



## COMUNE DI NOCETO

Mail: [protocollo@comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@comune.noceto.pr.it)

PEC [protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)

Ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 82/2005, si attesta che il seguente documento, estratto in automatico dal Sistema di gestione documentale del Comune di Noceto, nel rispetto delle regole tecniche del CAD, è conforme all'originale in tutte le sue componenti come registrato al:

Protocollo informatico n. 10845 del 23/06/2026 avente oggetto: COD. PROTOCOLLO IA002217-2026-P:CENTRO DI RACCOLTA RIFIUTI NOCETO ? PROGETTO TETTOIA METALLICA.

con profilo archivistico: VI-09, /

### ELENCO IMPRONTE

IA002217-P.pdf

D73BCE72A1D1E967D4BEC3483991761DBD5CB5355CFF4C28AAE884287C7E3623A  
D2E358DD187F796A888FD4445333F53C2B508AAE1FB894A81262685E74E1362

01.\_Relazione\_di\_calcolo.pdf.p7m

A2A1D808FC676A622E0B94525E3AF569EC0AF4B9307D39C2C69F34742FE5D8796E1  
DB3B93936E7F1B7687D00744AB96297DF4BF834AC916CAFA73DDC474F99E1

02.\_Relazione\_sui\_materiali.pdf.p7m

1A810436175B94918987C71CC35740564A26CF864631B3DFB9FFDD50CCC1C389492  
33F870A13AF99F997A860ED002404DAD54A75315C2429367A23BC2973CBAA

03.\_Piano\_di\_manutenzione.pdf.p7m

F7A05B756EFF1193F88FCF2BEA27F85978EC97F0F6998B787BCE358B82F4F34B707  
3A0CE0703535A2D661219CA8E06664924F6AF996EBA647C841FD581EE866F



## COMUNE DI NOCETO

Mail: [protocollo@comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@comune.noceto.pr.it)

PEC [protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)

04.\_Computo\_Metrico.pdf.p7m

7A94685B7828BFD111FF90A698B39B57B1223B04E0E60BCF164C389DBA7CAB0E512  
7B79A7A12C9E38CB90F8436D3A73CCA15F35F605FD860C946FFFE783794A2

Tav.01\_-\_Piante,\_prospetti\_e\_particolari.pdf.p7m

DE41315D24ACB8144605EF42C83DD014CB08E3C513CBCEF9C138F636132E484FF6  
62E34287FD209EFBA25309DF32CC13E1B9D3354BF196865CC3C51FC76FA113

Tav.02\_-\_Pianta\_di\_inquadramento.pdf.p7m

545DB8342E49164FEFD1363E3E78C939DE82B95CE531D35227F1D98CBF5184BFEE  
EE3D18F314FCDA44B6EBE6D8FDB28B33096925EF34CCA78012BE0BDAD32C2

Parere\_Ausl.pdf

F4E9DEB5711E8AE1A95A89B5E0350347855F8C83571A707904F46C1794140AE4C75E  
F4458D5C53F5E8B6AEFA1606FEF1A20275E529949C5FE2433E16A09987D8

Parere\_Terna.pdf

0C2ADF380F431175D6BA7959EFA106BD1A4FDDA58090BCE517106375888189BFEF2  
0783F4B61AF6BF28C6D999597D37BEBF8F8F4F24089B3861DB2577C775DA6

TestodelMessaggio.html

8939D6C9BC0EC6240A0084818316ED3D2984CC6948B4674021CB269AF3097F4302A  
FA8A99B7A192EC5B81621327BE592F6A30753E7D96BA45DFB7930E7306D04

Copia prodotta a Noceto in data

\_\_\_\_\_



L'incaricato

\_\_\_\_\_

Si inoltra documentazione inerente l'oggetto,<BR>cordiali saluti<BR><BR>IREN  
AMBIENTE SPA



Iren Ambiente S.p.A.  
www.irenambiente.it  
Strada Borgoforte, 22 - 29122 Piacenza  
Tel +39 0523 5491 Fax +39 0523 615297  
Capitale Sociale Euro 63.622.002,00  
Registro Imprese CCIAA dell'Emilia  
C.F. 01591110356 REA: PC-166388

irenambiente@pec.gruppoiren.it  
Società partecipante al Gruppo IVA Iren S.p.A.  
Partita IVA del Gruppo 02863660359  
Società con unico socio Iren S.p.A.  
Società sottoposta a direzione  
e coordinamento di Iren S.p.A.  
C.F. 07129470014

Parma, 23 giugno 2026  
Prot. IA002217-P

*Spett.le*  
**Comune di Noceto**  
**Settore ufficio ambiente**  
**Alla c.a. Geom. Luca Zucchi**

[protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)

**Oggetto: Centro di raccolta rifiuti Noceto – Progetto tettoia metallica.**

Con la presente si trasmette il progetto per la realizzazione della tettoia metallica del CDR di Noceto comprensivo dei pareri di Terna e Ausl.  
Attendiamo approvazione del progetto in giunta per poi procedere con la realizzazione.

Rimanendo a disposizione per qualunque chiarimento, si porgono cordiali saluti.

L'AMMINISTRATORE DELEGATO  
Eugenio Bertolini

*Elenco allegati:*

- 01. Relazione di calcolo
- 02. Relazione sui materiali
- 03. Piano di manutenzione
- 04. Computo metrico
- TAV.01 – Piante, prospetti e particolari
- TAV.02 – Pianta di inquadramento
- Parere Terna
- Parere Ausl



## COMUNE DI NOCETO

Mail: [protocollo@comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@comune.noceto.pr.it)

PEC [protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)

Ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 82/2005, si attesta che il seguente documento, estratto in automatico dal Sistema di gestione documentale del Comune di Noceto, nel rispetto delle regole tecniche del CAD, è conforme all'originale in tutte le sue componenti come registrato al:

Protocollo informatico n. 9141 del 01/06/2026 avente oggetto: P: CENTRO DI RACCOLTA RIFIUTI PROGETTO TETTOIA METALLICA.

con profilo archivistico: VI-09, /

### ELENCO IMPRONTE

PG0042326\_2026\_frontespizio.pdf

D23C2E4B32C1AA9F282D55A125802994A8C3A6498265C570A7C7B176909A39E88B9  
A7BE69C0AC3FBB1DC0B3C101C3CB11462563DBB168B7114B230407ABE85ED

TestodelMessaggio.html

1FEB7601E56E2786582D4DA2332F1D009EFD30A324115A34D9255F5276273EE8854C  
D28C4302CF0900BE3CAB71FB1A563CE4D3DF2C1910A85BE03074BEB8C8F2

PG0042326\_2026\_lettera.pdf

D5D5FD7BD57F5A5A8C6466A7754556870C3BB91196A6CA8A37A4B0547544F4736E8  
73EF91FA3BB85C1F0448889F0BA41024144A4EC76AC3EB953F459B43BE770

Copia prodotta a Noceto in data

\_\_\_\_\_



L'incaricato

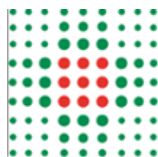
\_\_\_\_\_



## COMUNE DI NOCETO

Mail: [protocollo@comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@comune.noceto.pr.it)

PEC [protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)



**SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Parma**

Str. Organiz. Terr. S.I.S.P. SUD-EST  
Str. Organiz. Terr. S.I.S.P. FIDENZA

Comune Di Noceto  
protocollo@postacert.comune.noceto.  
pr.it

**OGGETTO: Risposta a: (Rif: 2026/8216 PROT) - P: CENTRO DI RACCOLTA RIFIUTI NOCETO  
PROGETTO TETTOIA METALLICA.**

La Commissione per i Nuovi Insediamenti Produttivi (NIP), riunitasi in data 26 maggio 2026 ha effettuato l'ESAME del progetto e della documentazione tecnica allegata, per la valutazione dei requisiti igienico sanitari e di sicurezza di competenza, in conformità a quanto indicato dal punto 4 della DGR 193/2014,

valutato che trattasi del progetto per Realizzazione di una tettoia metallica nel Centro di raccolta rifiuti differenziati relativo a ditta IREN Ambiente Parma, da realizzarsi in Via F.lli Canvelli, comune di NOCETO si comunica che la pratica risulta conforme

Si ricorda che una parte del piazzale è interessata dalla fascia di rispetto dell'elettrodotto, pertanto le eventuali permanenze dovranno essere inferiori a quattro ore giornaliere in prossimità di linee ed installazioni elettriche già esistenti sul territorio, dovrà essere rispettato l'obiettivo di qualità di 3 mT.

