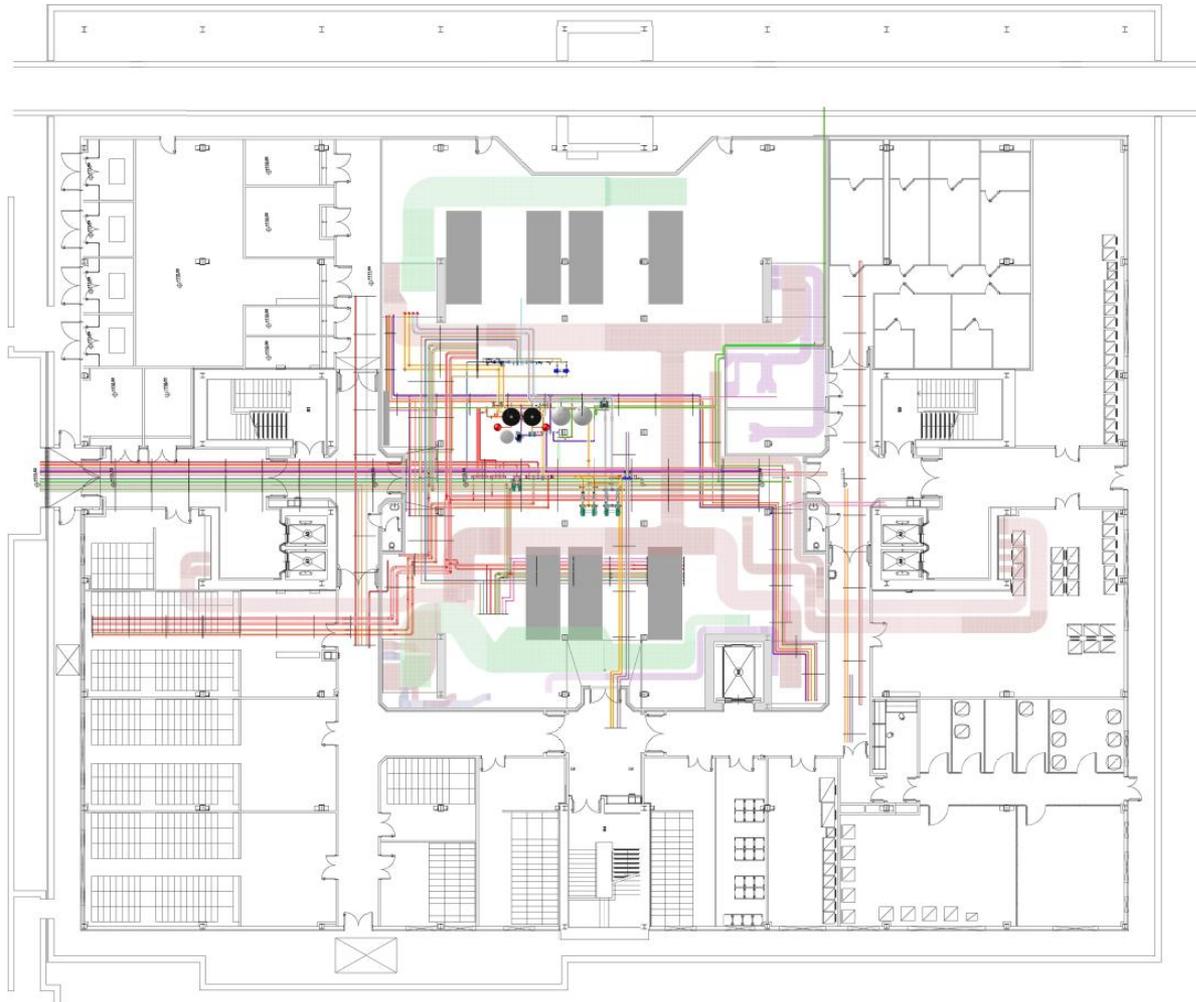
# Progetto n. 1



# Progetto n. 1

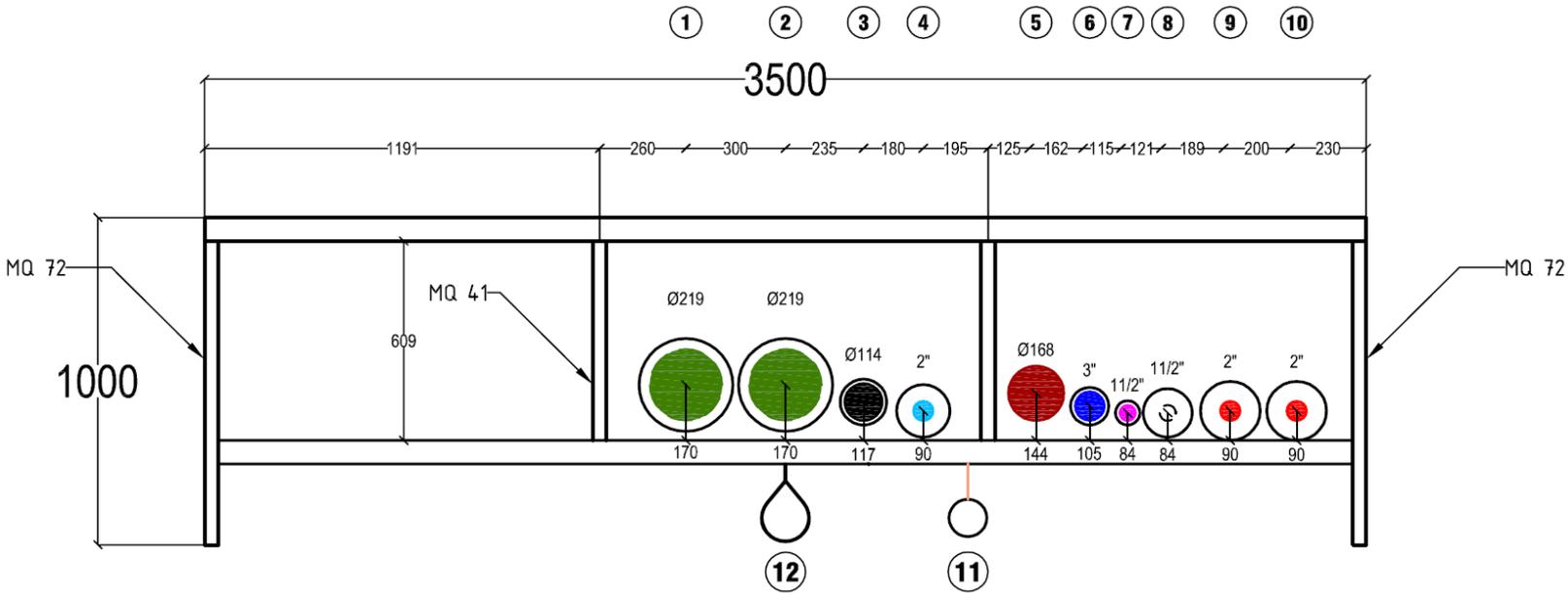


# Progetto n. 1



**NOTA:** Linee principali posizionate nei corridoi e nei locali tecnici

# Progetto n. 1



# Progetto n. 1

## ASPETTO NEGATIVO

La progettazione degli staffaggi antisismici procede parallelamente all'installazione delle linee.

## SOLUZIONE

Il Sistema HILTI d'installazione MQ zincato a freddo introduce una elevata flessibilità nella realizzazione di sistema di staffaggio antisismici; il sistema infatti consente di apportare modifiche e/o integrazioni agli elementi già installati in maniera semplice e veloce (procedura di difficile attuazione utilizzando una struttura metallica "tradizionale": maggiori tempi d'esecuzione e maggiori costi).

# Progetto n. 1

## PROCEDURA DI PROGETTAZIONE

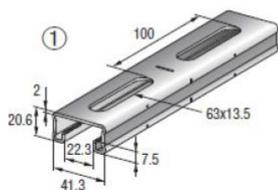
1. Definizione della tipologia di fissaggio al solaio alveolare.
2. Definizione preliminare di alcuni schemi tipici di staffaggio ricorrenti, in modo da consentire all'impresa di procedere con le lavorazioni.
3. Affinamento dei modelli di calcolo, procedendo in dettaglio alla verifica di tutte le aste, elementi di unione, sistemi di ancoraggio.
4. Conferma di tutti gli staffaggi antisismici, con eventuale agevole integrazione/modifica degli elementi già installati.

# Progetto n. 1

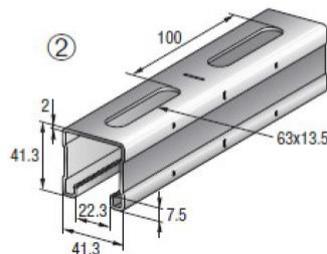
## SISTEMA HILTI D'INSTALLAZIONE MQ ZINCATO A FREDDO

Binari

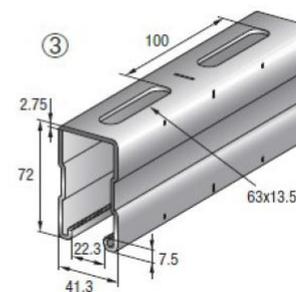
### SISTEMA MQ



**MQ-21**



**MQ-41**

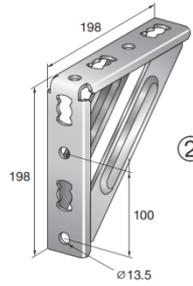
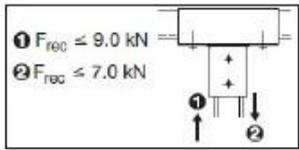
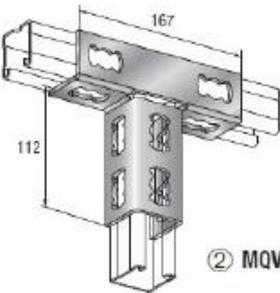
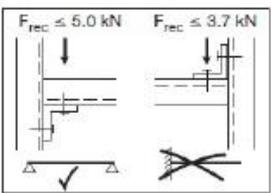
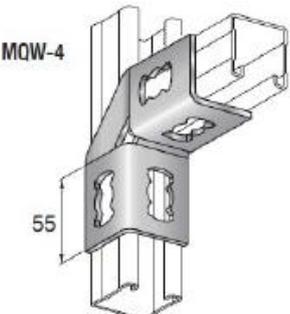
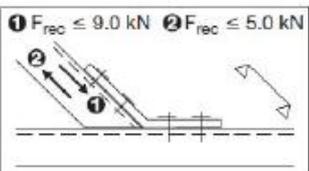
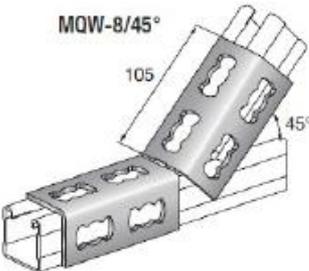


**MQ-72**

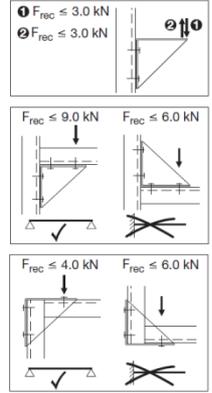
# Progetto n. 1

## SISTEMA HILTI D'INSTALLAZIONE MQ ZINCATO A FREDDO

### Elementi d'unione



② MQW-S/2



**NOTA:** resistenze diverse se agisce una sforzo di trazione o di compressione sull'elemento

## Progetto n. 1

# SISTEMA HILTI D'INSTALLAZIONE MQ ZINCATO A FREDDO

## NOTA BENE:

Il manuale HILTI per i sistemi MQ riporta:

*“La tensione ammissibile è data dalla formula  $\sigma_{amm} = \sigma_d / \gamma_{G/Q}$  con  $\gamma_{G/Q} = 1,4$ ;  $\sigma_d$  risulta dall' aumentato limite di snervamento valido per foggatura a freddo secondo DAST-RILI 016 del 1992:  $\sigma_d = f_{yk} / \gamma_M$  con  $\gamma_M = 1,1$ ”*

Pertanto il manuale HILTI per i sistemi MQ fornisce dei valori di resistenza dei collegamenti raccomandati ( $F_{racc}$ ) da confrontarsi con sollecitazioni caratteristiche, ovvero alle quali non è stato applicato alcun fattore amplificativo  $\gamma_{G/Q}$ . Per effettuare la verifica delle sollecitazioni ottenute secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite (SLU e SLV) si interviene quindi sui valori di resistenza, moltiplicando i valori raccomandati per un fattore  $\gamma_{G/Q}$  pari a 1,4.

# Progetto n. 1

## FASI PROGETTAZIONE

1. Analisi dei carichi verticali agenti sulla staffa.
2. Analisi dinamica per la determinazione periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento ( $T_a$ ).
3. Calcolo dell'accelerazione massima adimensionalizzata rispetto a  $g$  a cui l'elemento è sottoposto ( $S_a$ ).
4. Calcolo azioni sismiche ( $F_a$ ) utilizzando l'appropriato fattore di struttura dell'elemento ( $q_a$ ).
5. Verifica degli elementi costituenti lo staffaggio (binari ed elementi d'unione).
6. In caso di verifiche con esito negativo, si procede alla modifica dello schema dello staffaggio (rideterminazione del periodo  $T_a$  e riverifica dello staffaggio).

## Progetto n. 1

### NOTA: FATTORE DI STRUTTURA $q_a$

Il fattore di struttura dell'elemento  $q_a$  può assumere i seguenti valori (tab. 7.2.I del D.M. 14/01/2008):

$q_a = 1$  (porzioni di staffa con schema resistente a sbalzo)

$q_a = 2$  (porzioni di staffa con schema resistente costituito da controventi)

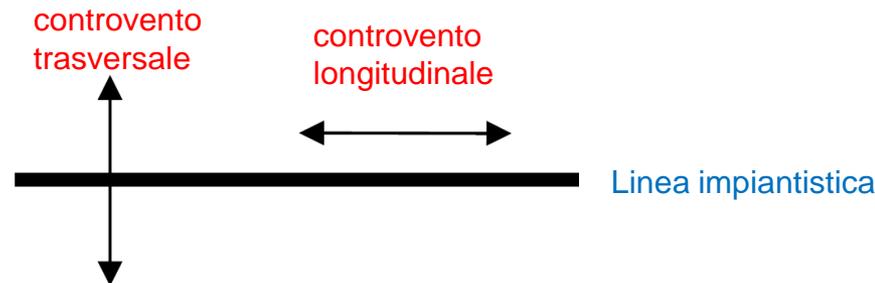
**NOTA:** la determinazione di  $q_a$  viene eseguita per porzioni di staffa e in modo autonomo per le due direzioni lungo cui determino l'azione sismica (trasversale e longitudinale).

Nel caso di carichi verticali elevati e coefficienti  $S_a$  consistenti è consigliabile adottare schemi con controventi.

## Progetto n. 1 – Livello 0

Considerazioni iniziali per la disposizione dei controventi:

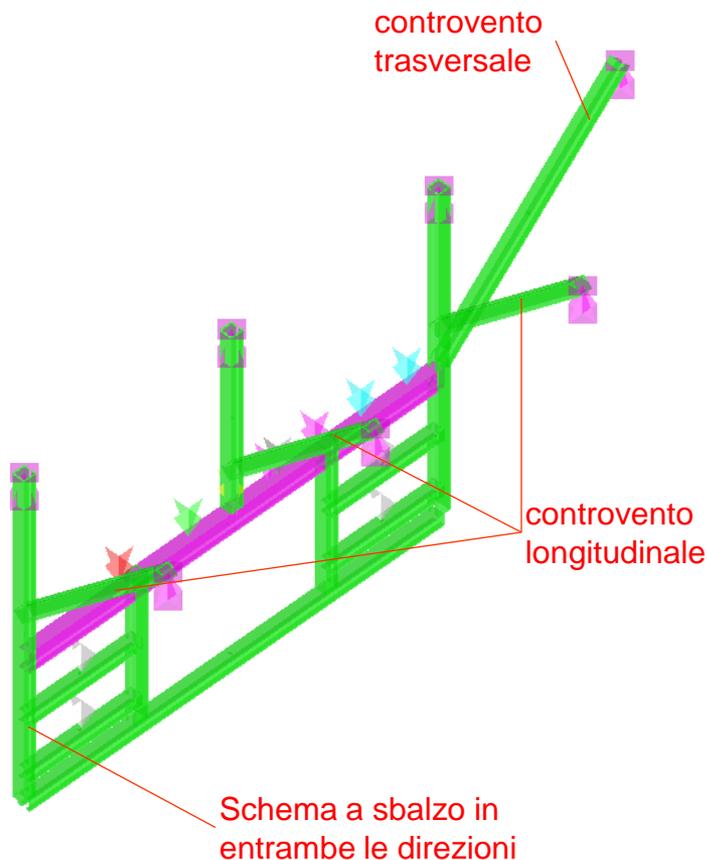
1. Nessuna limitazione nella disposizione dei controventi longitudinali (si tratta dei controventi posizionati **parallelamente** alla direzione delle linee impiantistiche).
2. Possibilità di disporre controventi trasversali **in ogni staffa**, trattandosi di piano destinato a locali tecnici (si tratta dei controventi posizionati **perpendicolarmente** alla direzione delle linee impiantistiche).