Distinti saluti

per

Servizio Igiene e Sanità Pubblica

**Componente Commissione Paolo Saccani**

**Il Responsabile Unico DSP AUSL**

**Amelia Capece**

Nota: Per qualsiasi ulteriori informazioni o chiarimenti:

RUP Amelia Capece

Dipartimento Sanità Pubblica AUSL Parma

Tel 0521 865308 E-mail: [acapece@ausl.pr.it](mailto:acapece@ausl.pr.it)

Firmato digitalmente da:

**Amelia Capece**

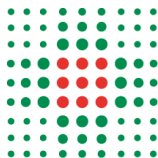
Str. Organiz. Terr. S.I.S.P. SUD-EST

**AZIENDA UNITÀ SANITARIA LOCALE DI PARMA**

Sede legale: Strada del Quartiere n. 2/A 43125 Parma

Tel: +39 0521.393111 - Fax: +39 0521.282393

Codice Fiscale e Partita IVA: 01874230343

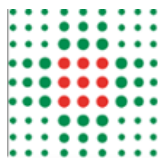


Amelia Capece  
Paolo Saccani

Responsabile procedimento:  
Amelia Capece

**Amelia Capece**  
Str. Organiz. Terr. S.I.S.P. SUD-EST

**AZIENDA UNITÀ SANITARIA LOCALE DI PARMA**  
Sede legale: Strada del Quartiere n. 2/A 43125 Parma  
Tel: +39 0521.393111 - Fax: +39 0521.282393  
Codice Fiscale e Partita IVA: 01874230343



## FRONTESPIZIO PROTOCOLLO GENERALE

AOO: A4D3C73  
REGISTRO: Protocollo generale  
NUMERO: 0042326  
DATA: 01/06/2026  
OGGETTO: Risposta a: (Rif: 2026/8216 PROT) - P: CENTRO DI RACCOLTA RIFIUTI  
NOCETO PROGETTO TETTOIA METALLICA.

SOTTOSCRITTO DIGITALMENTE DA:

Amelia Capece  
Paolo Saccani

CLASSIFICAZIONI:

- [22-07]

DOCUMENTI:

| File                                | Firmato digitalmente da      | Hash                                                                 |
|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| PG0042326_2026_Lettera_firmata.pdf: | Saccani Paolo; Capece Amelia | 547F34304677527196095D34A05243FD13<br>C0BAD631D925016E7DFE924CE2234B |



L'originale del presente documento, redatto in formato elettronico e firmato digitalmente e' conservato a cura dell'ente produttore secondo normativa vigente.

Ai sensi dell'art. 3bis c4-bis Dlgs 82/2005 e s.m.i., in assenza del domicilio digitale le amministrazioni possono predisporre le comunicazioni ai cittadini come documenti informatici sottoscritti con firma digitale o firma elettronica avanzata ed inviare ai cittadini stessi copia analogica di tali documenti sottoscritti con firma autografa sostituita a mezzo stampa predisposta secondo le disposizioni di cui all'articolo 3 del Dlgs 39/1993.

copia conforme all'originale prot. n. ~~90845 del 01/06/2026~~ ~~DLgs 82/2005~~ ~~DLgs 39/1993~~ ~~DLgs 82/2005~~

Si trasmette la nota riportata con oggetto: Risposta a: (Rif: 2026/8216 PROT) - P: CENTRO DI RACCOLTA RIFIUTI NOCETO PROGETTO TETTOIA METALLICA..  
La trasmissione avviene in automatico tramite il sistema di Protocollo PICO dell'Azienda USL di Parma.  
  
Cordiali saluti.  
  
Il messaggio contiene informazioni personali e riservate. Ogni uso improprio è punito ai sensi di legge e solleva il mittente da ogni responsabilità. Nel caso in cui il messaggio sia stato recapitato per errore, si invita a darne tempestiva comunicazione ed a provvedere alla sua cancellazione da ogni dispositivo o sistema. La rivelazione totale o parziale del contenuto di corrispondenza erroneamente recapitata è punita ai sensi dell'art. 616 del codice penale.

Spett.le **Polaris Engineering S.r.l.**  
Via A. Gramsci 54/L  
42124 Reggio Emilia (RE)  
[polariseng@pec.it](mailto:polariseng@pec.it)

p.c. **Comune di Noceto**  
Piazza Adami, 1  
43015 Noceto (PR)  
[protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it](mailto:protocollo@postacert.comune.noceto.pr.it)

**OGGETTO: Elettrodotto a 380 kV n. 21375A1 "Parma Vigheffio - S.Rocco" nel tratto compreso tra i sostegni 199÷200, nel territorio ricadente in Comune di Noceto (PR).  
Richiesta Benestare per realizzazione tettoia all'interno del CDR sito in Via F.lli Canvelli, Noceto (PR).**

Con riferimento alla Vostra comunicazione inviata a mezzo posta elettronica certificata, Ns. Prot. GRUPPO TERNA/A20260062294 del 06/05/2026, vi comunichiamo quanto segue.

Ogni nuovo insediamento o edificio, o la ristrutturazione con variazioni di volumetria e/o di uso di un fabbricato esistente, dovrà necessariamente risultare compatibile con gli elettrodotti già esistenti sul territorio. In particolare, dovrà essere rispettata la vigente normativa in materia di sicurezza, di distanze dai conduttori elettrici, e di campi elettrici e magnetici, di seguito specificata:

- D.Lgs. 9 aprile 2008, n.81 (G.U. 30 aprile 2008, n.101, S.O. n. 108) e s.m.i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".
- D.M. 449 del 21 marzo 1988 [in S.O. alla G.U. n° 79 del 5.4.1988] e successive modifiche ed integrazioni, recante norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne;
- Legge n° 36 del 22 febbraio 2001 [in G.U. n° 55 del 7.5.2001], legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici;
- DPCM dell'8 luglio 2003 [in G.U. n° 200 del 29.8.2003], recante i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

La progettazione di nuovi insediamenti o edifici dovrà tenere conto delle seguenti condizioni e prescrizioni:

- I terreni attraversati dalle linee elettriche sono soggetti a servitù di elettrodotto che, all'interno della fascia di terreno asservita, ne limitano espressamente l'uso, consentendo solo attività e opere che non siano di ostacolo all'esercizio e alla manutenzione della linea stessa.
- Eventuali modifiche dei livelli del terreno e la piantumazione di essenze arboree non dovranno interessare in alcun modo le aree sottostanti i conduttori e le aree di rispetto attorno ai sostegni.
- L'eventuale installazione di torri e lampioni di illuminazione e la messa a dimora di piante fuori fascia asservita, dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. n° 449 del 21 marzo 1988, e sue successive modifiche e integrazioni, dalla norma CEI 64-7, (tenuto conto, tra l'altro, dello sbandamento dei conduttori), e dal D. Lgs. n° 81 del 09 aprile 2008.
- Le opere in prossimità degli elettrodotti non potranno essere destinate a deposito o stoccaggio di materiale infiammabile, esplosivo, di oli minerali o gas a distanze inferiori a quelle previste dalla legge, né dovranno arrecare disturbo, in alcun modo, all'esercizio delle linee elettriche.

- Precisiamo che i sostegni delle linee elettriche sono muniti di impianti di messa a terra che possono essere soggetti a dispersione di corrente; dovranno pertanto essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il trasferimento a distanza, attraverso materiali metallici, dei potenziali originati dal normale funzionamento degli elettrodotti.

Qualsiasi responsabilità, derivante dall'inosservanza di norme e prescrizioni, non potrà che ricadere sul titolare dell'intervento nonché su chi ha rilasciato l'autorizzazione/concessione, nei confronti dei quali ci riserviamo di valerci qualora siano create condizioni tali da comportare eventuali interventi di risanamento, dovuti all'interferenza con gli elettrodotti.

Segnaliamo infine, che i nostri conduttori sono da ritenersi costantemente alimentati alla tensione di 380.000 Volt e che l'avvicinarsi ad essi a distanze inferiori a quelle previste dalle vigenti disposizioni di legge (artt. 83 e 117 del Dlgs n°81 del 09.04.2008) sia pure tramite l'impiego di attrezzi, materiali e mezzi mobili, costituisce pericolo mortale.

Vi comunichiamo che in esito alle nostre verifiche, condotte sulla base della documentazione tecnica resa disponibile da parte Vostra, l'intervento edilizio risulta **COMPATIBILE** con le distanze minime dagli elettrodotti previste dal D.M. 21/03/1988 n°449.