**NOTA:** i controventi longitudinali vengono disposti solo in alcune staffe, in quanto, creando dei punti fissi, impediscono le dilatazioni termiche delle tubazioni che trasportano fluidi "caldi" e pertanto devono essere inseriti dei compensatori di dilatazione fra due punti fissi successivi. Si è optato quindi per distanze fra controventi longitudinali il più elevate possibili (compatibilmente con le resistenze degli elementi costituenti lo staffaggio e le caratteristiche delle linee impiantistiche) per limitare il numero di tali dispositivi (ottenendo, di conseguenza una riduzione dei costi).

# Progetto n. 1 – Livello 0

## Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



Tutte le aste sono considerate incernierate alle estremità (ad eccezione degli elementi HILTI mensola). Le aste sono reagenti sia a compressione che a trazione per cui unico elemento di controvento per entrambe le direzioni in cui agisce il sisma.

**NOTA:** I modelli di calcolo sono stati implementati in un programma di calcolo generico; HILTI attualmente distribuisce gratuitamente il programma di calcolo **Profis Installation** che semplifica le procedure di progettazione degli staffaggi. Nella modellazione è stata definita, per i binari, una sezione equivalente che abbia caratteristiche meccaniche analoghe a quelle riportate nel manuale.

# Progetto n. 1 – Livello 0

## Analisi dei carichi verticali e orizzontali (sismici) in direzione longitudinale

	carico a ml con fluido e isolamento	carico passo: (2,40) m	acc. orizz.	carico orizzontale lunghezza: (2,40) m	braccio	momento torcente
Posizione / Staffa N°	daN/m	daN	-	daN	m	daNm
1	51,26	123	0,187	23,0	0,16	3,7
2	4,41	11	0,187	2,0	0,16	0,3
3	3,20	8	0,187	1,4	0,16	0,2
4	3,20	8	0,187	1,4	0,16	0,2
5	10,10	24	0,187	4,5	0,08	0,4
6	32,54	78	0,187	14,6	0,08	1,2
7	8,00	19	0,374	7,2	0	0,0

Utilizzato  $q_a=1$  per le aste con schema resistente a mensola

Combinazione di carico sismico:

$$G_1+G_2+Q+/-E_{long}+/-0,3E_{trasv}$$

$$G_1+G_2+Q+/-0,3E_{long}+/-E_{trasv}$$

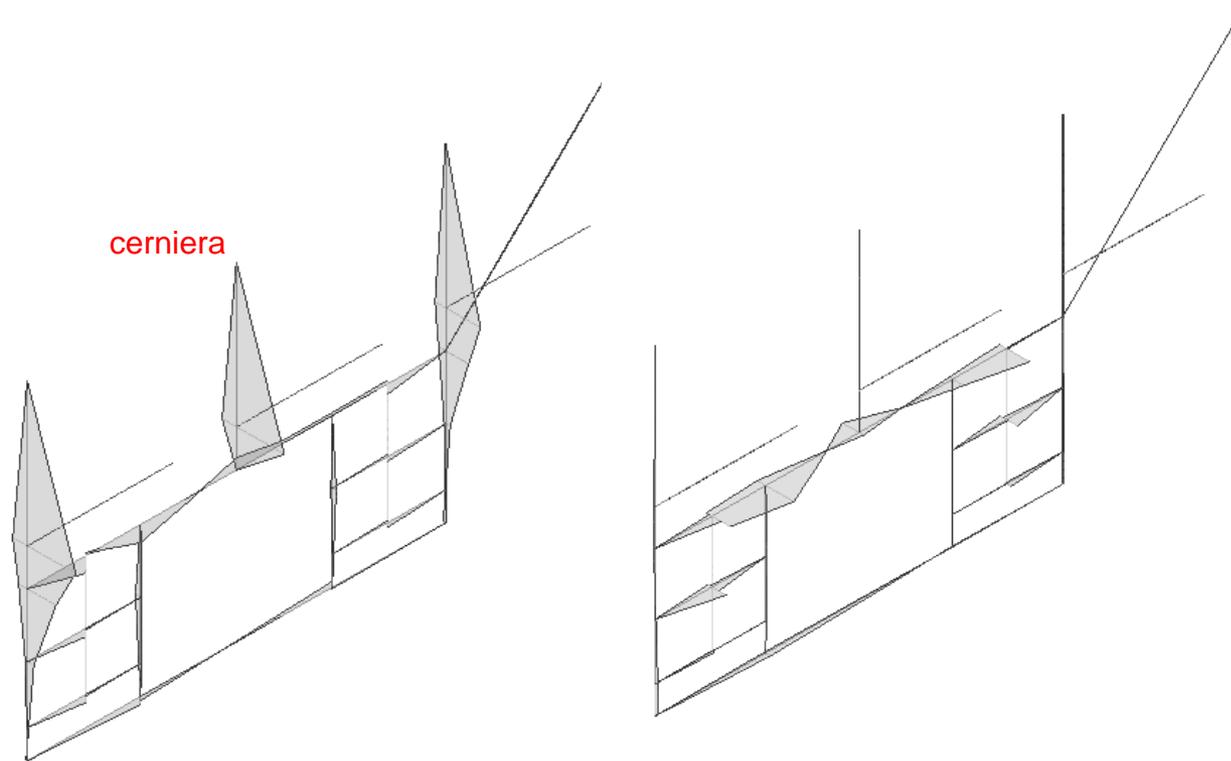
**NOTA:** va eseguita una modellazione in 3d

# Progetto n. 1 – Livello 0

## Diagrammi momenti: involuppi

Elemento con  
controventi:  
 $q_a=2$

Elemento  
a sbalzo:  
 $q_a=1$

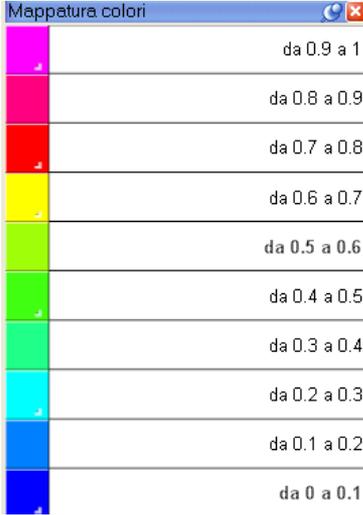
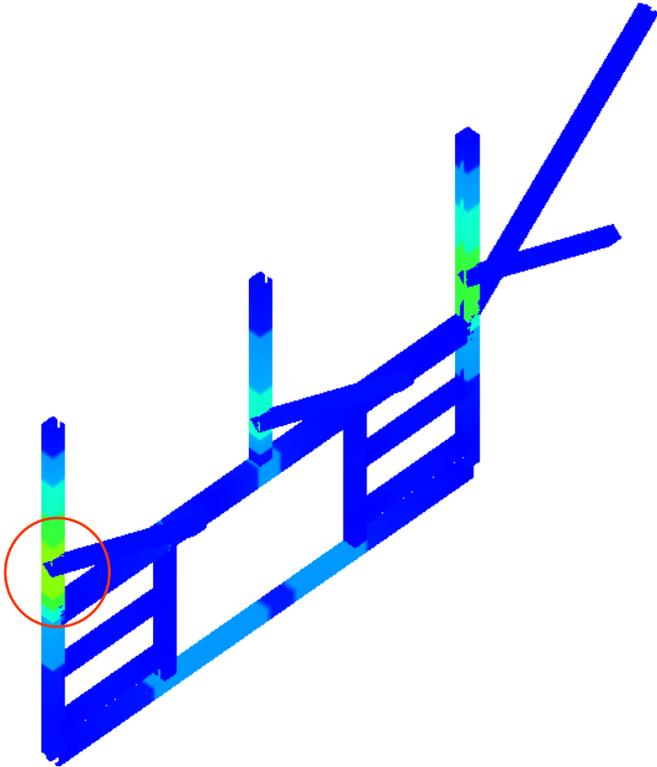


con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

## Verifiche: sfruttamento delle aste

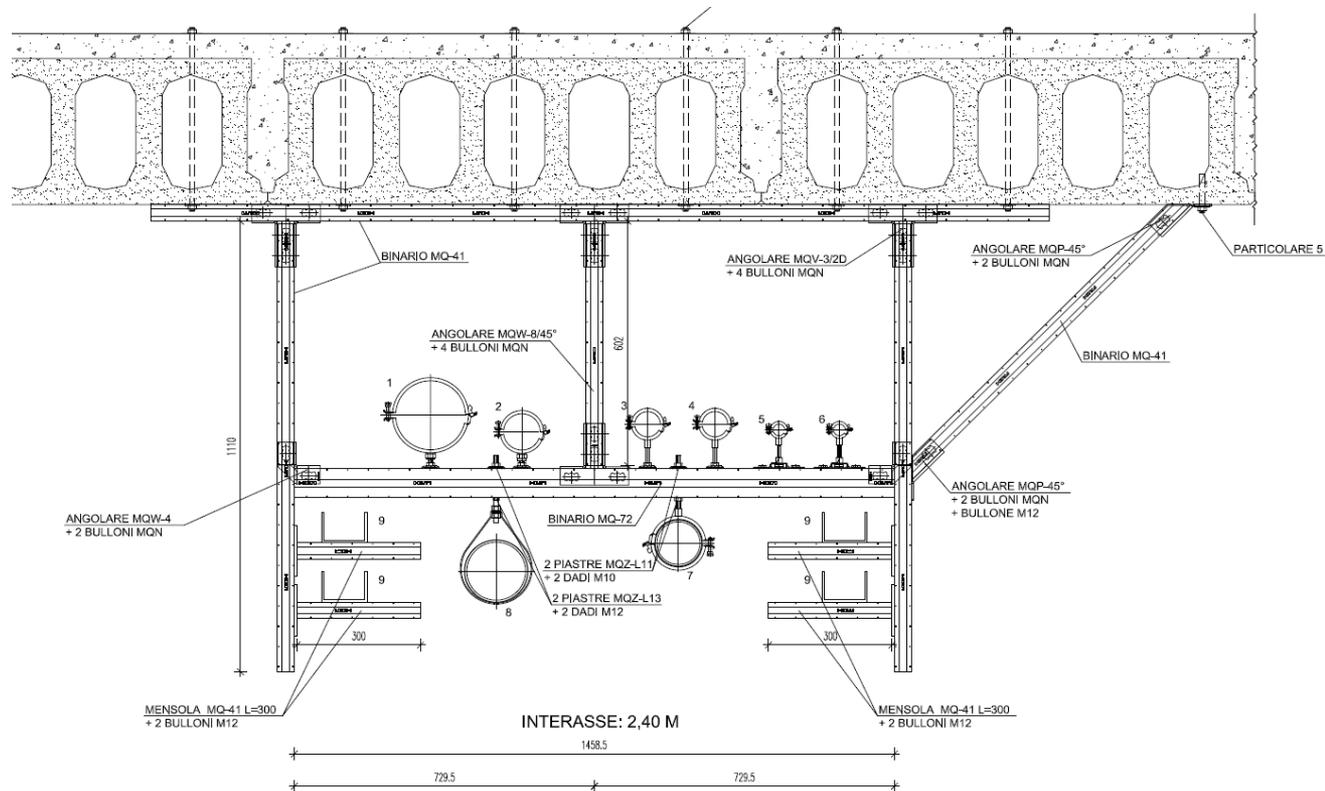
Punto critico:  
massimo momento  
per effetto della  
porzione inferiore  
di montante con  
schema a sbalzo



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

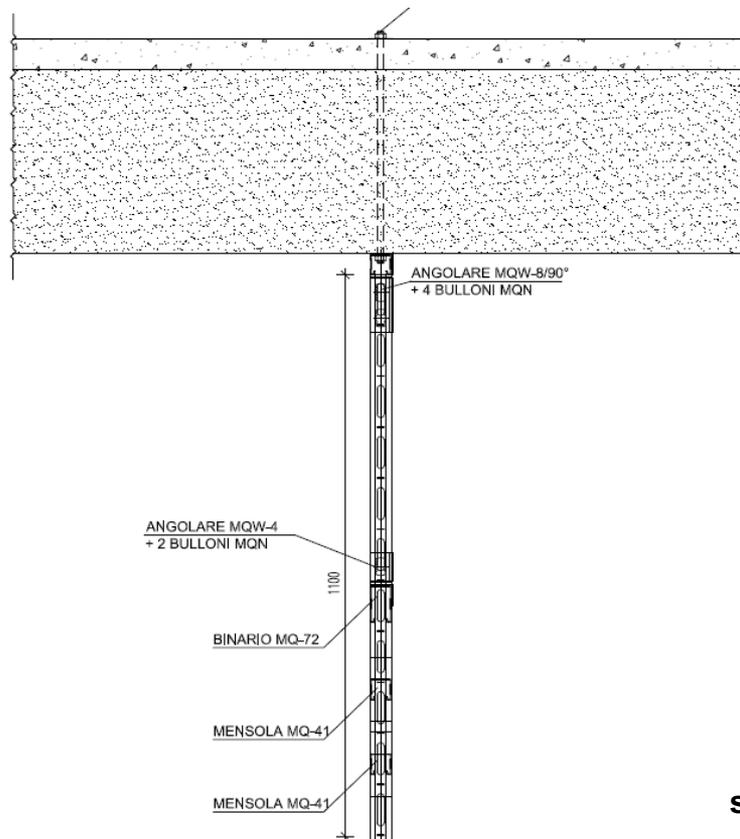
## Elaborato grafico



senza controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

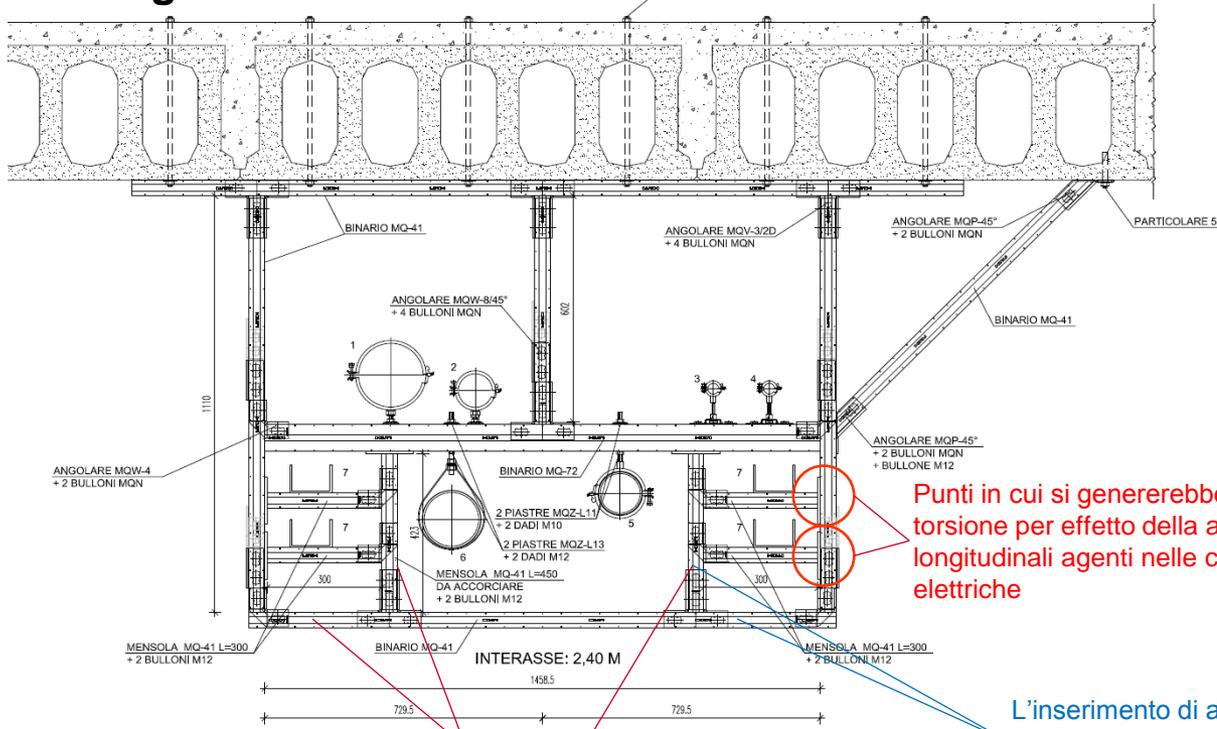
Elaborato grafico



senza controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

Elaborato grafico



Punti in cui si genererebbe l'azione di torsione per effetto della azioni sismiche longitudinali agenti nelle canaline elettriche

L'inserimento di aste aggiuntive, orizzontali e verticali, evita la torsione del montante verticale più esterno.

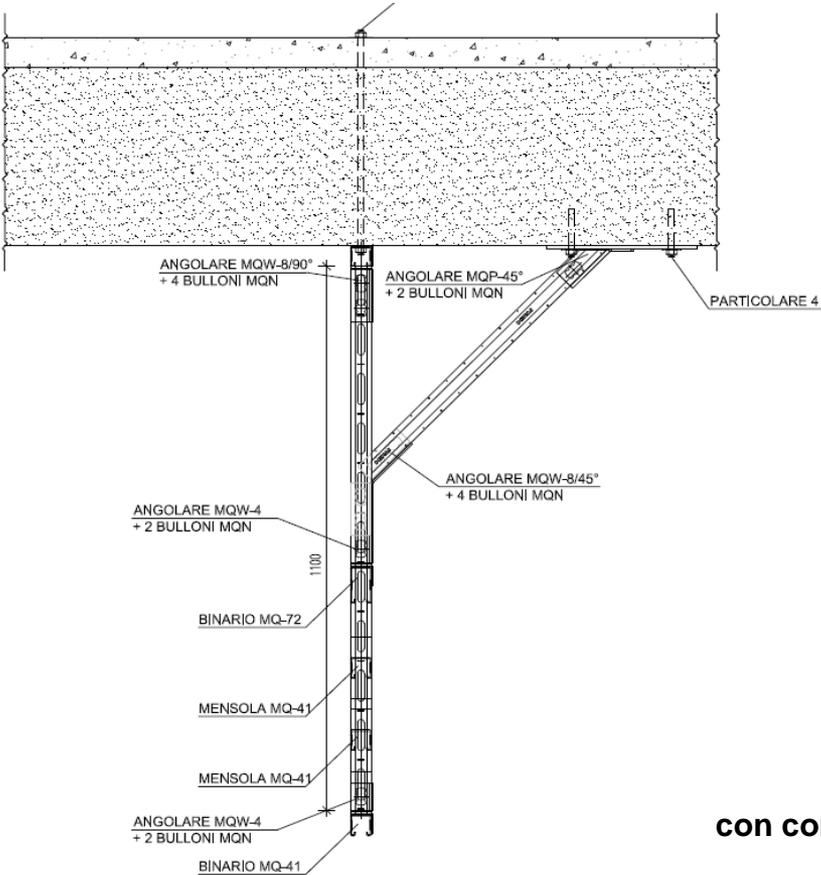
Seconda fase di montaggio

Per consentire il posizionamento laterale dei cavi elettrici all'interno delle canaline, tre aste sono state montate in una fase successiva

con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

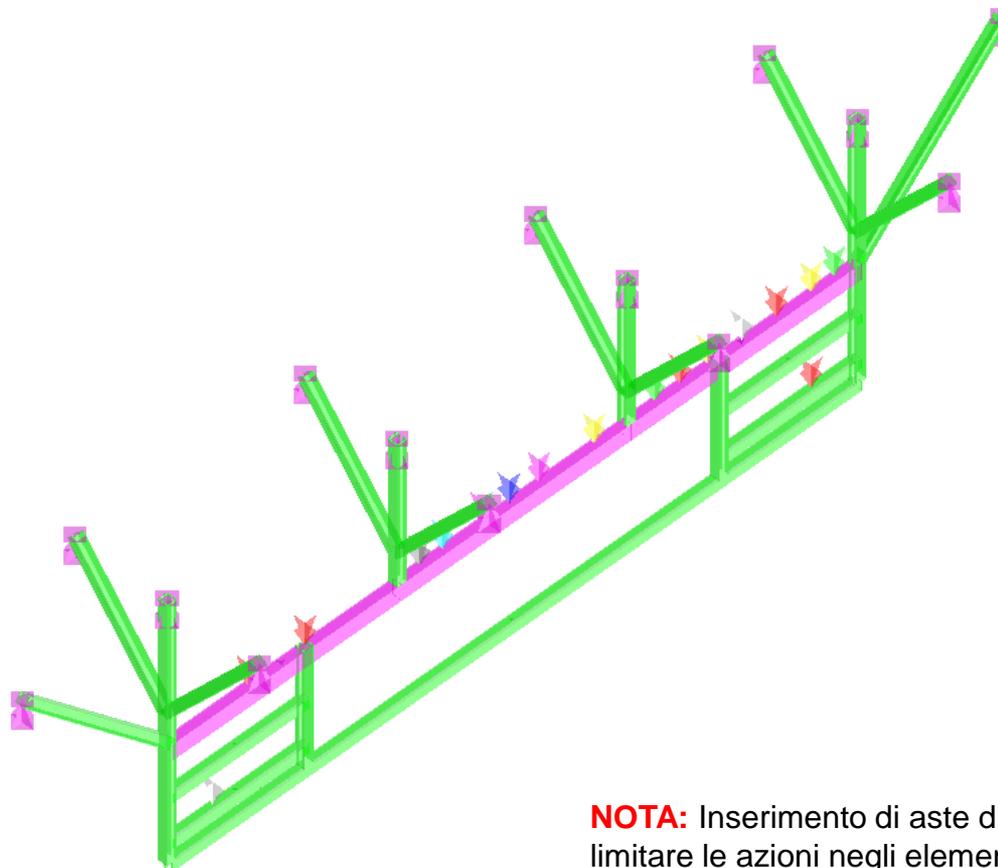
Elaborato grafico



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



**NOTA:** Inserimento di aste di controvento contrapposte per limitare le azioni negli elementi di unione

# Progetto n. 1 – Livello 0

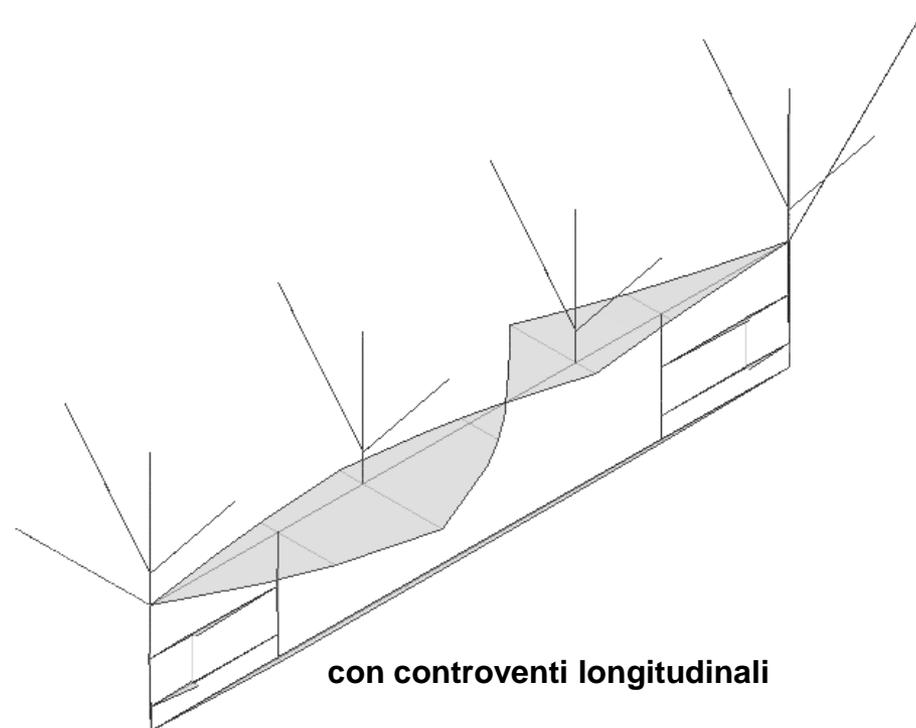
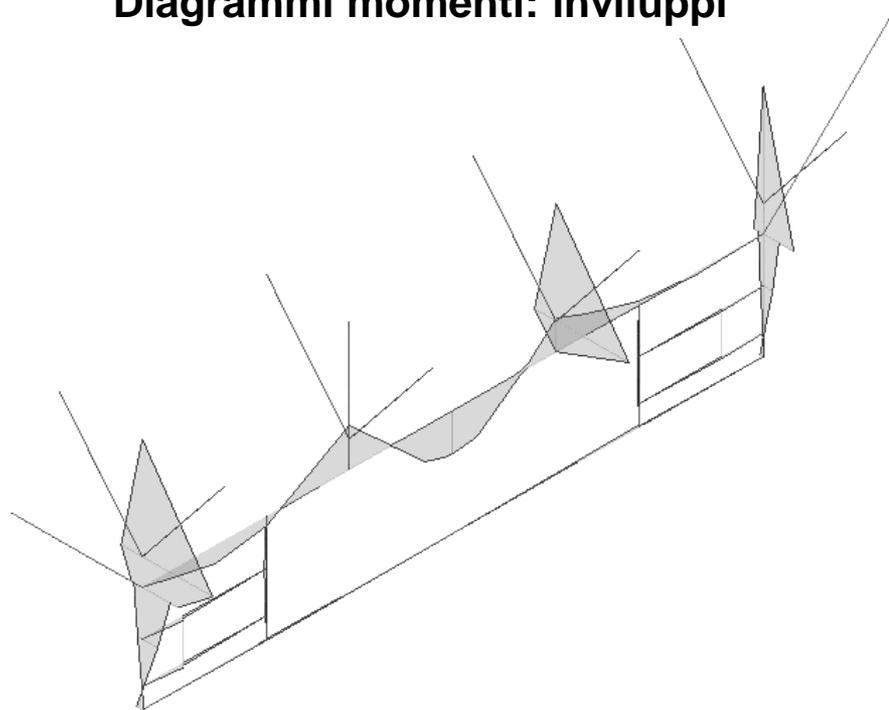
## Analisi dei carichi verticali e orizzontali (sismici) in direzione longitudinale

	carico a ml con fluido e isolamento	carico passo: (2,40) m	acc. orizz.	carico orizzontale lunghezza: (2,40) m	braccio	momento torcente
Posizione / Staffa N°	daN/m	daN	-	daN	m	daNm
1	9,00	22	0,187	4,0	0,16	0,6
2	28,80	69	0,187	12,9	0,16	2,1
3	28,80	69	0,187	12,9	0,16	2,1
4	4,80	12	0,187	2,2	0,16	0,3
5	50,60	121	0,187	22,7	0,08	1,8
6	50,60	121	0,187	22,7	0,08	1,8
7	12,50	30	0,187	5,6	0,8	4,5
8	4,00	10	0,187	1,8	0,8	1,4
9	2,50	6	0,187	1,1	0,08	0,1
10	7,95	19	0,187	3,6	0,08	0,3
11	2,50	6	0,187	1,1	0,08	0,1
12	7,95	19	0,187	3,6	0,08	0,3
13	2,50	6	0,187	1,1	0,08	0,1
14	2,50	6	0,187	1,1	0,08	0,1
15	32,54	78	0,187	14,6	0,08	1,2
16	20,00	48	0,374	18,0	0	0,0
16	8,00	19	0,374	7,2	0	0,0

Utilizzato  $q_a=1$  per le aste con schema resistente a mensola

# Progetto n. 1 – Livello 0

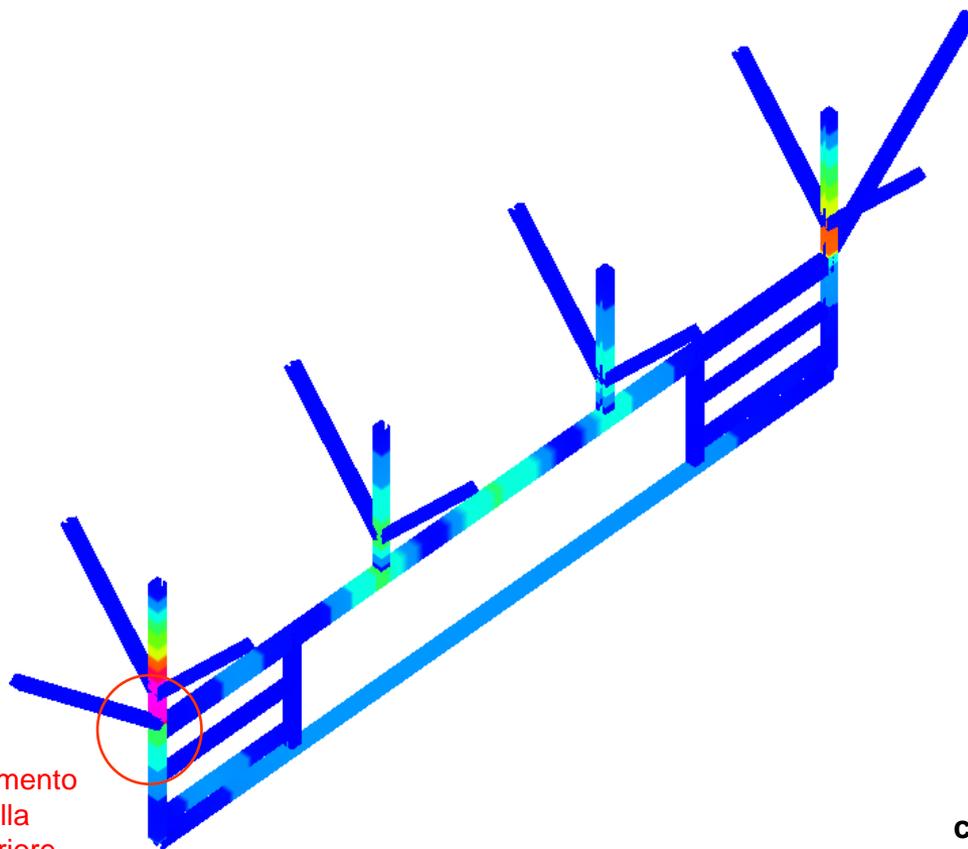
Diagrammi momenti: involuppi



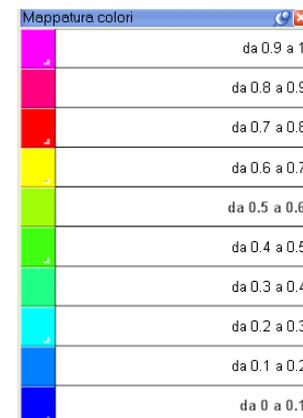
con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

Verifiche: sfruttamento delle aste



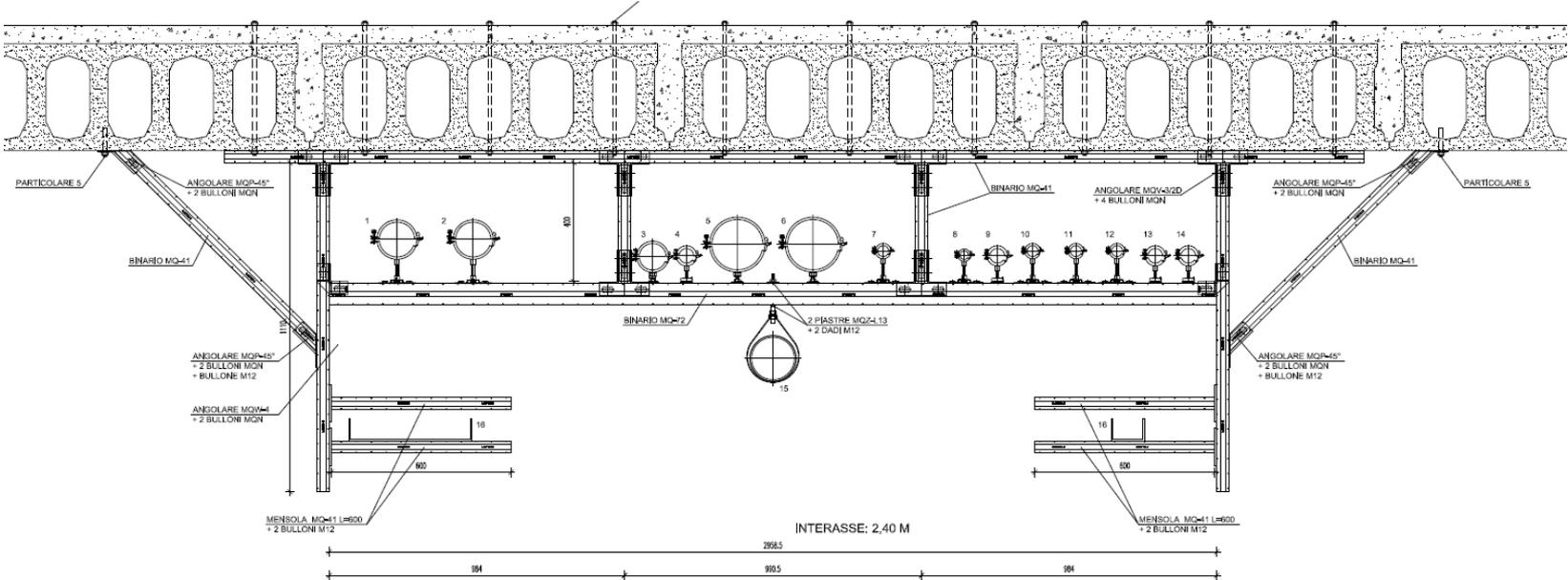
Punto critico:  
massimo momento  
per effetto della  
porzione inferiore  
di montante con  
schema a sbalzo