Per quanto attiene alla legge 36/2001 ed al relativo decreto attuativo, evidenziamo che nella progettazione di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere in prossimità di linee ed installazioni elettriche già esistenti sul territorio, dovranno essere rispettati l'obiettivo di qualità di 3µT, previsto per il valore di induzione magnetica dall'art. 4 del d.p.c.m. 8 luglio 2003, e le fasce di rispetto determinate ai sensi dell'art. 6 del medesimo decreto.

Vi rendiamo inoltre noto, che non è stata eseguita alcuna verifica in relazione alla normativa vigente in materia di protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici (DPCM 8 luglio 2003 e Legge 36 del 22 febbraio 2001), stante che la destinazione d'uso del progetto non è riconducibile ad uso residenziale, scolastico, sanitario, aree gioco per l'infanzia, ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Nel precisarvi che eventuali comunicazioni scritte dovranno essere indirizzate a Terna Rete Italia S.p.A. – Dipartimento Trasmissione Centro-Nord – Unità Impianti di Parma – Strada Tronchi, 51A Parma, segnaliamo che il per. ind. Roberto Vescovini (0521.557901 – [roberto.vescovini@terna.it](mailto:roberto.vescovini@terna.it)) e il geom. Lorenzo Vitali (324.0462381 – [lorenzo.vitali@terna.it](mailto:lorenzo.vitali@terna.it)) restano a Vostra disposizione per chiarimenti in merito.

Cordiali saluti

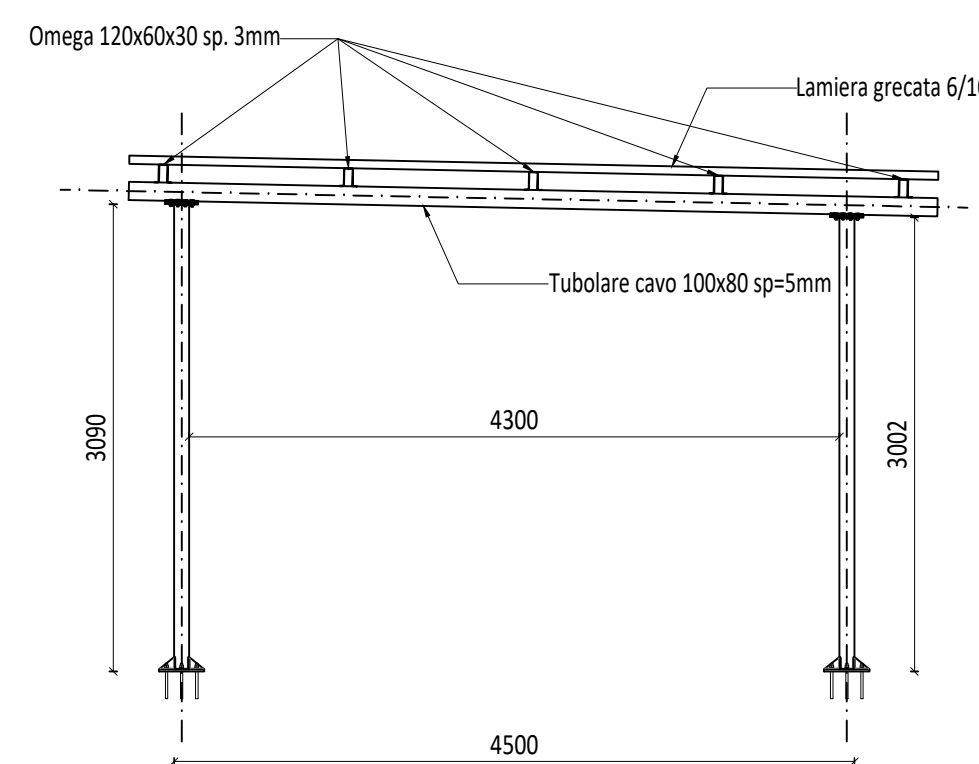
**Unità Impianti Parma  
Il Responsabile  
(Ing. Tramonti Andrea)**

Allegati: c.s.

Copia a: DTCNR-UPR

DTCNR-UPR\_RV/lv

**Unità Impianti Parma** - Strada Tronchi, 51A - 43125 Parma - Italia - Tel. +39 0521.557912 - Fax +39 0521.557918



Technical drawing of a bridge structure showing three vertical piles. The drawing includes dimensions for pile height (3002), pile diameter (3600), and pile spacing (3500). Labels indicate the use of Omega 120x60x30 3p. 3mm and Omega 120x60x30 3p. 3mm reinforcement. The drawing also shows the use of Tubolare cavo 100x80 sp=5mm and Tubolare cavo 100x100 sp=6mm.

Technical drawing of a metal structure, likely a frame or support. The drawing includes the following dimensions and components:

- Dimensions:**
  - Overall width: 4500
  - Overall height: 3000
  - Internal width: 4300
  - Internal height: 3000
  - Top flange thickness: 6/10
  - Tube diameter: 100x80
  - Tube wall thickness: 5mm
- Components:**
  - Lamiera grata 6/10 (Grated plate 6/10)
  - Tubolare cavo 100x80 sp=5mm (Cable tube 100x80 sp=5mm)
  - Omega 120x60x30 sp=3mm (Omega 120x60x30 sp=3mm)

Technical drawing of a three-bay portal frame structure. The drawing shows three vertical columns and two horizontal beams. The columns are labeled "Tubolare cavo 100x100 sp=6mm" and have a height of 3500. The beams are labeled "Tubolare cavo 100x80 sp=5mm" and have a depth of 400. The horizontal dimensions are 3600 between columns and 7200 for the total length. The vertical dimensions are 3500 for the column height and 3600 for the beam depth. The drawing also shows the connection details between the columns and beams, including the use of Omega 120x60x30 sp. 3mm and Omega 120x60x30 sp. 3mm.

copia conforme all'originale prot. n. 10845 del 23/06/2026 - D.Lgs 82/2005

copia conforme all'originale prot. n. 10845 del 23/06/2026 - D.Lgs 82/2005



Comune  
**Noceto**  
Provincia  
**Parma**



Opera:

## Realizzazione di una tettoia metallica nel Centro di raccolta rifiuti differenziati del comune di Noceto in Via F.lli Canvelli

Codice di sito-Codice di impianto:

-

Livello di progettazione:

**ESECUTIVO**

Codice di sistema:

-

Tipologia e disciplina:

**STR - RC**

Progressivo e revisione:

-

Formato di stampa:

**A4**

Scala:

-

ID Progetto:

26 - 004 Noceto (PR)

Codifica documento:

Titolo documento (estensione file):

**RELAZIONE DI CALCOLO**

|      |             |                 |                  |             |           |
|------|-------------|-----------------|------------------|-------------|-----------|
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
| #    | Aprile 2026 | PRIMA EMISSIONE | Ferrarini Andrea | C.U.        | C.U.      |
| Rev. | Data        | Descrizione     | Redatto          | Controllato | Approvato |

Committenza:



IREN Ambiente S.p.A.  
Sede Legale: Strada Borgoforte, 22, 29122 Piacenza  
Tel: 0523.605026 / Fax 0523. 505128 e-mail: iren@gruppoiren.it

Redatto:



Dati societari:

Alfa Solutions S.p.A.  
Viale B. Ramazzini, 39/D - 42124 Reggio Emilia RE - Italy  
P.IVA IT 02863660359 - C.F. 01425830351 - SDI: UWR7WJY  
T. 0522 550905 - [www.alfa-solutions.it](http://www.alfa-solutions.it) - [info@alfa-solutions.it](mailto:info@alfa-solutions.it)  
Reg. Imprese CCIAA di RE n. 01425830351 - REA n. 184111  
Società sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A.