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

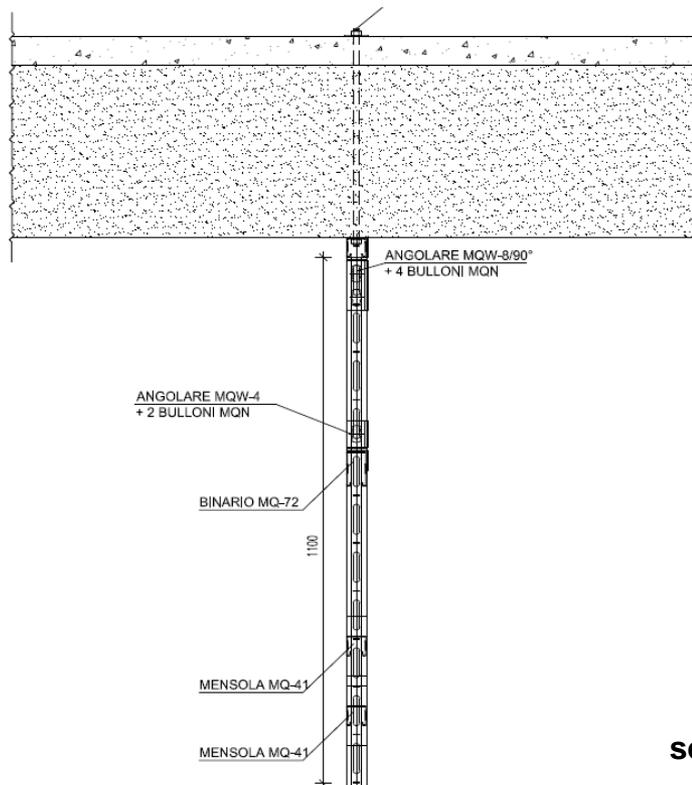
## Elaborato grafico



senza controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

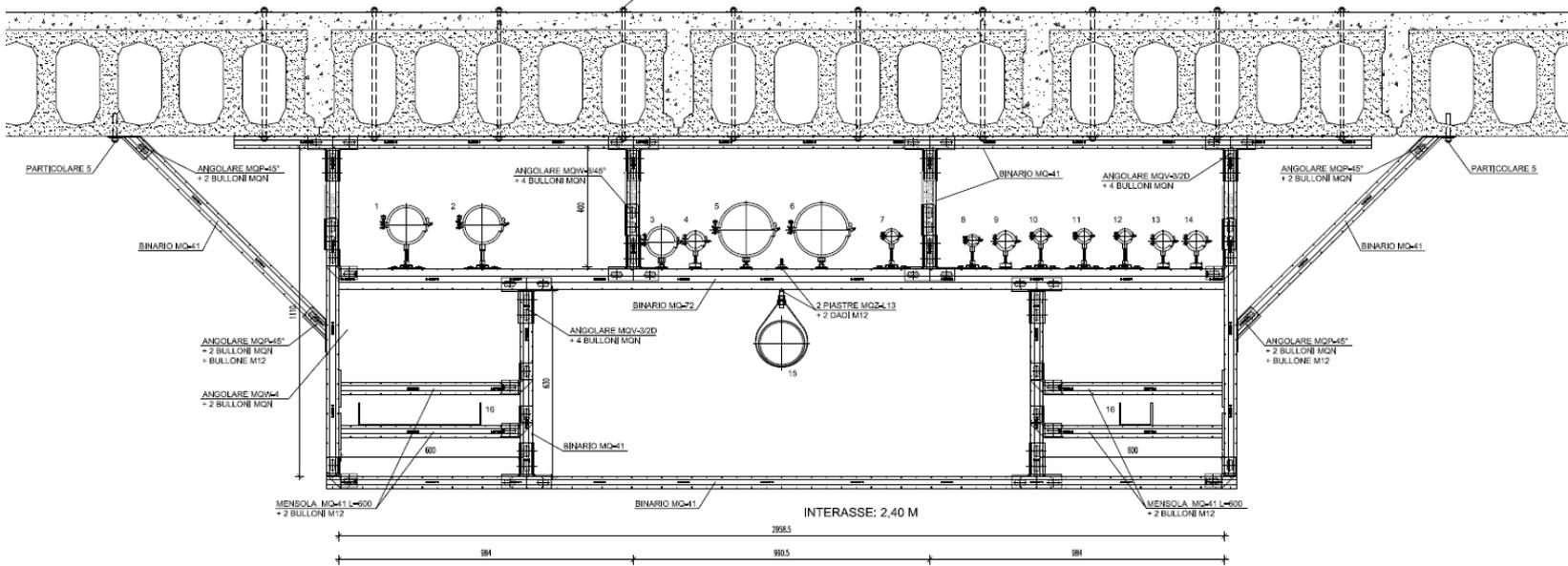
Elaborato grafico



senza controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

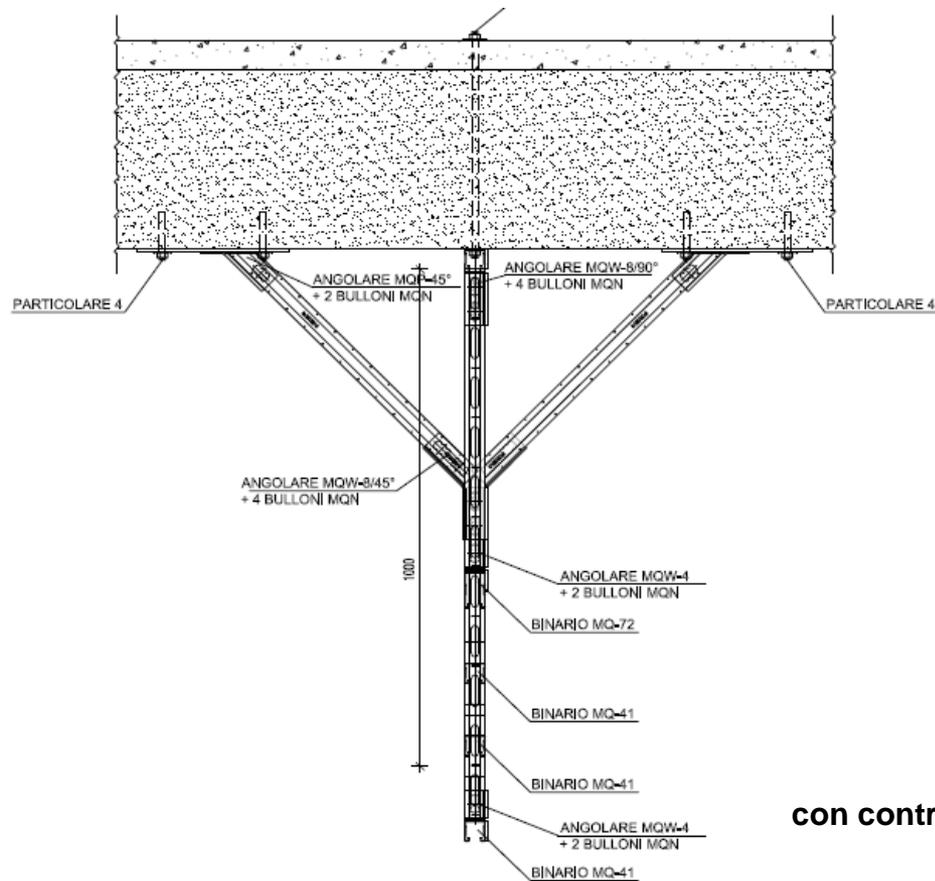
Elaborato grafico



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

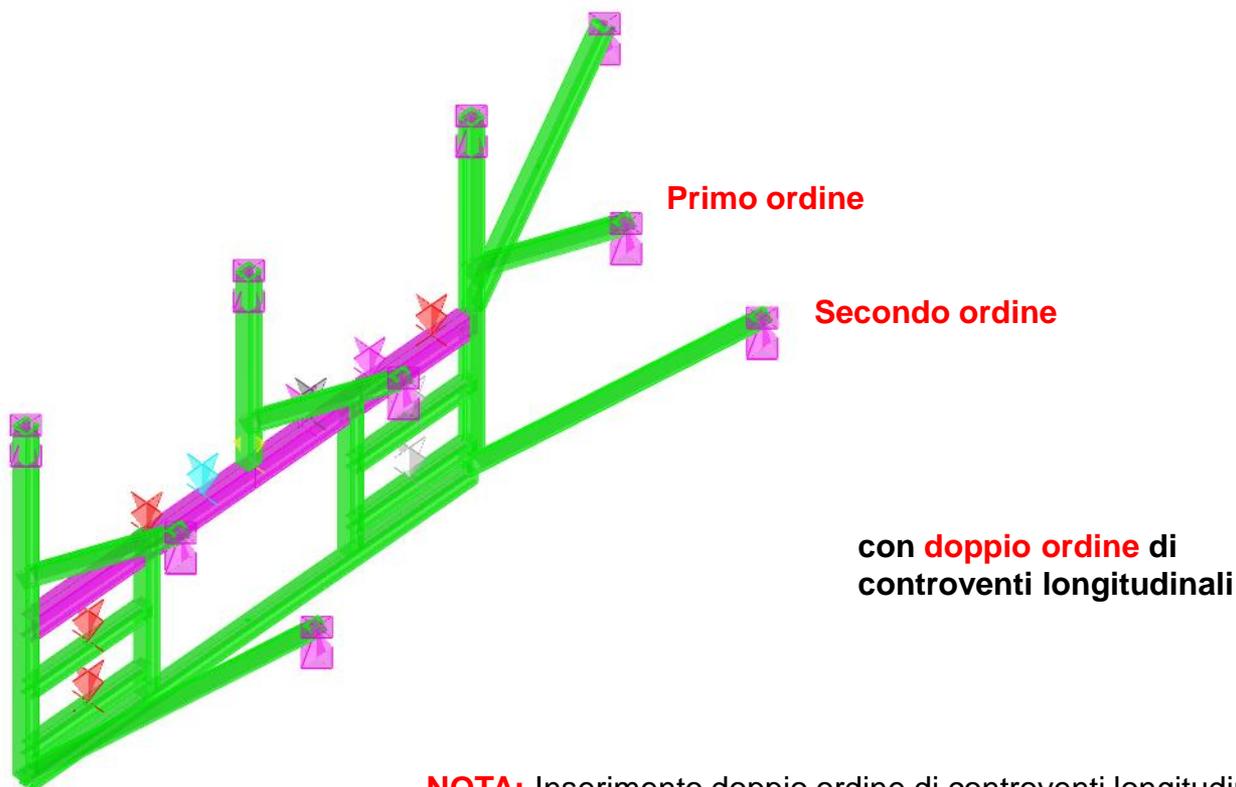
Elaborato grafico



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 0

Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



**NOTA:** Inserimento doppio ordine di controventi longitudinali per la presenza di carichi elevati posti inferiormente al primo ordine di controventi e per la scelta di utilizzare un binario MQ41

# Progetto n. 1 – Livello 0

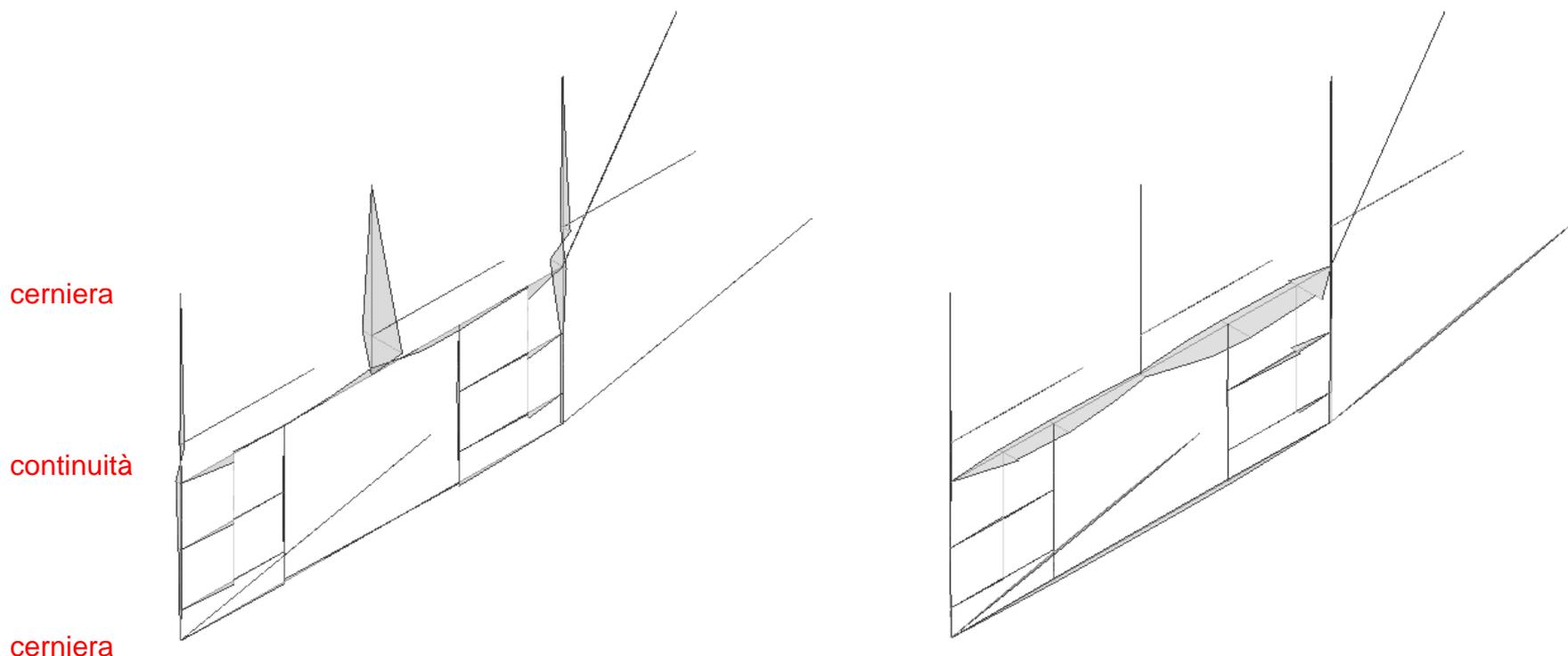
## Analisi dei carichi verticali e orizzontali (sismici) in direzione longitudinale

	carico a ml con fluido e isolamento	carico passo: (2,40) m	acc. orizz.	carico orizzontale lunghezza: (2,40) m	braccio	momento torcente
Posizione / Staffa N°	daN/m	daN	-	daN	m	daNm
1	9,16	22	0,187	4,1	0,16	0,7
2	4,41	11	0,187	2,0	0,16	0,3
3	5,50	13	0,187	2,5	0,08	0,2
4	5,50	13	0,187	2,5	0,08	0,2
5	9,16	22	0,187	4,1	0,16	0,7
6	10,10	24	0,187	4,5	0,08	0,4
7	32,54	78	0,187	14,6	0,08	1,2
8	20,00	48	0,187	9,0	0	0,0
8	8,00	19	0,187	3,6	0	0,0