Responsabile progetto:

Ing. Ferrarini Andrea

Collaboratori progettazione:

Ing. Leprotto Vittorio



## **RELAZIONE DI CALCOLO**

## Sommario

|     |                                                                               |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | LOCALIZZAZIONE INTERVENTO .....                                               | 4  |
| 2.  | CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO<br>6    |    |
| 3.  | DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA .....                                    | 16 |
| 4.  | QUADRO NORMATIVO .....                                                        | 17 |
| 5.  | DESCRIZIONE DEI MATERIALI .....                                               | 18 |
| 6.  | MODELLI DI CALCOLO E CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA. ....       | 20 |
| 6.1 | Modello tridimensionale e modellazione dei vincoli .....                      | 21 |
| 6.2 | Modellazione dei vincoli interni ed esterni .....                             | 22 |
| 6.3 | Indicazione principali per le combinazioni delle azioni .....                 | 23 |
| 6.4 | Metodi di analisi .....                                                       | 24 |
| 6.5 | Classificazione delle sezioni.....                                            | 25 |
| 7.  | DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO .....                                   | 26 |
| 7.1 | Prestazioni attese, vita nominale classe d'uso e periodi di riferimento ..... | 26 |
| 7.2 | Azioni statiche sulla struttura .....                                         | 26 |
|     | SCHEMATIZZAZIONE CASI DI CARICO STATICI.....                                  | 31 |
| 7.3 | Azioni sismiche .....                                                         | 35 |
|     | CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO .....                                        | 37 |
| 7.4 | Definizione delle combinazioni .....                                          | 43 |
| 8.  | PRINCIPALI RISULTATI.....                                                     | 47 |
| 8.1 | Azioni al piede .....                                                         | 50 |
| 8.2 | Momento flettente.....                                                        | 51 |
| 8.3 | Taglio.....                                                                   | 52 |
| 9.  | SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA .....                                    | 53 |
| 9.1 | Verifiche preliminari .....                                                   | 55 |
| 9.2 | Verifiche di resistenza e instabilità.....                                    | 58 |
| 9.3 | Verifiche di deformabilità .....                                              | 68 |
| 9.4 | Verifiche SLU e SLE della lamiera grecata .....                               | 71 |
| 10. | COLLEGAMENTI.....                                                             | 72 |

|      |                                                   |     |
|------|---------------------------------------------------|-----|
| 10.1 | Nodi di base .....                                | 73  |
| 10.2 | Unione trave-colonna .....                        | 92  |
|      | DESCRIZIONE GENERALE DEL COLLEGAMENTO .....       | 92  |
|      | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                    | 93  |
|      | METODOLOGIA DI CALCOLO .....                      | 94  |
|      | AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....                    | 96  |
|      | MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO ..... | 97  |
|      | COMBINAZIONE DI CARICO.....                       | 97  |
|      | PIASTRE .....                                     | 98  |
|      | BULLONI.....                                      | 98  |
|      | GEOMETRIA CORDONI .....                           | 99  |
|      | FORZE APPLICATE .....                             | 100 |
|      | VERIFICA BULLONI .....                            | 100 |
|      | VERIFICA A PUNZONAMENTO .....                     | 101 |
|      | VERIFICA A RIFOLLAMENTO .....                     | 102 |
|      | VERIFICA TENSIONI .....                           | 103 |
|      | VERIFICA SALDATURA (SEZIONE RIBALTATA) .....      | 103 |
|      | CODICE DI CALCOLO .....                           | 108 |

## 1. LOCALIZZAZIONE INTERVENTO

L'oggetto della presente relazione di calcolo è situato in Via F.lli Canvelli, diramazione di Via Gandiolo e Via Ponte Taro, arterie infrastrutturali direttamente connesse con la SS357 passante per il centro abitato del comune di Noceto. In particolare, il sedime della nuova costruzione è situato presso il centro di raccolta rifiuti di IREN del comune di Noceto (PR), in corrispondenza delle coordinate riportate in seguito:

- **Latitudine: 44.8085°**
- **Longitudine: 10.1972°**

La zona di interesse risulta essere pianeggiante e in prossimità del Fiume Taro. Il contesto urbano è caratterizzato dalla presenza di un numero esiguo di edifici perlopiù di carattere industriale, posti ad una distanza ravvicinata rispetto al sito in esame. Il centro di raccolta dista inoltre un paio di chilometri dal centro abitato di Noceto, con presenza di edifici di dimensioni ridotte, a carattere residenziale e commerciale.

Dal punto di vista generale e morfologico il territorio comunale è nettamente scisso in due settori distinti: una fascia collinare meridionale e centro-occidentale, prevalentemente a destinazione agricola e meno densamente popolata e una zona pianeggiante a nord-est, adiacente al fiume Taro, che ospita i principali insediamenti e infrastrutture.

Si riportano di seguito una vista satellitare di dettaglio e una di inquadramento generale.

[illegible]

copia conforme all'originale prot. n. 10845 del 23/06/2026 - D.Lgs 82/2005

## 2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO

Al fine di inquadrare dal punto di vista geologico il sito in cui verrà ubicata la struttura, ci si rifà alla relazione geologica a cura del Dott. Stefano Righetti e del Dott. Marco Berselli, di cui si riporteranno degli estratti e a cui si rimanda per un maggiore approfondimento delle caratteristiche geologiche del terreno e geomorfologiche del sito in esame, posto in una zona di transizione tra l'alta pianura pedemontana e le prime propaggini dell'Appennino Emiliano.

Dal punto di vista dell'inquadramento geologico regionale, nella sopracitata relazione si riporta quanto segue:

*"Il territorio del Comune di Noceto si colloca in una fascia di transizione geomorfologica situata tra il margine appenninico settentrionale e la media Pianura Padana. Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata dalla sovrapposizione dei depositi alluvionali del Quaternario sopra le strutture plio-pleistoceniche del cosiddetto "Bacino Terziario Emiliano". La porzione meridionale del comune lambisce le prime propaggini collinari, dove affiorano i depositi marini del Pliocene (le cosiddette Argille Azzurre), testimonianza di un antico bacino marino che occupava l'intera area prima del sollevamento tettonico. Procedendo verso nord, il sottosuolo è dominato dalle sequenze del Pleistocene e dell'Olocene, costituite da alternanze di ghiaie, sabbie e limi deposti dai paleo-alvei dei fiumi Taro e Stirone. Questi depositi, organizzati in conoidi alluvionali, presentano una distribuzione granulometrica decrescente verso la pianura, con una permeabilità elevata che favorisce la presenza di importanti acquiferi profondi. Il paesaggio attuale è il risultato del modellamento fluviale post-glaciale, che ha inciso i terrazzi fluviali antichi creando lievi dislivelli morfologici che separano i piani di campagna dalle attuali aree di esondazione naturale."*

Da un punto di vista tettonico-strutturale, il sito in esame, ricade all'interno di una porzione territoriale, compresa fra due fronti attivi di scorrimento sepolti ma con presenza di un terzo fronte potenzialmente attivo, che attraversa il territorio.

Ad una scala inferiore e quindi facendo riferimento al comune di Noceto e alle sue aree limitrofe, si dettaglia meglio e in maniera maggiormente accurata l'inquadramento geologico, riportando un estratto di quanto indicato nella relazione geologica:

*“L’assetto stratigrafico del territorio di Noceto riflette la complessa evoluzione del margine appenninico-padano, documentando la transizione dai domini marini profondi ai sistemi deposizionali continentali quaternari. Nel settore collinare affiorano, o si rinvencono a modesta profondità, le Unità Liguri ed Epiliguri, le quali immergono progressivamente verso nord al di sotto della potente successione terrigena plioleistocenica. Tale successione manifesta un netto carattere regressivo, evolvendo da depositi bacinali di mare profondo verso prismi sedimentari fluvio-deltizi progradanti. Tra le unità più antiche riferibili al Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo si segnala la Formazione del Torrente Ghiara (FGH) (Langhiano-Serravalliano), costituita da una litofacies pelitico-marnosa grigia deposta in contesti di scarpata o bacino profondo. La successione messiniana post-evaporitica è invece rappresentata dalla Formazione a Colombacci (FCO), testimone di ambienti transizionali fluvio-lagunari caratterizzati da litofacies pelitiche alternate a lenti conglomeratiche grossolane. Il ciclo sedimentario prosegue con le Argille Azzurre (FAA) del Pliocene, depositi distali di piattaforma e bacino composti da peliti marnose compatte, sulle quali si imposta il Supersistema Quaternario Marino. Quest’ultimo comprende il Sistema di Costamezzana (CMZ) e il Sistema del Torrente Stirone (ATS), costituiti da alternanze di sabbie e ghiaie organizzate in cicli sedimentari controllati dalle oscillazioni climaticoeustatiche pleistoceniche. La porzione settentrionale e pianeggiante del comune è dominata dal Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). Questa unità, definita su basi morfo-pedostratigrafiche, include depositi alluvionali suddivisi in diversi subsistemi (Villa Verucchio, Agazzano, Maiatico, Monterlinzana) a seconda del grado di evoluzione dei paleosuoli e della gerarchia dei terrazzi fluviali. In particolare, la piana alluvionale recente è caratterizzata dal:*

- *Subsistema di Ravenna (AES8): costituito da depositi alluvionali di pianura che non presentano evidenze di sollevamento tettonico o di modellamento erosivo significativo. Si compone prevalentemente di alternanze di limi, sabbie fini e argille deposti in contesti di esondazione e di argine.*
- *Unità di Modena (AES8a): rappresenta la porzione sommitale e più recente del Subsistema di Ravenna. È formata da depositi ghiaioso-sabbiosi e limosi legati all’attività olocenica dei principali corsi d’acqua (Taro e Stirone). Tali sedimenti sono spesso associati a forme di dosso fluviale e*

*costituiscono il substrato diretto su cui poggiano gran parte delle infrastrutture e degli insediamenti antropici dell'area."*

Da un punto di vista geomorfologico, il territorio presenta forme naturali ma anche antropiche fortemente eterogenee. Il settore collinare è caratterizzato da dorsali che si alternano a depressioni vallive allungate. In questo contesto, si ha una prevalenza di litologie argillose e marnose poco coerenti, causa di movimenti gravitativi ancora in atto. Il settore di pianura invece, presenta per l'appunto superfici pressoché piane dati dalla coalescenza di conoidi alluvionali e terrazzi intravallivi tipici dei corsi d'acqua, che caratterizzano fortemente il territorio in esame. A tal proposito, si riporta un estratto relativo all'inquadramento idrogeologico:

*"Il sistema idrogeologico di Noceto e parte integrante del Bacino della Pianura Parmense ed è caratterizzato da un'architettura multifalda complessa. Si distinguono tre Gruppi Acquiferi principali:*

- Gruppo A (superficiale): corrispondente al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, e l'unità più esposta e spesso interessata da inquinamento diffuso.*
- Gruppo B: separato dal precedente da livelli argillosi regionali, funge da acquifero confinato protetto dalla superficie.*
- Gruppo C (profondo): legato al Supersintema Quaternario Marino, costituisce la base degli acquiferi utili ed è sfruttato principalmente nel margine appenninico.*

*La dinamica delle acque sotterranee vede un flusso idrico che si sviluppa perpendicolarmente al margine appenninico, con direzione prevalente verso nord/nord-est. Il fiume Taro esercita un ruolo attivo, comportandosi come un limite a potenziale imposto che alimenta leggermente la falda circostante. L'intero territorio comunale è classificato con una vulnerabilità idrogeologica intrinseca elevata. Per la tutela della risorsa idrica, sono state definite zone di protezione (Settori A, B, C, D) basate sulle aree di ricarica diretta e indiretta, oltre a fasce di rispetto cronologiche (60, 180, 365 giorni) attorno ai pozzi idropotabili per prevenire contaminazioni batteriche o chimiche.*

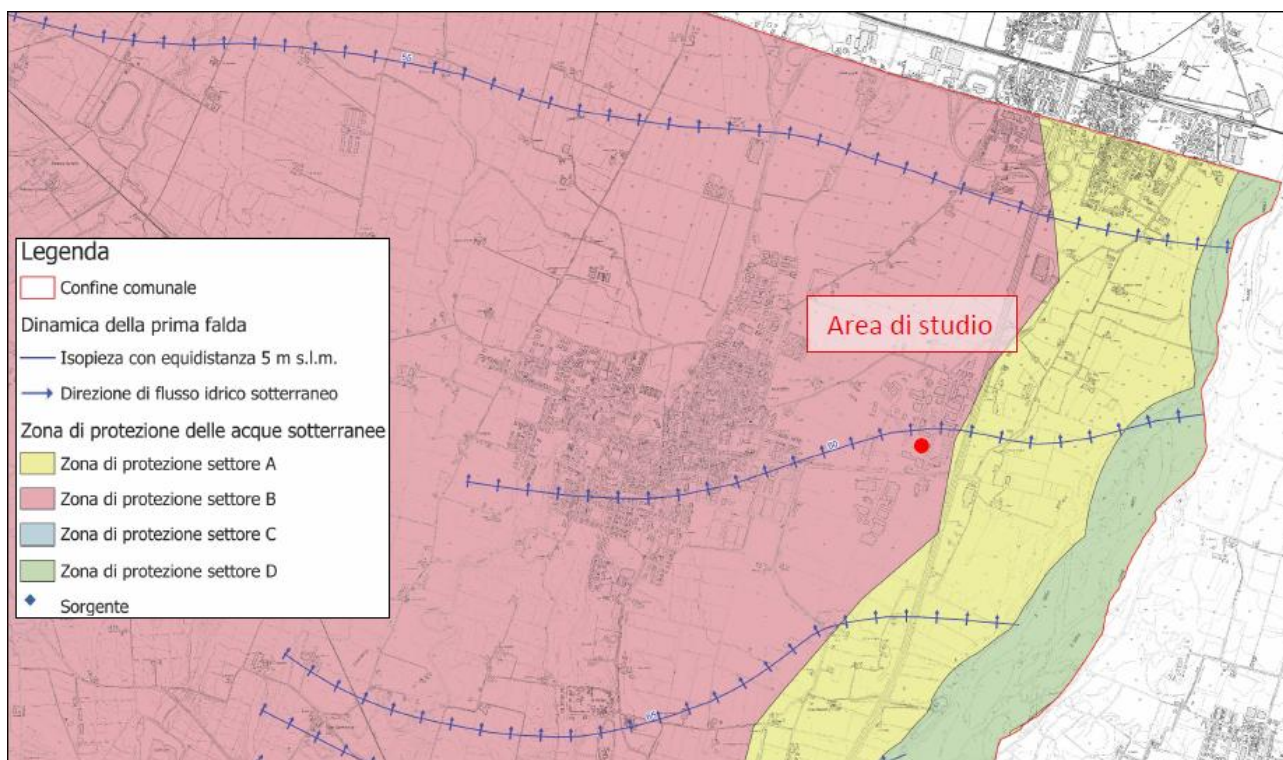


Figura 3 - Particolare della carta QC\_SF4.5 "Carta Idrogeologica"

Dall'analisi della Carta idrogeologica del Quadro Conoscitivo del PUG del Comune di Noceto (Figura 18) si evince che l'area oggetto di studio ricade all'interno delle zone di protezione delle acque sotterranee – settore B, individuate dalla pianificazione territoriale regionale e provinciale come porzioni di pianura caratterizzate da condizioni favorevoli alla ricarica degli acquiferi profondi e pertanto meritevoli di specifiche misure di tutela. Tali aree corrispondono a settori nei quali la ricarica della falda avviene prevalentemente per infiltrazione diffusa attraverso i depositi alluvionali superficiali, con possibile trasferimento idraulico verso livelli acquiferi più profondi. In queste zone la pianificazione urbanistica consente le trasformazioni territoriali e gli interventi edilizi, purché vengano adottate misure finalizzate alla salvaguardia della qualità e della quantità della risorsa idrica sotterranea, tra cui il contenimento dell'impermeabilizzazione dei suoli, il mantenimento di adeguate percentuali di superficie permeabile, nonché la limitazione o il controllo di attività potenzialmente inquinanti che possano costituire fonte di contaminazione della falda. La classificazione dell'area all'interno del settore B implica pertanto la necessità di considerare, nella pianificazione e nella progettazione degli interventi, specifici criteri di compatibilità idrogeologica, finalizzati alla tutela degli acquiferi che rappresentano una risorsa strategica per

*l'approvvigionamento idrico del territorio. La medesima cartografia idrogeologica evidenzia che il sito di intervento si colloca in prossimità dell'isopieza corrispondente alla quota di circa 60 m s.l.m. Considerando che la quota topografica del piano campagna nell'area di indagine risulta mediamente pari a circa 69 m s.l.m., è possibile stimare una soggiacenza della falda freatica dell'ordine di circa 9 m rispetto al piano campagna. Per quanto riguarda la dinamica della circolazione idrica sotterranea, l'andamento delle isopieze riportato nella citata cartografia indica una direzione prevalente di deflusso della falda verso Nord, coerente con l'assetto morfologico generale della pianura e con il gradiente idraulico regionale che caratterizza il settore della pianura parmense. Tale configurazione è compatibile con la presenza di depositi alluvionali permeabili appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), che costituiscono il principale livello acquifero superficiale dell'area."*

A valle dell'inquadramento litostratigrafico, si è proceduto alla caratterizzazione geotecnica del terreno e quindi dei vari strati presenti, conducendo n.2 prove penetrometriche, di cui una statica (CPT) e una dinamica (DPSH), programmata con l'obiettivo di caratterizzare il litostrato a prevalente granulometria grossolana, costituiti da depositi ghiaioso-sabbiosi addensati. Tuttavia, in corrispondenza di tali strati, intercettati alla profondità di circa 4 m dal piano campagna, non è stato possibile approfondire la loro conoscenza causa rifiuto strumentale.