**Tutti le azioni orizzontali in senso longitudinale  
sono ricavate utilizzando  $q_a=2$**

# Progetto n. 1 – Livello 0

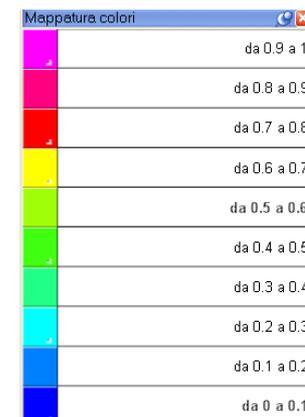
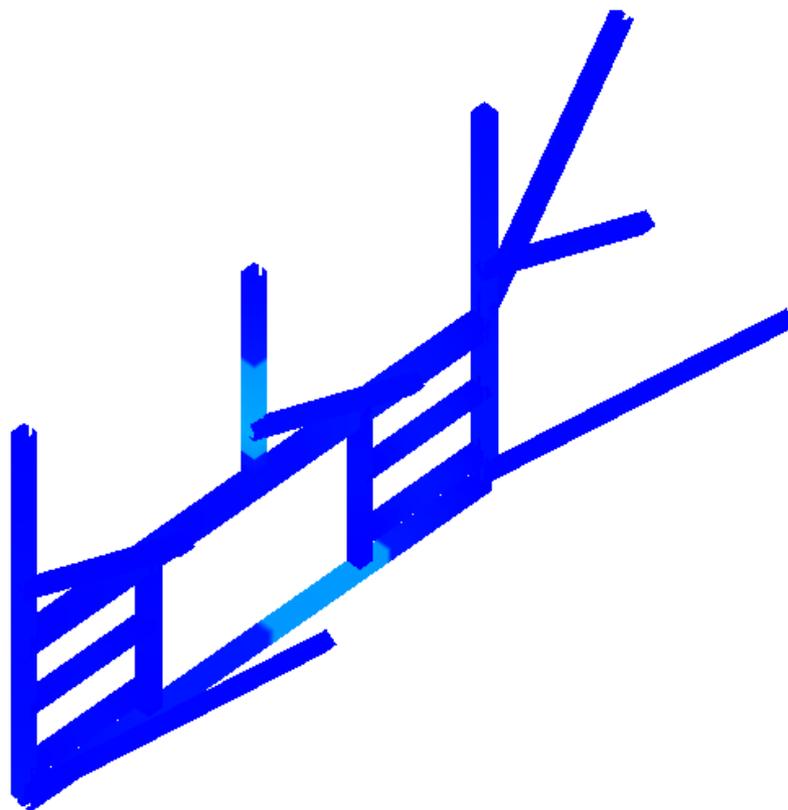
## Diagrammi momenti: involuppi



**NOTA:** sollecitazioni modeste nei montanti d'estremità per la presenza dei due vincoli dei controventi longitudinali

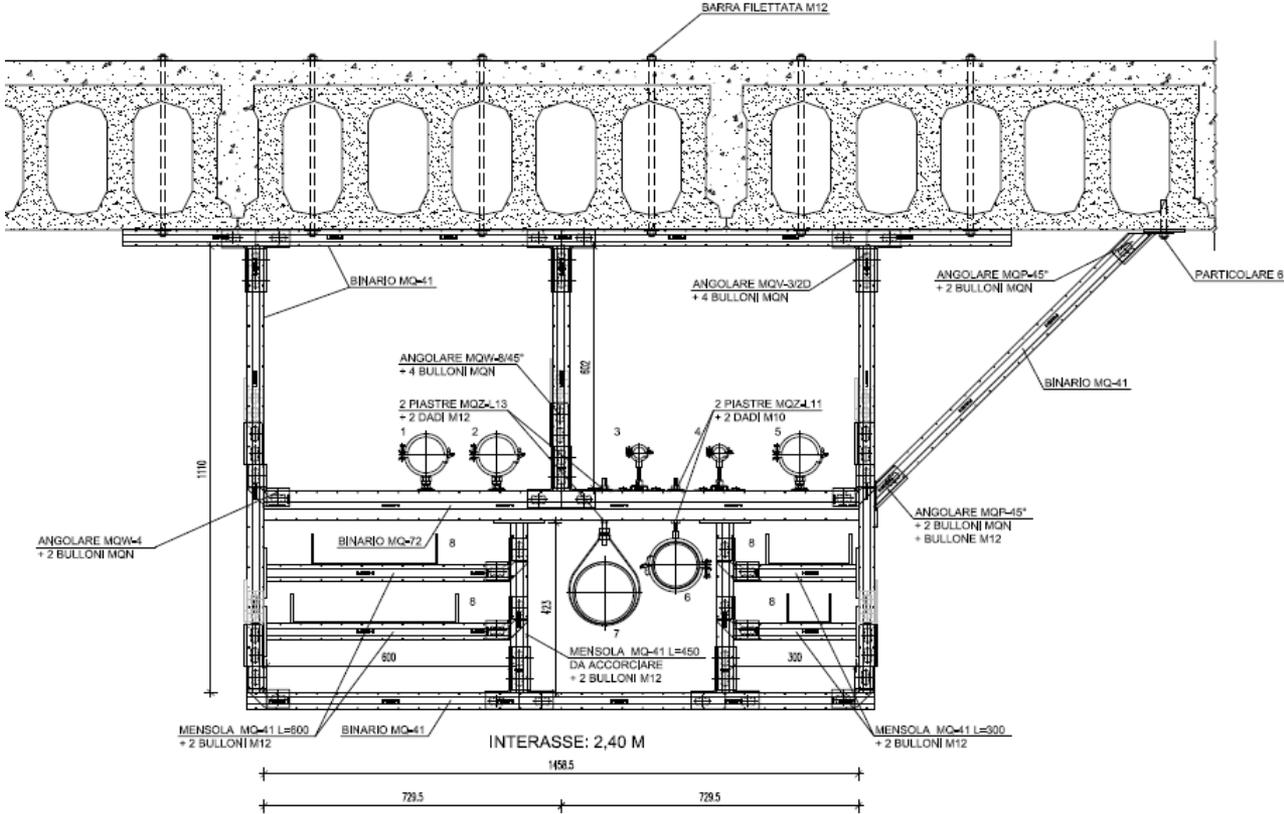
# Progetto n. 1 – Livello 0

Verifiche: sfruttamento delle aste



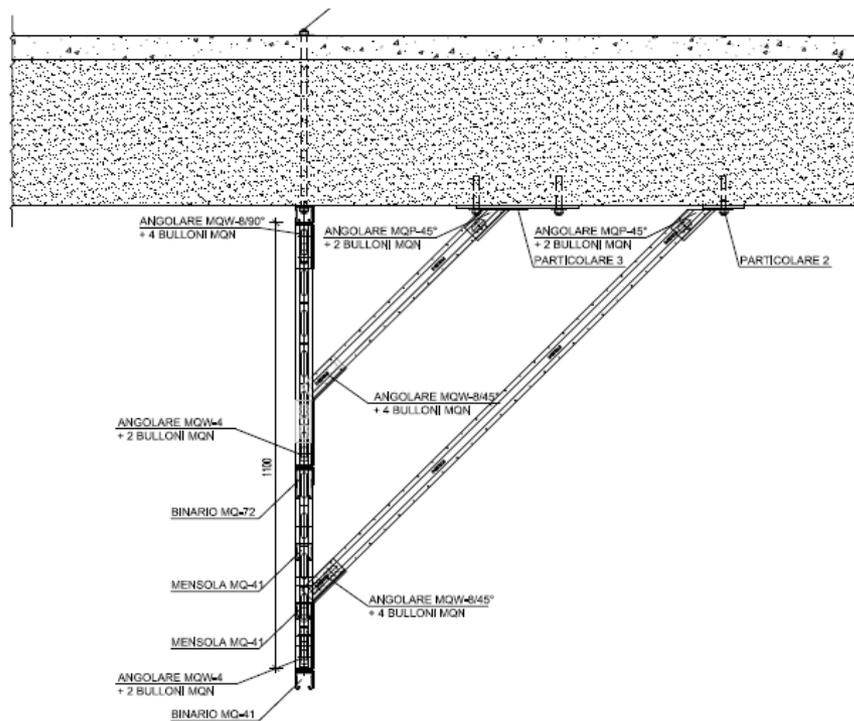
# Progetto n. 1 – Livello 0

## Elaborato grafico



# Progetto n. 1 – Livello 0

Elaborato grafico

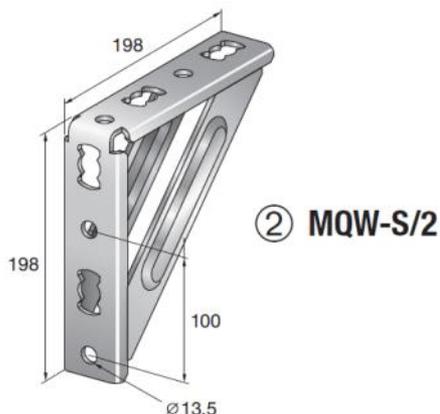


# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

Considerazioni iniziali per la disposizione dei controventi:

1. Nessuna limitazione nella disposizione dei controventi longitudinali
2. Impossibilità di disporre controventi trasversali, in quanto, trattandosi di piani destinati ad uffici, gli impianti e i relativi staffaggi devono essere contenuti all'interno dei corridori

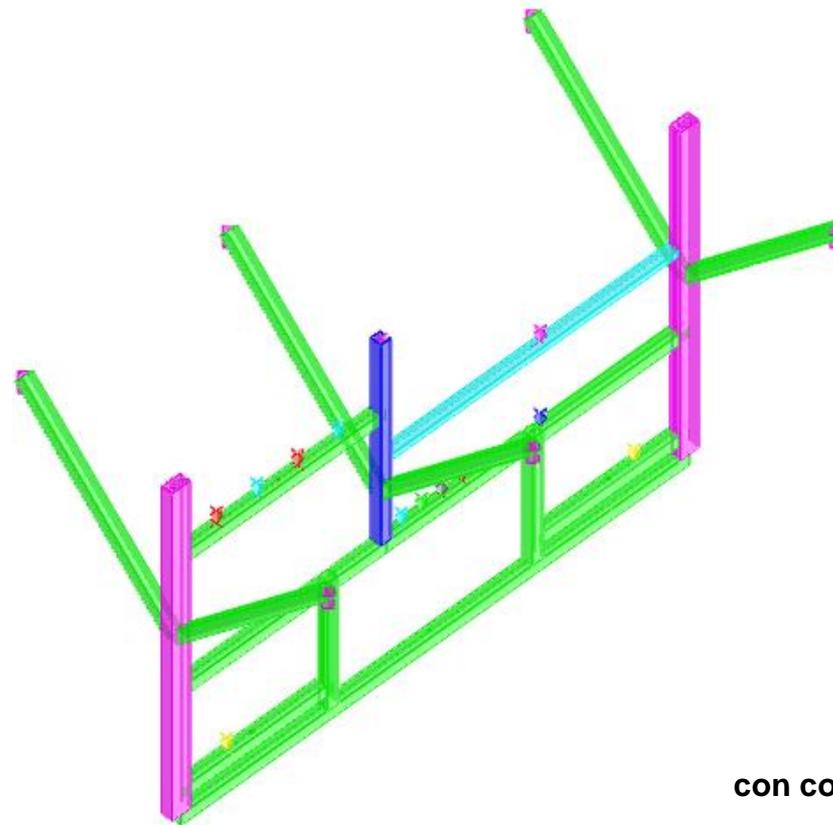
**ADOZIONE, IN OGNI STAFFA, DI UNO SCHEMA RESISTENTE A TELAIO INCASTRATO ( $q_a=1$ ) PER LE AZIONI ORIZZONTALI TRASVERSALI ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI MEZZI DI CONNESSIONE TIPO MQW-S/2**



**NOTA:** i carichi verticali, di conseguenza le azioni orizzontali, sono inferiori rispetto al livello 0.

# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

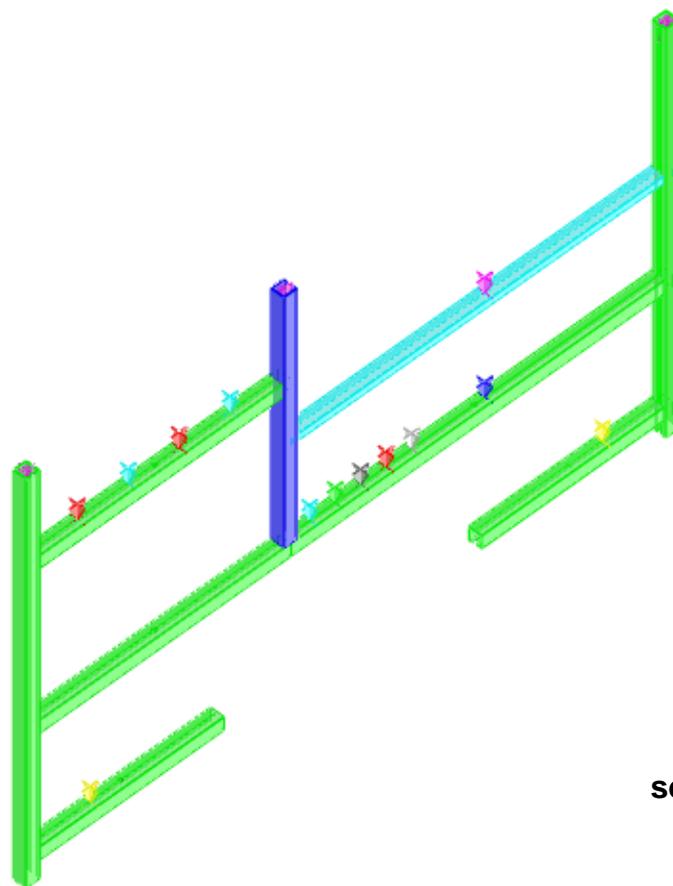
Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



senza controventi longitudinali

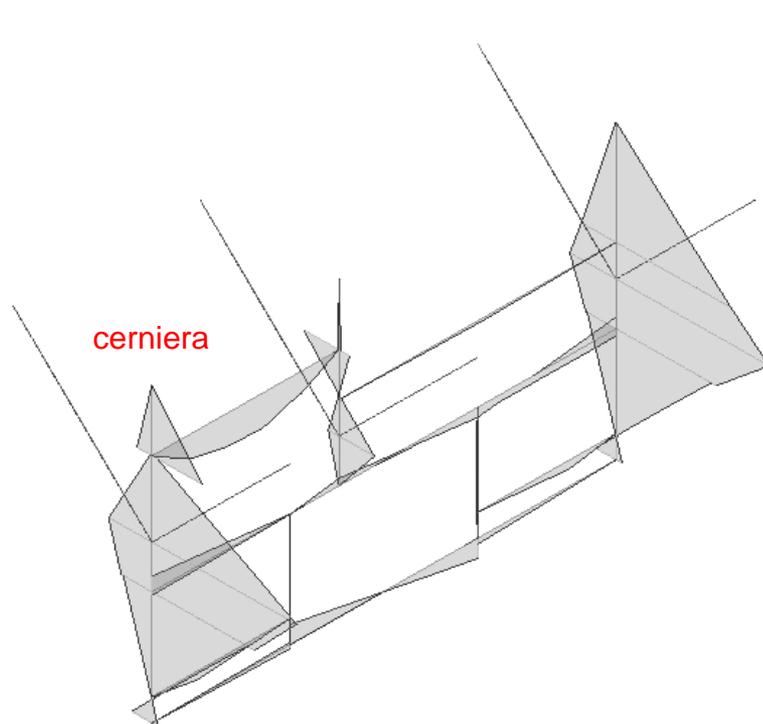
# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