In questo senso non è stato possibile indagare in modo diretto l'intero volume significativo, inteso come volume di sottosuolo interessato dalla trasmissione e diffusione degli incrementi di tensione indotti dall'opera in progetto. Di conseguenza, ci si rifà alle informazioni bibliografiche e ai dati geotecnici disponibili nelle relazioni tecniche redatte nell'ambito del quadro conoscitivo del PUG del Comune di Noceto e degli studi di Microzonazione Sismica comunale, dai quali emerge che tale substrato è costituito da depositi fluviali ghiaiosi addensati caratterizzati da buone proprietà geomeccaniche, con elevata capacità portante e modesta comprimibilità.

Alla luce di tali considerazioni, pur in assenza di una caratterizzazione diretta dei livelli ghiaiosi più profondi, si può ragionevolmente ritenere che tali terreni presentino parametri geotecnici tali da garantire condizioni di stabilità e capacità portante ampiamente compatibili con i carichi trasmessi al terreno dall'opera in progetto, costituita da una struttura leggera di tipo metallico (tettoia). Analogamente, le caratteristiche granulometriche e lo stato di addensamento dei depositi ghiaiosi

profondi, unitamente alla limitata presenza di livelli sabbiosi saturi sciolti, consentono di ritenere trascurabile la suscettibilità a fenomeni di liquefazione sismica dei terreni di fondazione.

Sono state altresì eseguite indagini geofisiche a carattere sismico mediante applicazione della metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzate alla caratterizzazione dinamica e sismostratigrafica del sottosuolo fino a profondità superiori a 30 m dal piano campagna. Tali indagini sono state condotte in conformità alle prescrizioni del D.P.C.M. 3274/2003 e alle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, con particolare riferimento alla definizione dei parametri necessari alla classificazione sismica del sito (es. profilo delle velocità delle onde di taglio Vs). In aggiunta, è stata eseguita una prova sismica passiva mediante tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), basata sulla registrazione dei microtremori ambientali, al fine di determinare la frequenza fondamentale di risonanza del sito di indagine e fornire indicazioni sulla risposta sismica locale. Sulla base dei risultati mostrati, si procede alla valutazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, come indicato al §3.2.2 NTC2018, di cui si riporta un estratto di seguito.

Si riportano di seguito delle figure riassuntive rispettivamente dei principali risultati ottenuti tramite la prova CPT e prova DPSH

Probe CPT - Cone Penetration CPT 1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Iren Ambiente S.p.A.  
Cantiere: Nuova tettoia - CDR Noceto (PR)  
Località: via F.lli Canvelli, 6 - Noceto (PR)

Data: 10/03/2026

Scala 1:100 - Qc: 1 cm=3,56 MPa - Fs: 1 cm=0,03 MPa

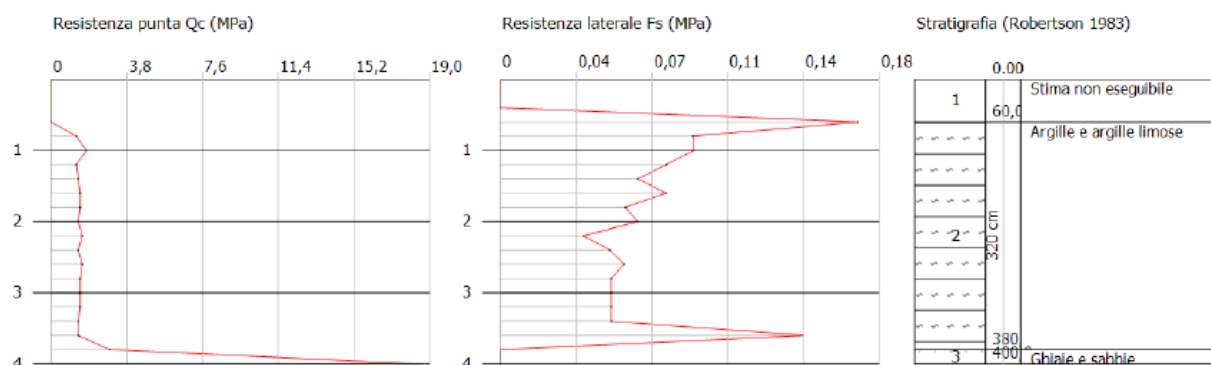


**Figura 4 - Diagrammi relativi alla prova CPT**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Iren Ambiente S.p.A.  
Descrizione: Nuova tettoia - CDR Noceto (PR)  
Località: via F.lli Cervelli, 6 - Noceto (PR)

10/03/2026

Scala 1:24

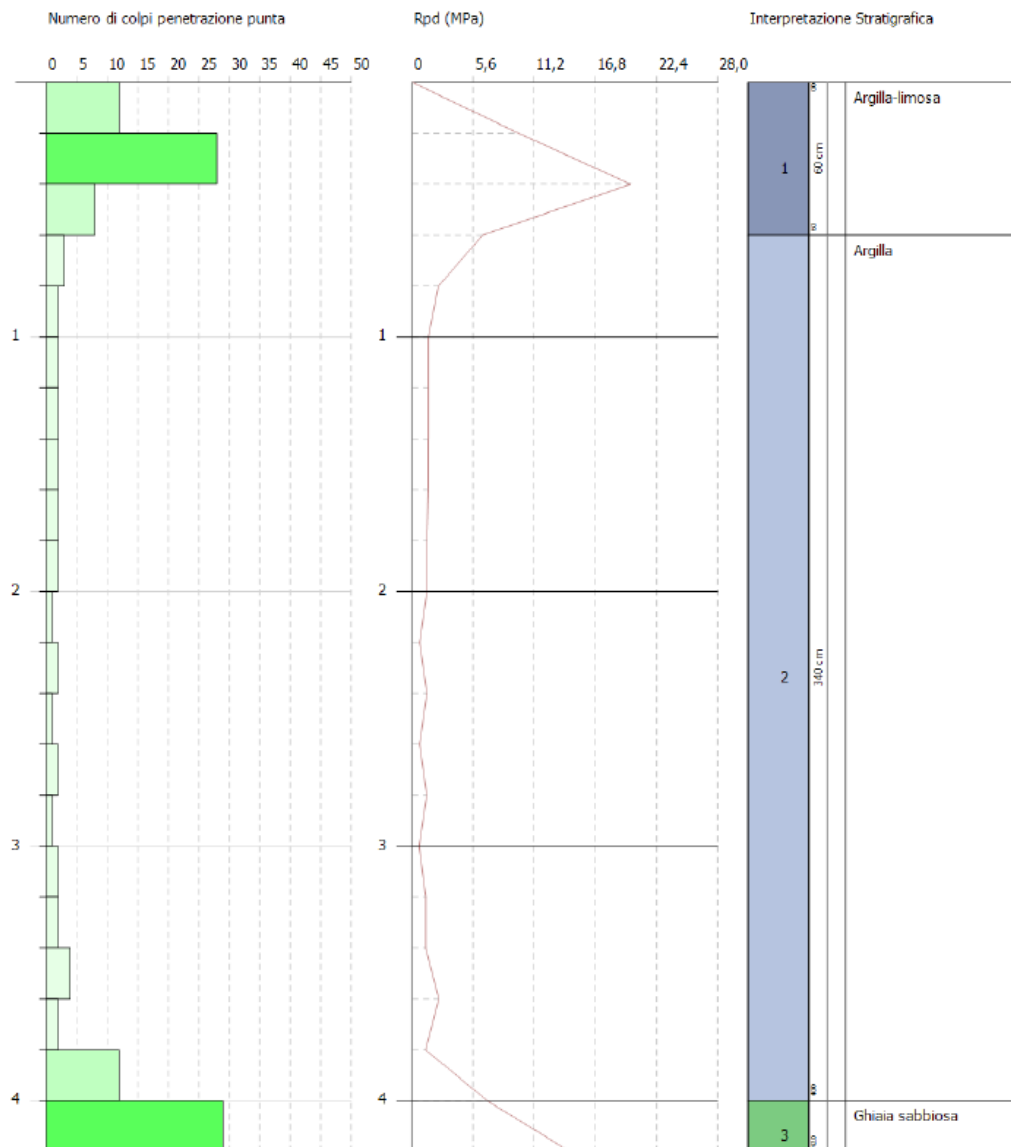


Figura 5 - Risultati prova DPSH

Per quanto concerne invece i risultati emersi dalle prove MASW e HVSR si riporta il modello sismo-stratigrafico ottenuto e ricavato dall'interpretazione della prova MASW.

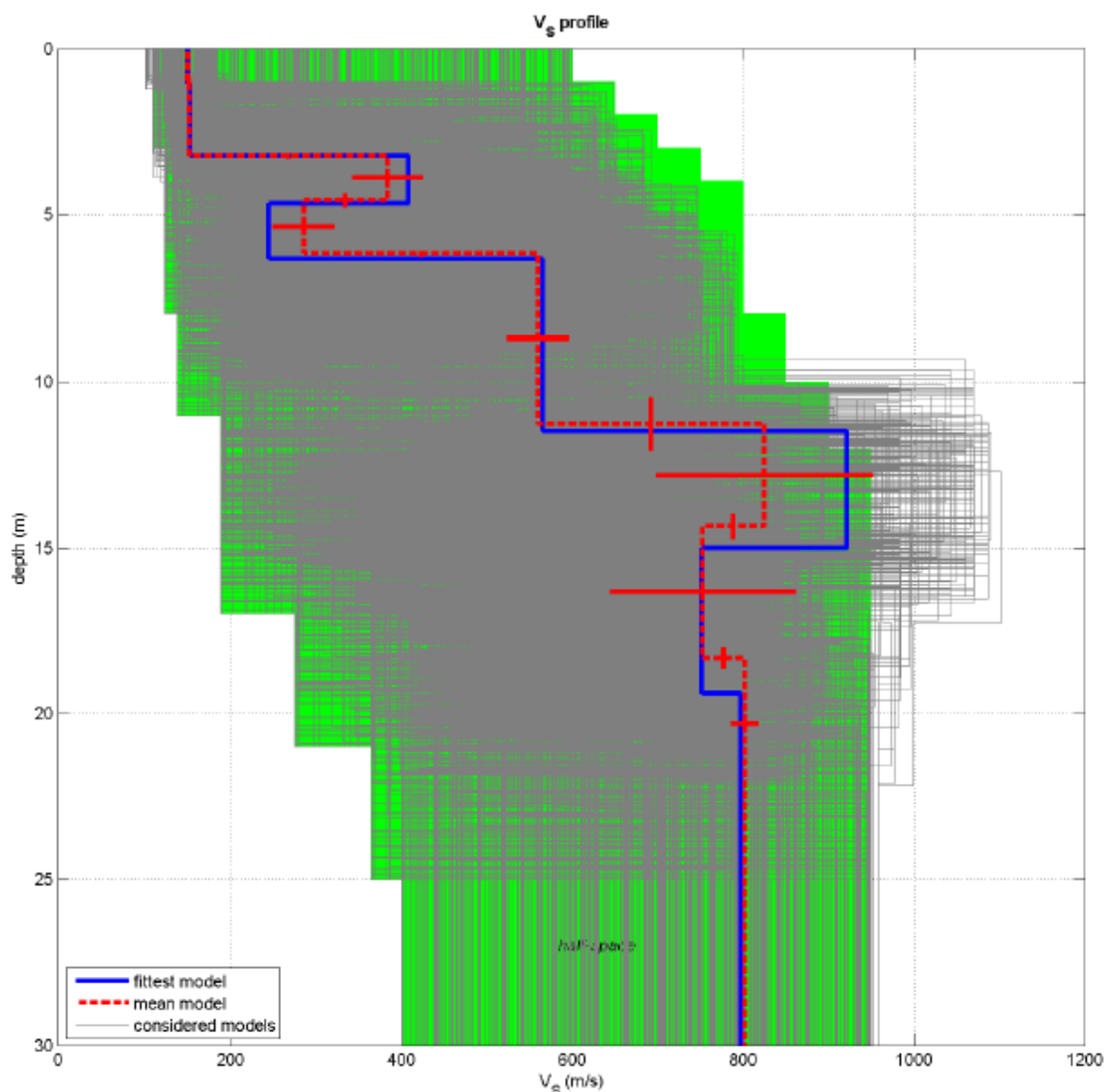


Figura 6 - Modello sismo-stratigrafico del sottosuolo

Si riporta inoltre quanto associato alla corretta lettura del modello soprariportato:

*“La caratterizzazione sismica dei suoli nell’area di studio ha restituito un valore di  $V_{Seq,H}$  pari a 283 m/s con profondità  $H$  uguale a 11,3 m da p.c. mentre  $V_{Seq,30}$  è uguale a 475 m/s, corrispondente a un **terreno di categoria E**. Si tratta di Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.”*

Di seguito un estratto della classificazione della categoria del sottosuolo secondo la normativa vigente a contestualizzare quanto riportato in relazione geologica.

### 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

#### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

**Tab. 3.2.II** – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.                                             |
| 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 m/s e 800 m/s.                                            |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E         | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.                                                                                                                                    |

Si riporta quindi la tabella di sintesi del modello geologico

| Unità stratigrafica | Profondità [m da p.c.] | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Strato 1            | 0.00 – 0.60            | orizzonte superficiale costituito da terreni rimaneggiati, verosimilmente di matrice antropica. Lo strato presenta un'elevata eterogeneità litologica e strutturale; pertanto, nonostante la prevalente composizione limoso-argillosa, non è possibile definirne con affidabilità i parametri geotecnici rappresentativi.                                                                                |
| Strato 2            | 0.60 – 3.80/4.00       | si individuano depositi a prevalente composizione argillosa, con subordinata frazione limosa. In base alle caratteristiche stratigrafiche e alla correlazione con il quadro geologico locale, tale intervallo è attribuibile all'Unità di Modena AES8a.                                                                                                                                                  |
| Strato 3            | 3.80/4.00 – 4.20       | le prove penetrometriche sono state interrotte per rifiuto strumentale, a seguito del raggiungimento di valori di resistenza alla punta eccedenti la capacità operativa della strumentazione. Tale condizione è indicativa della presenza di un livello ad elevata consistenza, attribuibile verosimilmente a depositi granulari addensati (ghiaie e sabbie) appartenenti al Subsistema di Ravenna AES8. |

In sede di indagine non si è riscontrata la presenza di una falda idrica superficiale entro le profondità saggiate. Tuttavia, sulla base della consultazione della cartografia idrogeologica allegata al Piano Urbanistico Generale (PUG) del Comune di Noceto, è possibile ipotizzare un posizionamento del livello piezometrico a una profondità di circa 9 m dal piano campagna. Tale stima, derivante dall'analisi dell'andamento delle isopieze regionali, inquadra il sito in un contesto di soggiacenza profonda, coerente con i caratteri idrogeologici locali.

### **3. DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA**

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una nuova tettoia metallica all'interno del centro di raccolta rifiuti di Felino.

Dal punto di vista strutturale, la tettoia sarà costituita da 3 telai principali a interasse pari a 3,20 m, ciascuno composto da due campate di luce interna pari a 4,30 m nella direzione trasversale, ovvero nella direzione corta. La copertura sarà costituita da elementi portanti quali arcarecci; quest'ultimi saranno infine sormontati da lamiera grecata avente funzione di copertura. L'altezza intradossale delle travi principali di copertura risulterà essere di circa 3 m in corrispondenza parte di tettoia più bassa a 3,10 m in corrispondenza della parte apposta, considerata la pendenza impartita alla copertura, pari al 2%. I pilastri saranno costituiti da profili tubolari cavi di dimensioni 10x10x0,6 cm, mentre le travi principali disposte lungo il lato corto, trasversale, sono costituite da tubolari cavi rettangolari di dimensioni 10x8x0,5 cm. Esse sormonteranno i pilastri prolungandosi oltre l'asse centrale degli stessi di 60 cm al fine di creare uno sporto. L'orditura secondaria della copertura sarà realizzata mediante la posa di profili omega 12x6x3x0,3 cm, disposti con interasse pari a circa 122,5 cm e fissati alle travi stesse per mezzo di viti autopерforanti. Al di sopra di tali profili sarà fissata una lamiera grecata 6/10 che dovrà sostenere il solo carico della neve.