## Analisi dei carichi verticali e orizzontali (sismici) in direzione longitudinale

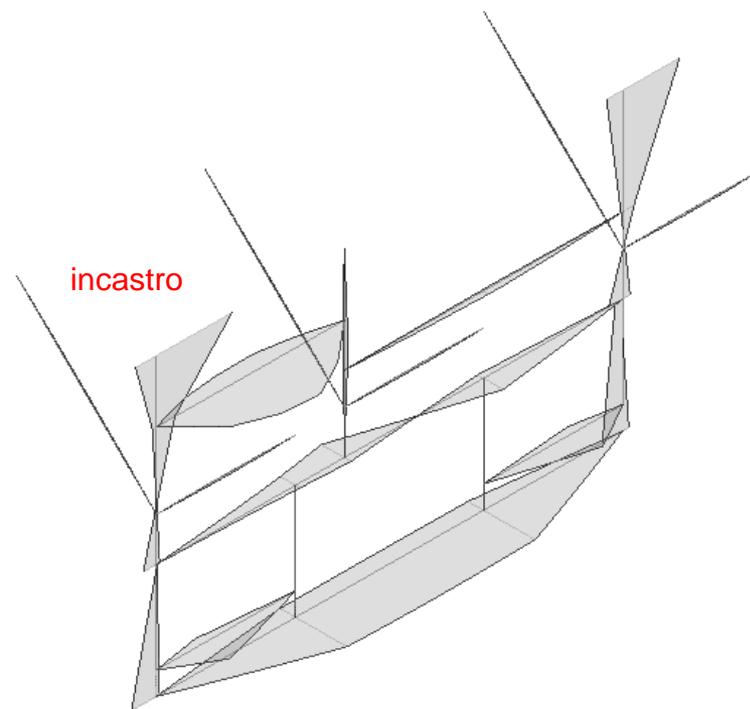
Staffa: 3_12	carico a ml con fluido e isolamento	carico passo 2,40 m	acc. orizz.	carico orizzontale lunghezza: 2,40 m	braccio	momento torcente
Posizione / Staffa N°	daN/m	daN	-	daN	m	daNm
F1	28,80	69	0,360	24,9	0,2	5,0
F2	13,90	33	0,360	12,0	0,2	2,4
F3	28,80	69	0,360	24,9	0,2	5,0
F4	13,90	33	0,360	12,0	0,2	2,4
F7	1,96	5	0,360	1,7	0,2	0,3
F8	3,10	7	0,360	2,7	0,2	0,5
F9	3,10	7	0,360	2,7	0,2	0,5
F10	2,50	6	0,360	2,2	0,2	0,4
F11	3,10	7	0,360	2,7	0,2	0,5
F12 Canalina elettrica	20,00	48	0,720	34,6	0,0	0,0
F5	2,40	6	0,360	2,1	0,0	0,0
F6	18,00	43	0,360	15,6	0,0	0,0

# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

Diagrammi momenti: involuppi



Azioni in senso longitudinale

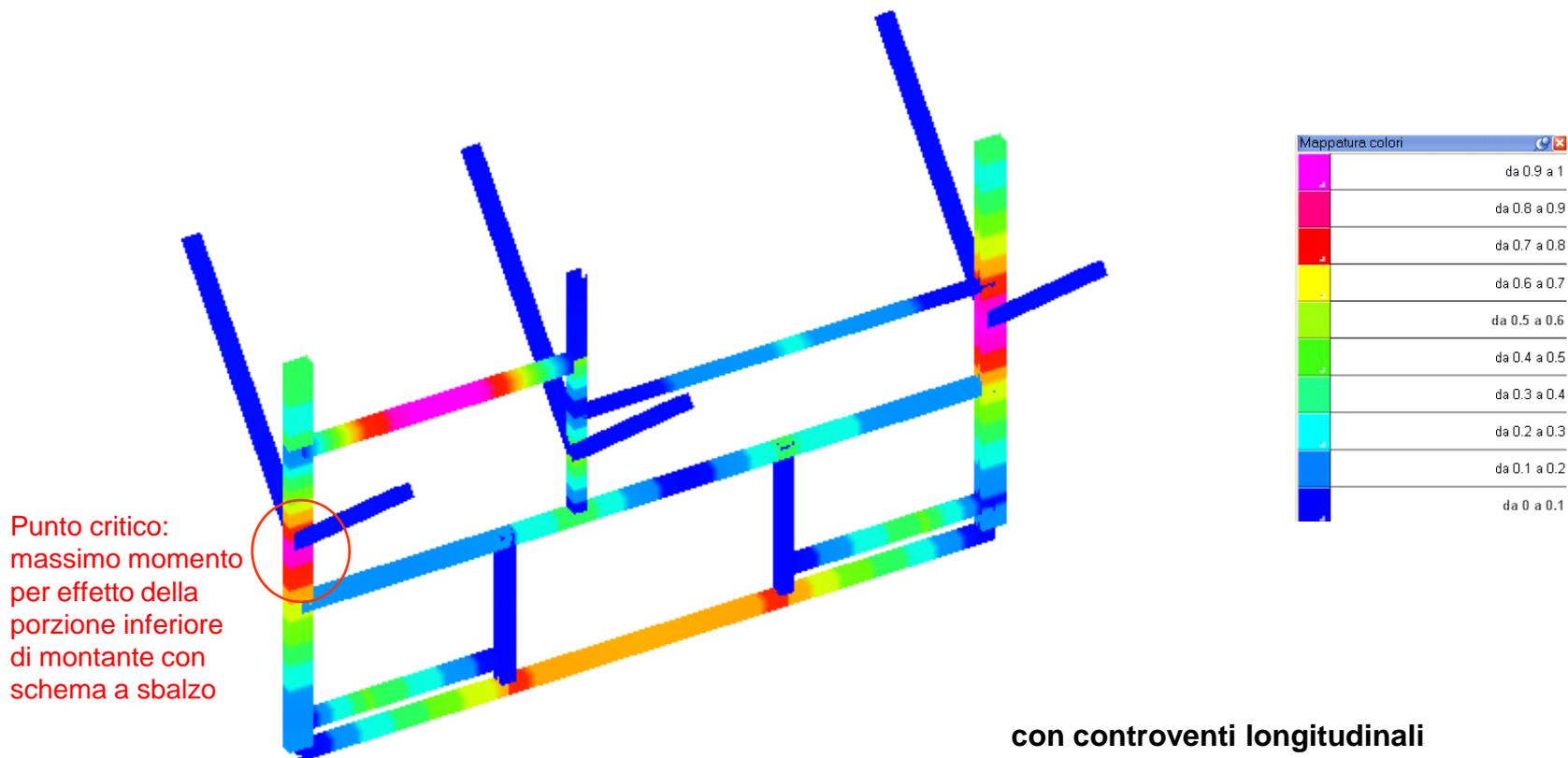


Azioni in senso trasversale

**con controventi longitudinali**

## Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

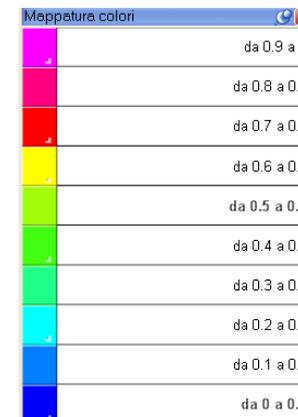
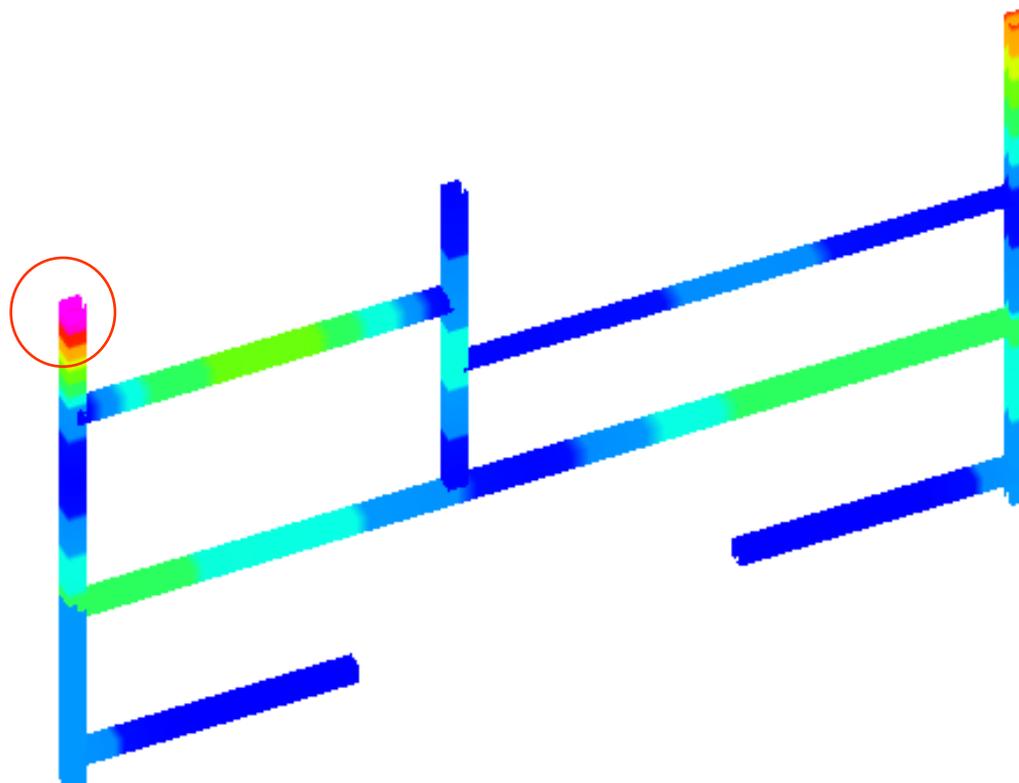
Verifiche: sfruttamento delle aste



# Progetto n. 1 – Livelli 1, 2, 3

Verifiche: sfruttamento delle aste

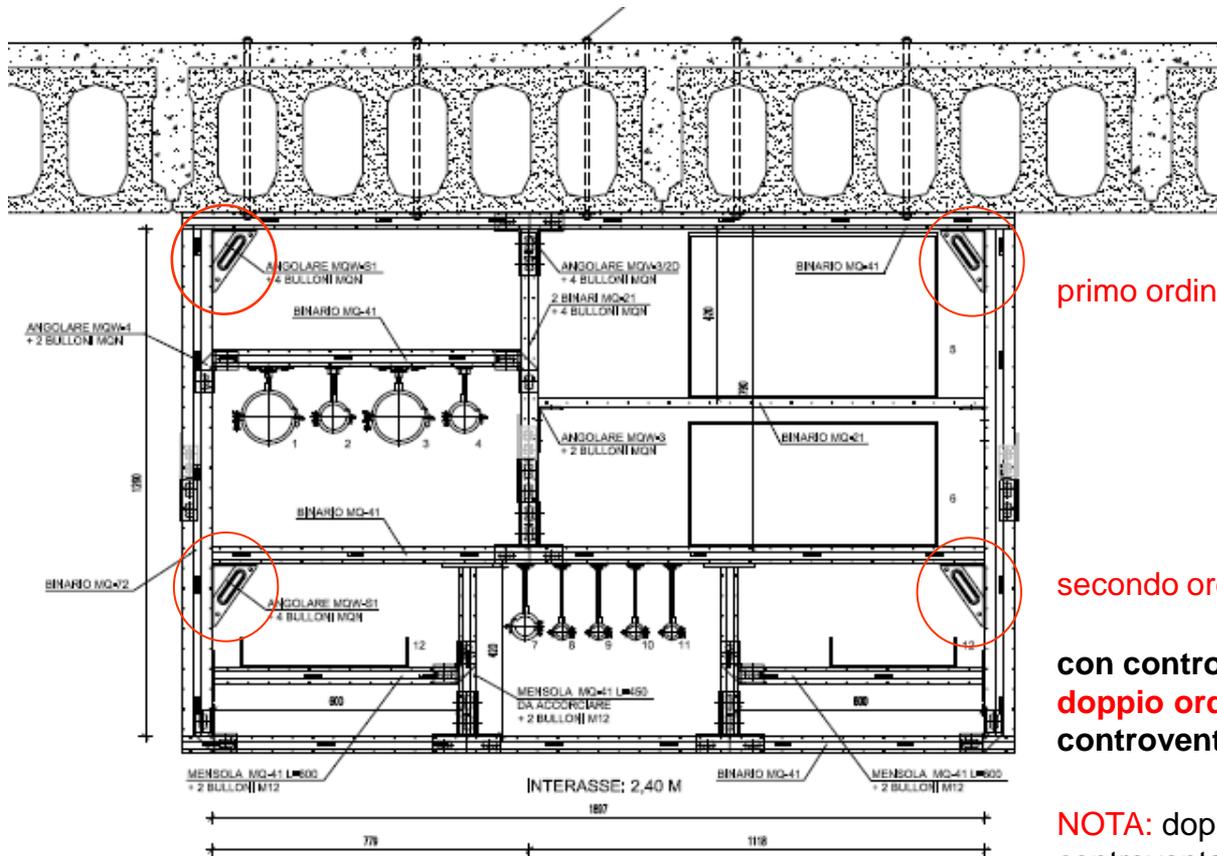
Punto critico:  
massimo momento  
per effetto schema a  
telaio in direzione  
trasversale



senza controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 1, 2, 3

Elaborato grafico



primo ordine

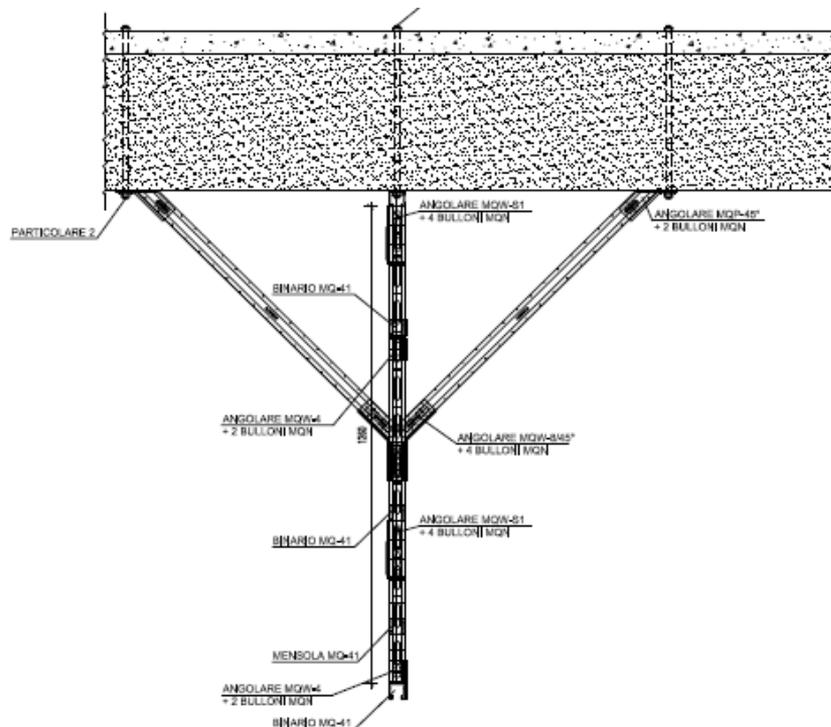
secondo ordine

con controventi longitudinali e **doppio ordine** di controventamento trasversale

**NOTA:** doppio ordine di controventamento trasversale per esito positivo verifica elemento d'unione

# Progetto n. 1 – Livello 1, 2, 3

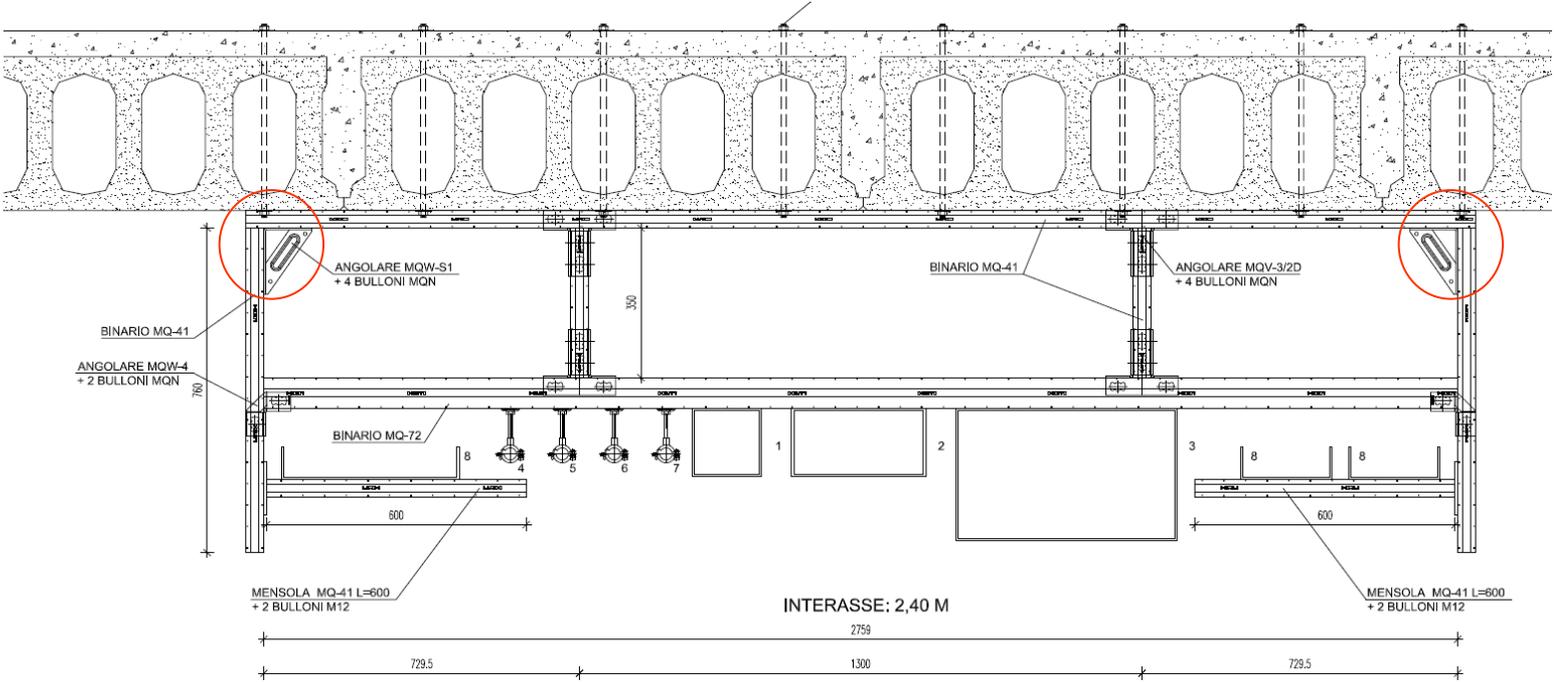
Elaborato grafico



con controventi longitudinali

# Progetto n. 1 – Livello 1, 2, 3

Elaborato grafico



con **singolo ordine di**  
controventamento trasversale

**NOTA:** carichi inferiori rispetto al  
caso precedente

# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



# Progetto n. 1

## Fotografie



**Controventi longitudinali**

## Progetto n. 2

### Edificio di nuova costruzione presso lo stabilimento Biofarma s.p.a. – Mereto di Tomba - Udine

**Prestazioni eseguite:**

- progettazione esecutiva staffaggi antisismici impianti

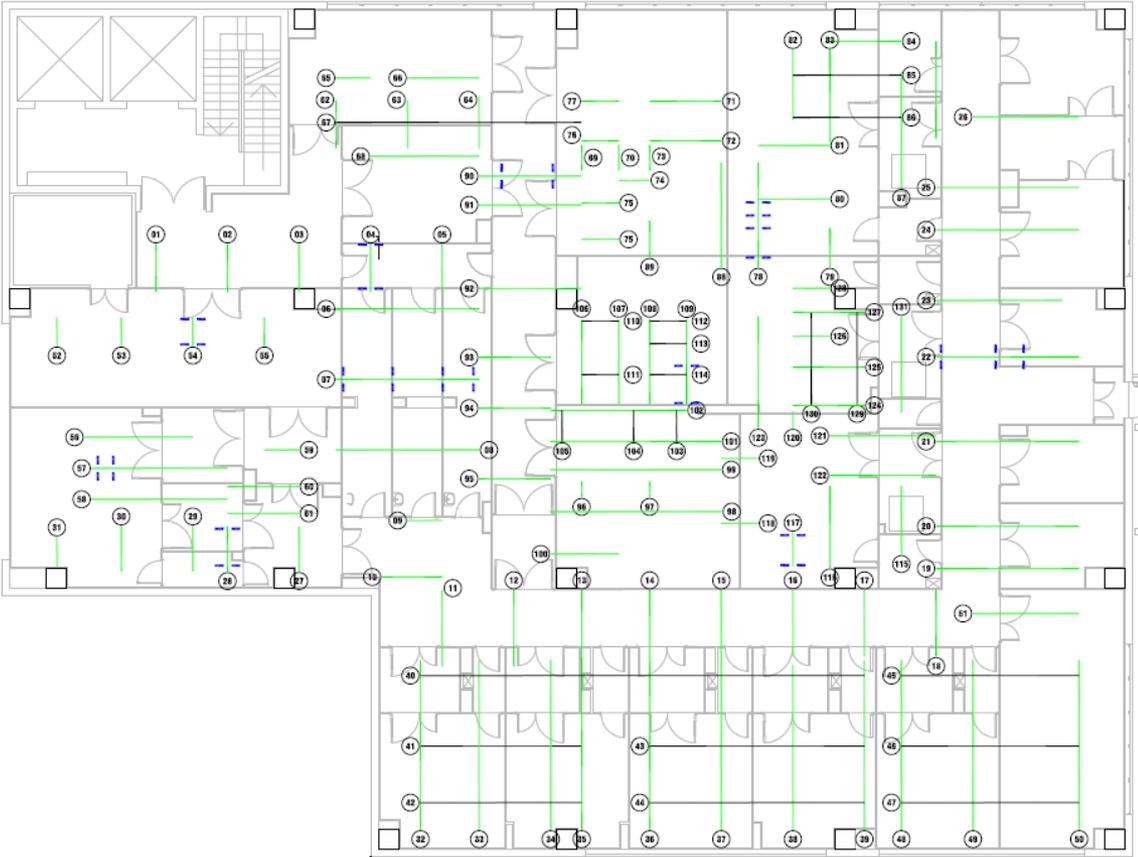
L'impresa esecutrice impianti è la **Vaportermica Commerciale srl**, Tavagnacco (UD).

**Assenza di progetto esecutivo degli staffaggi.**

**Lavorazioni e progettazione staffaggi procedono parallelamente.**

# Progetto n. 2

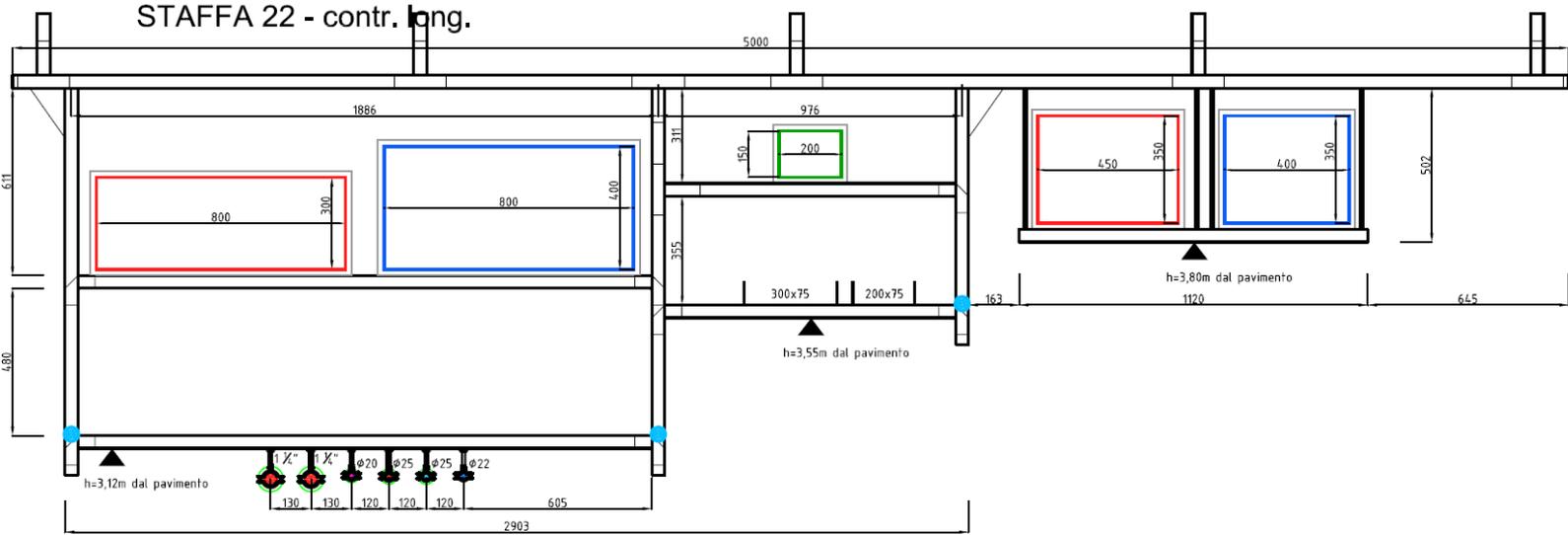
## Planimetria staffaggi



**NOTA:** Linee impiantistiche distribuite in tutto il piano

# Progetto n. 2

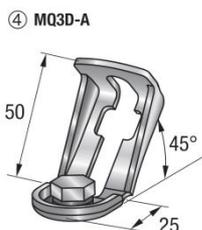
## Prospetto staffa



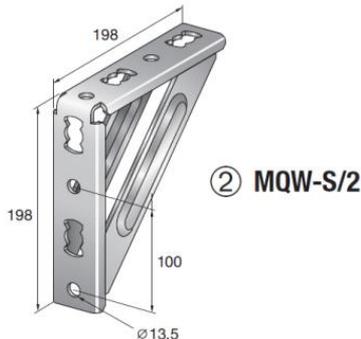
# Progetto n. 2

Considerazioni iniziali per la disposizione dei controventi:

1. Nessuna limitazione nella disposizione dei controventi longitudinali che verranno realizzati con barre filettate con mezzi d'unione **MQ3D-A**.

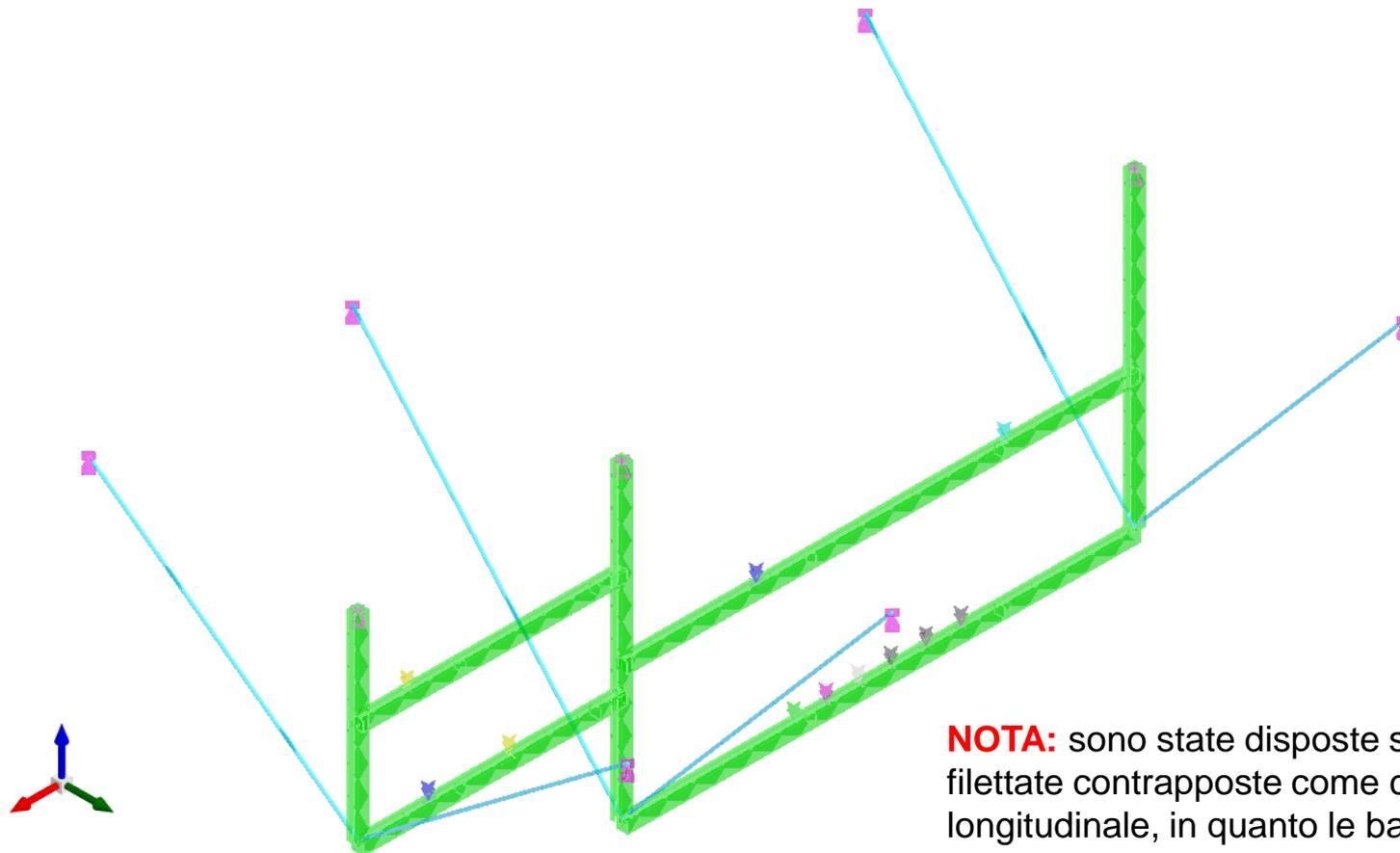


2. Per facilitare la posa in opera, **in ogni staffa** si è adottato, per i controventi trasversali, uno schema a telaio incastrato mediante l'utilizzo di mezzi di connessione **MQW-S/2**



# Progetto n. 2

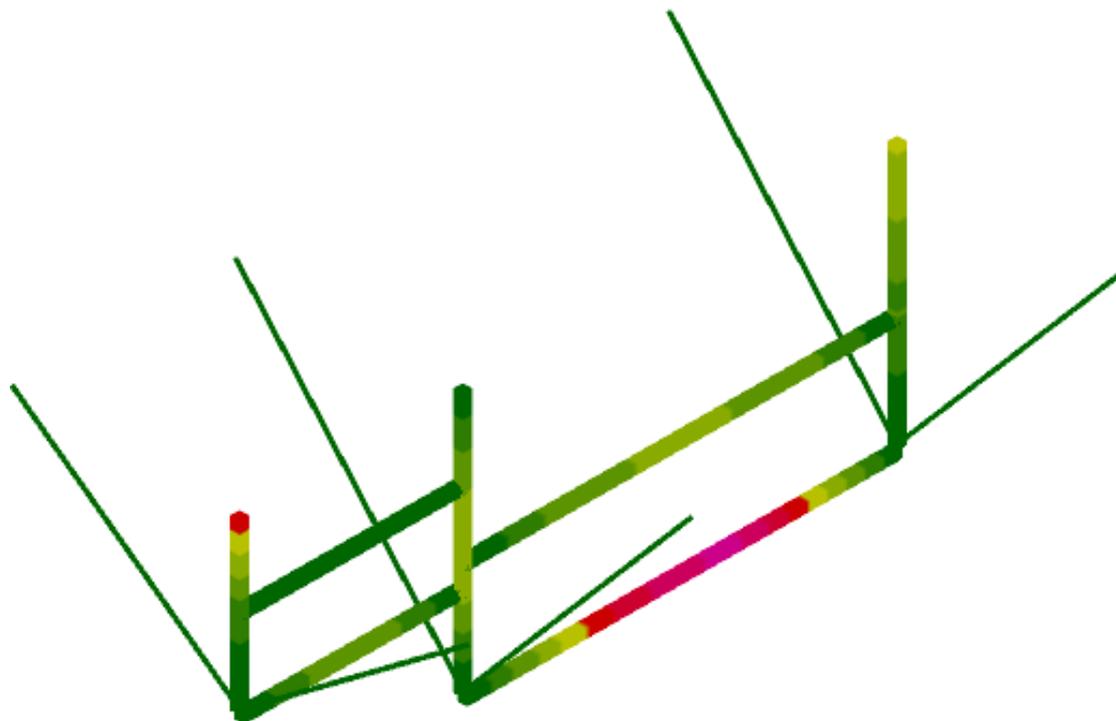
## Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



**NOTA:** sono state disposte sempre due barre filettate contrapposte come controvento longitudinale, in quanto le barre filettate sono dei tiranti e non dei puntoni.

# Progetto n. 2

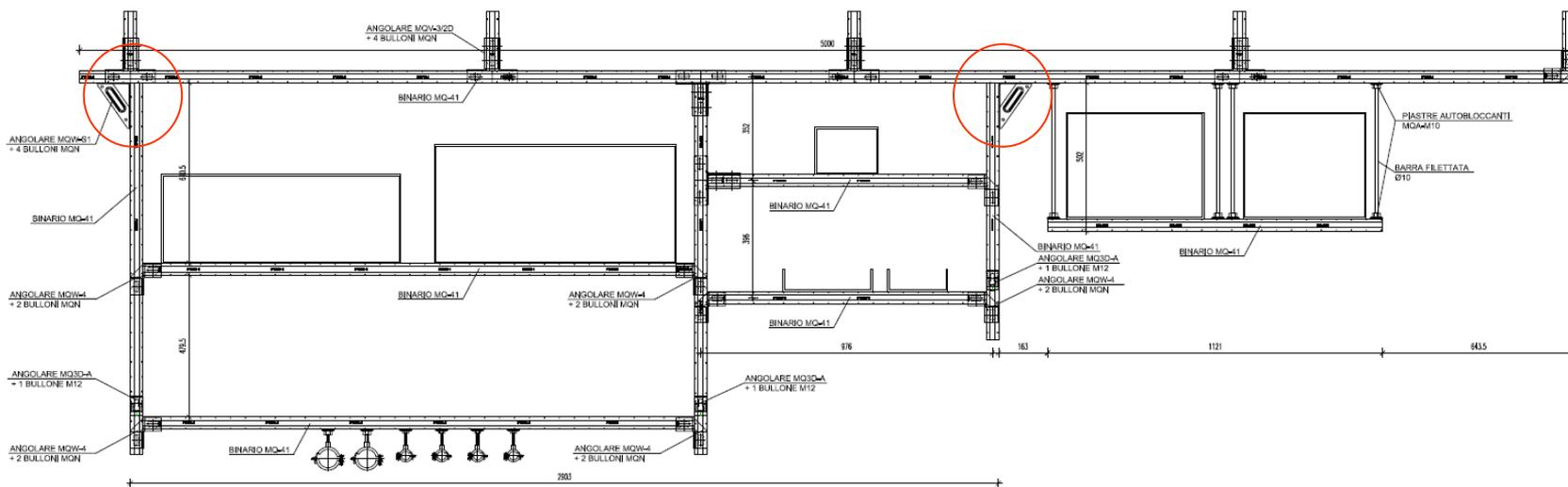
Verifiche: sfruttamento delle aste



	da 0.9 a 1
	da 0.8 a 0.9
	da 0.7 a 0.8
	da 0.6 a 0.7
	da 0.5 a 0.6
	da 0.4 a 0.5
	da 0.3 a 0.4
	da 0.2 a 0.3
	da 0.1 a 0.2
	da 0 a 0.1

# Progetto n. 2

## Elaborato grafico

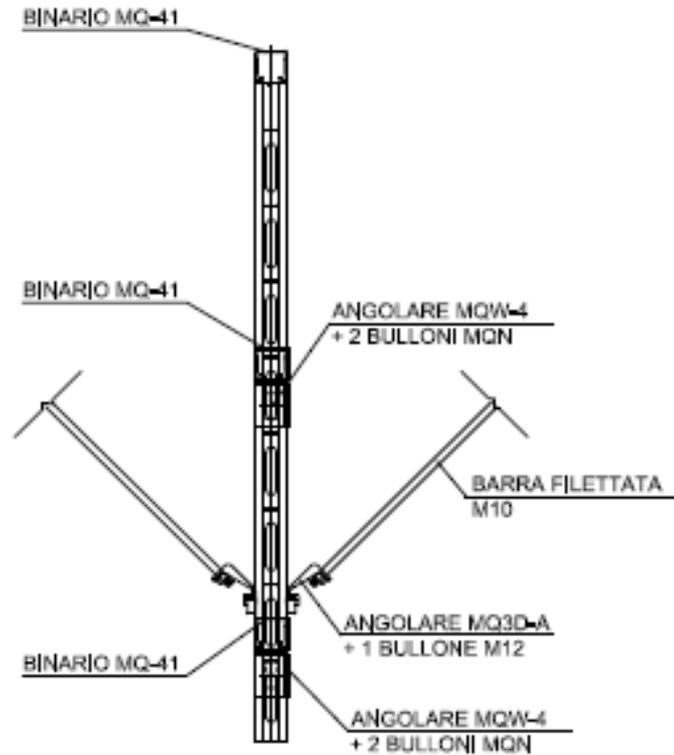


**singolo ordine di controventamento trasversale**

**NOTA:** carichi inferiori rispetto al progetto precedente

# Progetto n. 2

Elaborato grafico



# Progetto n. 2

## Fotografie



# Progetto n. 2

## Fotografie



# Progetto n. 2

## Fotografie



**Sistema 3d**

# Progetto n. 2

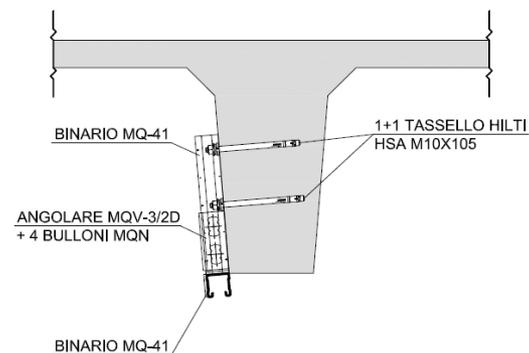
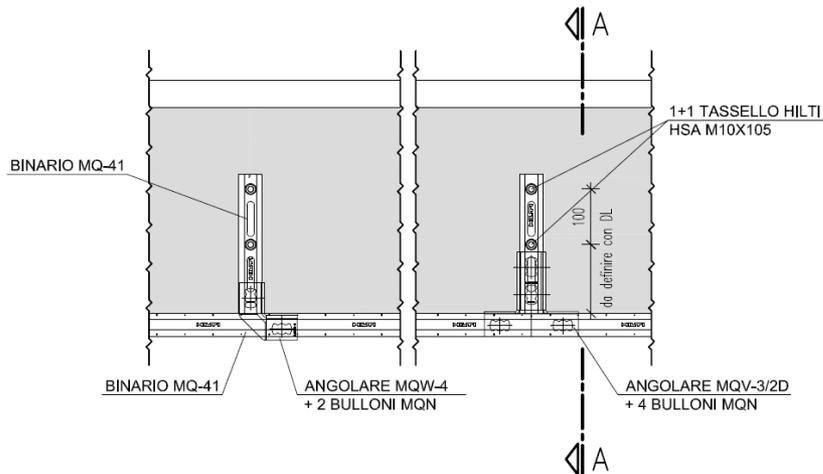
## Fotografie



**Modalità  
ancoraggio a  
tegolo  
prefabbricato**

# Progetto n. 2

## Particolare ancoraggio a tegolo prefabbricato



**NOTA:** il calcolo degli ancoranti è stato eseguito con il programma **HILTI Profis Anchor**

## Progetto n. 3

### Sala prove banda musicale - Roma - Struttura metallica di sostegno diffusori a soffitto

Prestazioni eseguite:

- progettazione strutturale esecutiva

L'impresa installatrice è la [Fantoni spa](#), Osoppo (UD).

In considerazione della geometria del locale (circolare con travi di sostegno a raggiera), che implica travi di sostegno dei diffusori di lunghezza variabile, e per i tempi limitati di posa in opera a disposizione, si è optato per una struttura di sostegno realizzati con elementi **HILTI MQ zincato a freddo**: le travi, che sono già forate e asolate, risultano particolarmente versatili per interventi con geometria complessa e possono essere facilmente modificate direttamente in cantiere.

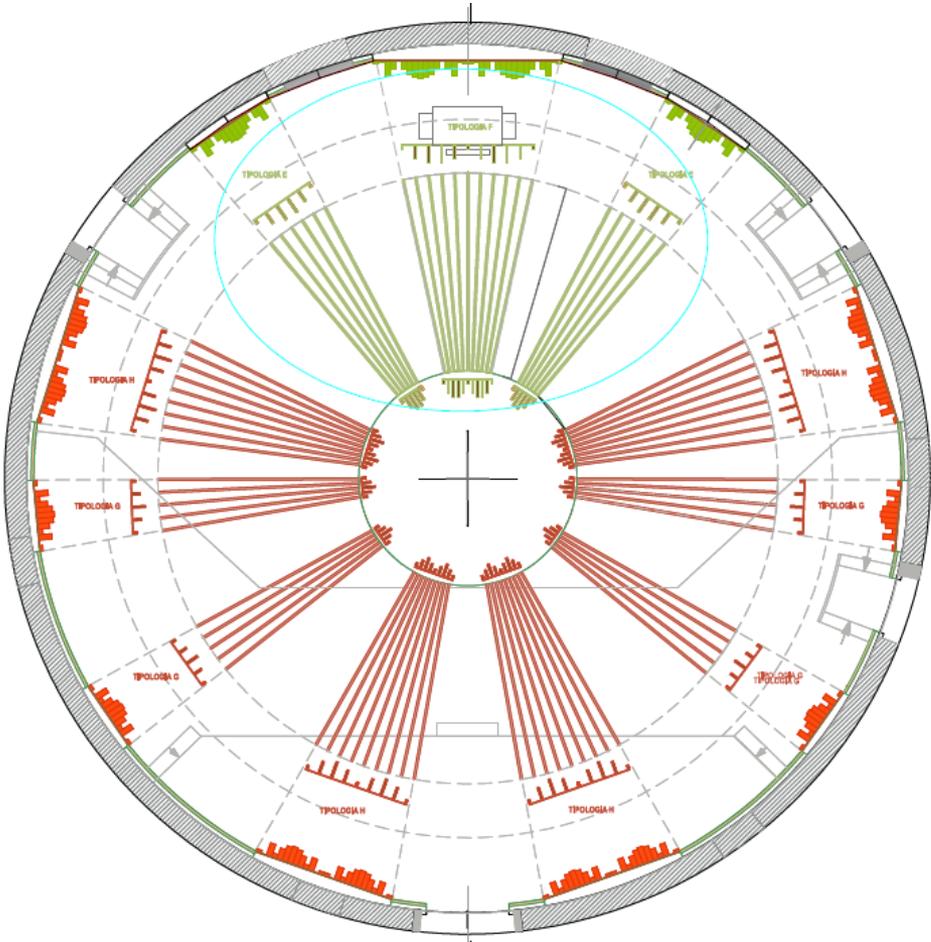
## Progetto n. 3

Struttura sostegno dei diffusori a soffitto



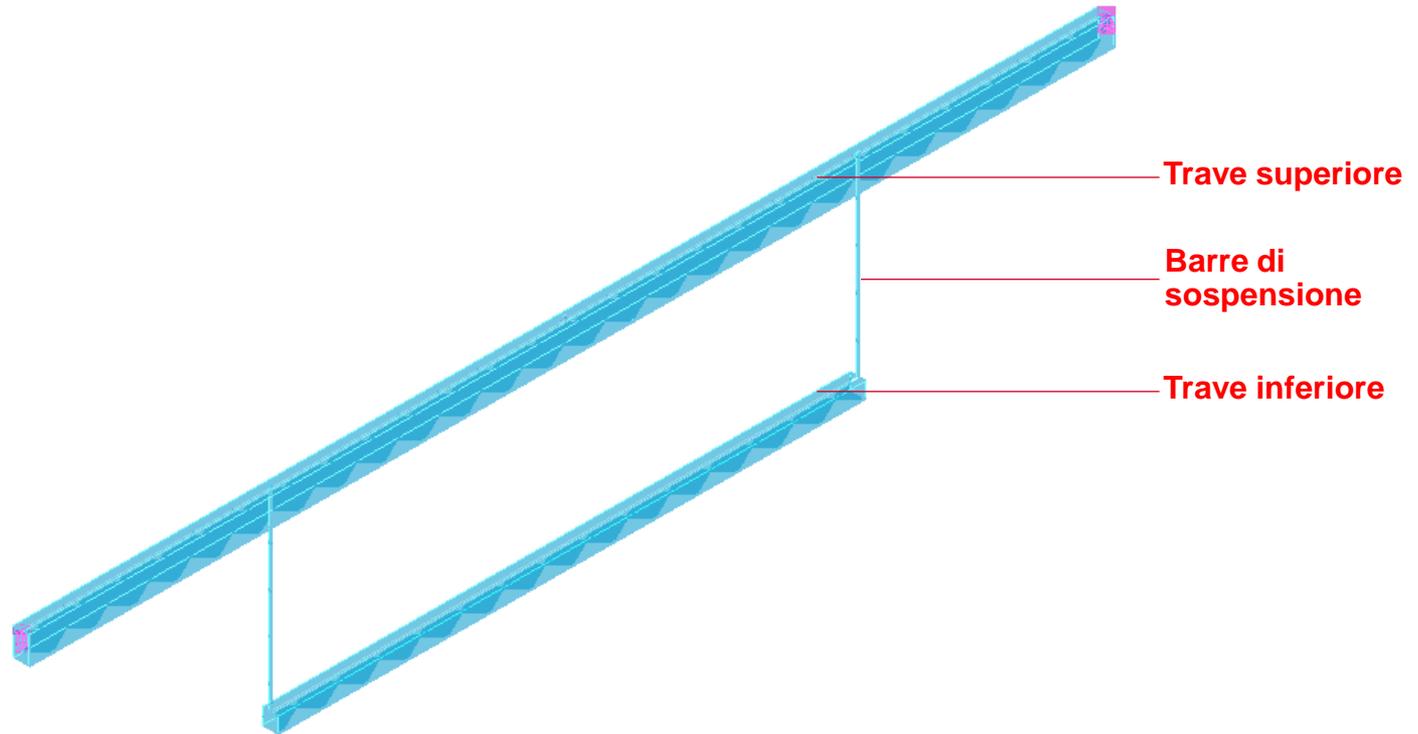
# Progetto n. 3

## Pianta diffusori a soffitto



# Progetto n. 3

Modello di calcolo – Programma Elementi Finiti



**NOTA:** Verifica ai soli carichi verticali

# Progetto n. 3

## Fotografie



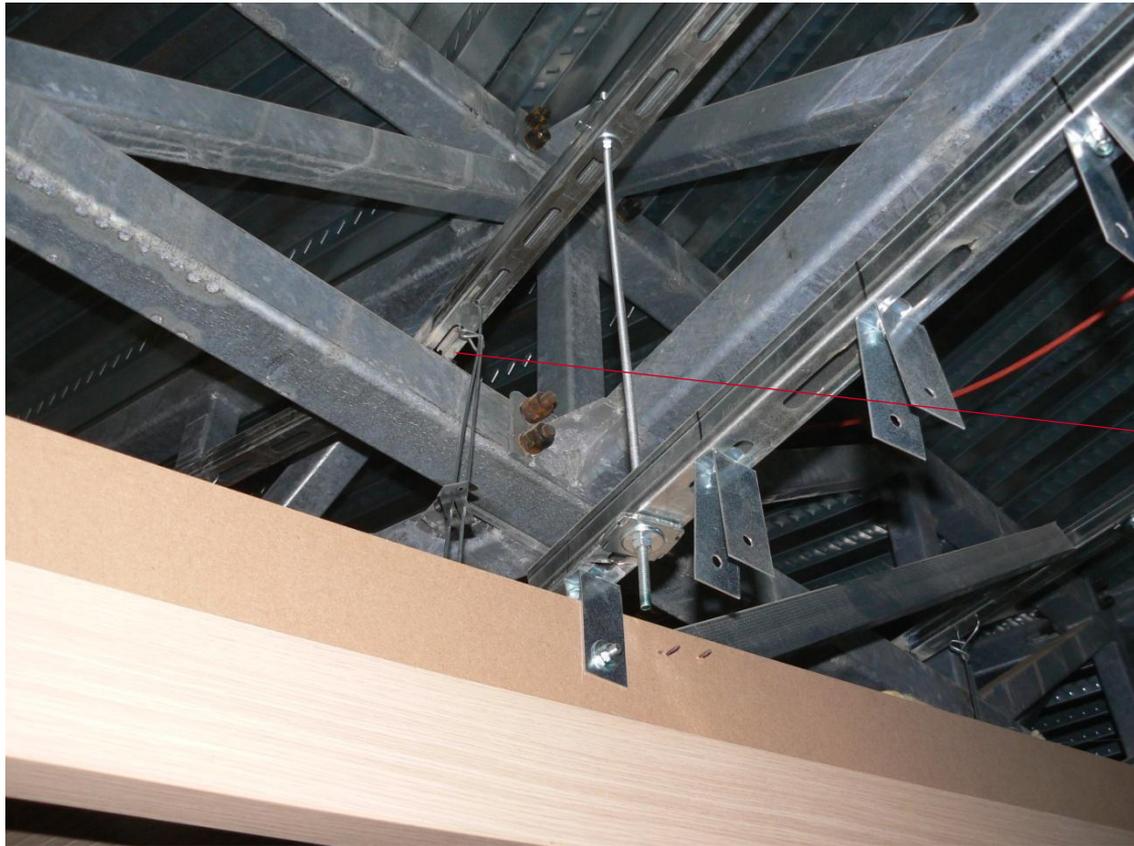
Trave superiore

Barre di  
sospensione

Trave inferiore

# Progetto n. 3

## Fotografie



**Appoggio trave superiore su trave reticolare copertura**

# Progetto n. 3

## Fotografie



# Progetto n. 3

## Fotografie



## Conclusioni

### SISTEMA DI STAFFAGGIO HILTI

1. Flessibilità
2. Tridimensionalità
3. Velocità di posa in opera
4. Programma di calcolo PROFIS Installation
5. Inserimento nel catalogo di nuovi elementi d'unione

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**