Tutti i profili saranno posati in opera e giuntati per mezzo di unioni bullonate, al netto delle saldature effettuate in officina, qualora necessarie, per garantire la connessione delle piastre utili alle bullonature dei diversi elementi. Il vincolamento alla base della struttura avverrà tramite piastra di base fissata alla platea di fondazione di nuova realizzazione per mezzo di barre filettate e ancorante chimico previa predisposizione di appositi fori. Il sistema di ancoraggio alla base sarà progettato in modo da avere una condizione di incastro alla base evitando l'utilizzo di controventi verticali e affidando tutti i carichi orizzontali agli elementi pilastro. A riportare le azioni alle colonne, si sfrutterà la presenza della lamiera grecata, evitando l'installazione di controventi di falda.

---

## 4. QUADRO NORMATIVO

---

Per l'attività di progettazione preliminare e verifica degli elementi strutturali sono stati impiegati i seguenti riferimenti normativi:

- **D.M. 17.1.2018:** "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni ", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.
- **Circolare 21/01/2019, n.7:** Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.1.2018.
- **CNR\_DT-207 R1/2018:** Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- **UNI EN 1993-1-1:** Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

## 5. DESCRIZIONE DEI MATERIALI

Per la struttura oggetto della presente verrà utilizzato come unico materiale l'acciaio S235, sia per i profili che per le piastre che per le saldature. Per quanto concerne la bulloneria invece si adotteranno quelli M8.8. Si riporta, ai soli fini esplicativi, un estratto delle NTC 2018 in cui si indicano le resistenze meccaniche dei diversi acciai in funzione di range di spessori specifici.

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento |                         |                         |                         |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                           |                         | 40 mm < t ≤ 80 mm       |                         |
|                              | f <sub>yk</sub> [N/mm²]             | f <sub>tk</sub> [N/mm²] | f <sub>yk</sub> [N/mm²] | f <sub>tk</sub> [N/mm²] |
| UNI EN 10025-2               |                                     |                         |                         |                         |
| S 235                        | 235                                 | 360                     | 215                     | 360                     |
| S 275                        | 275                                 | 430                     | 255                     | 410                     |
| S 355                        | 355                                 | 510                     | 335                     | 470                     |
| S 450                        | 440                                 | 550                     | 420                     | 550                     |
| UNI EN 10025-3               |                                     |                         |                         |                         |
| S 275 N/NL                   | 275                                 | 390                     | 255                     | 370                     |
| S 355 N/NL                   | 355                                 | 490                     | 335                     | 470                     |
| S 420 N/NL                   | 420                                 | 520                     | 390                     | 520                     |
| S 460 N/NL                   | 460                                 | 540                     | 430                     | 540                     |
| UNI EN 10025-4               |                                     |                         |                         |                         |
| S 275 M/ML                   | 275                                 | 370                     | 255                     | 360                     |
| S 355 M/ML                   | 355                                 | 470                     | 335                     | 450                     |
| S 420 M/ML                   | 420                                 | 520                     | 390                     | 500                     |
| S 460 M/ML                   | 460                                 | 540                     | 430                     | 530                     |
| S460 Q/QL/QL1                | 460                                 | 570                     | 440                     | 580                     |
| UNI EN 10025-5               |                                     |                         |                         |                         |
| S 235 W                      | 235                                 | 360                     | 215                     | 340                     |
| S 355 W                      | 355                                 | 510                     | 335                     | 490                     |

Tab. 4.2.II – Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento |                         |                         |                         |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                           |                         | 40 mm < t ≤ 80 mm       |                         |
|                              | f <sub>yk</sub> [N/mm²]             | f <sub>tk</sub> [N/mm²] | f <sub>yk</sub> [N/mm²] | f <sub>tk</sub> [N/mm²] |
| UNI EN 10210-1               |                                     |                         |                         |                         |
| S 235 H                      | 235                                 | 360                     | 215                     | 340                     |
| S 275 H                      | 275                                 | 430                     | 255                     | 410                     |
| S 355 H                      | 355                                 | 510                     | 335                     | 490                     |
| S 275 NH/NLH                 | 275                                 | 390                     | 255                     | 370                     |
| S 355 NH/NLH                 | 355                                 | 490                     | 335                     | 470                     |
| S 420 NH/NLH                 | 420                                 | 540                     | 390                     | 520                     |
| S 460 NH/NLH                 | 460                                 | 560                     | 430                     | 550                     |
| UNI EN 10219-1               |                                     |                         |                         |                         |
| S 235 H                      | 235                                 | 360                     |                         |                         |
| S 275 H                      | 275                                 | 430                     |                         |                         |
| S 355 H                      | 355                                 | 510                     |                         |                         |
| S 275 NH/NLH                 | 275                                 | 370                     |                         |                         |
| S 355 NH/NLH                 | 355                                 | 470                     |                         |                         |
| S 275 MH/MLH                 | 275                                 | 360                     |                         |                         |
| S 355 MH/MLH                 | 355                                 | 470                     |                         |                         |
| S 420 MH/MLH                 | 420                                 | 500                     |                         |                         |
| S460 MH/MLH                  | 460                                 | 530                     |                         |                         |
| S460 NH/NHL                  | 460                                 | 550                     |                         |                         |

In sede di progettazione si assumono in modo convenzionale i seguenti valori nominali per l'acciaio:

- Modulo elastico  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità tangenziale  $G = E/[2(1+\nu)] \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$
- Coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} (T < 100^\circ)$
- Densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Per quanto riguarda i bulloni e le barre filettate, si assumono i medesimi valori convenzionali, ad eccezione della resistenza meccanica, per cui si riporta un apposito elenco.

| Classe di resistenza | Resistenza alla trazione in N/mm <sup>2</sup> | Limite di snervamento / di allungamento dello 0,2% in N/mm <sup>2</sup> |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 4.6                  | 400                                           | 240                                                                     |
| 4.8                  | 400                                           | 320                                                                     |
| 5.8                  | 500                                           | 400                                                                     |
| 6.8                  | 600                                           | 480                                                                     |
| 8.8                  | 800                                           | 640                                                                     |
| 9.8                  | 900                                           | 720                                                                     |
| 10.9                 | 1'000                                         | 900                                                                     |
| 12.9                 | 1'200                                         | 1'080                                                                   |

## 6. MODELLI DI CALCOLO E CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA.

Per la verifica di sicurezza delle strutture, si procede con lo sviluppo di una progettazione basata sull'analisi agli stati limite SLU e agli stati limite di esercizio SLE. Si prosegue quindi con il metodo dei coefficienti parziali, con l'obiettivo che il valore di progetto dell'effetto delle azioni, in senso generico,  $Ed$  non sia maggiore del valore di progetto della resistenza  $Rd$  corrispondente. In ottemperanza a quanto detto, per ogni caso, verranno valutati gli effetti delle azioni secondo combinazione agli stati limite idonea alla situazione ed in riferimento al tipo di verifica che si vuole condurre. I valori di progetto degli effetti delle azioni  $Ed$  possono essere espressi in termini generali nella forma seguente:  $Ed = E\{Fd,i ; ad\} \geq 1$  dove:

- $ad$  indica i valori di progetto dei dati geometrici;
- $F_{d,i}$  è il valore di progetto della  $i$ -esima azione.

I valori di progetto delle azioni  $F_d$  vengono ottenuti impiegando i corrispondenti caratteristici delle stesse  $F_k$ , in combinazione con i coefficienti parziali per le azioni  $\gamma_F$  al fine di ottenere un valore di progetto pari a  $F_d = \gamma_F \cdot F_k$ .

In seguito, verranno utilizzati i seguenti simboli per richiamare brevemente i carichi di interesse:  $G$  per le azioni di tipo permanente e  $Q$  per le azioni variabili.

La resistenza di progetto  $R_d$  può essere espressa nella forma seguente:  $R_d = R_k \cdot \gamma_R \{X_{d,i} ; ad\} \geq 1$  dove:

- $X_{d,i}$  è il valore di progetto della proprietà del materiale;
- $\gamma_R$  è il coefficiente parziale di sicurezza lato materiale;
- $ad$  indica i valori di progetto dei dati geometrici.

I valori di progetto  $X_d$  delle proprietà dei materiali (ad esempio resistenza a snervamento) possono essere espressi nella forma seguente:  $X_d = X_k \cdot \gamma_m$  dove:

- $X_k$  è il valore caratteristico della proprietà del materiale;
- $\gamma_m$  è il coefficiente parziale per la proprietà del materiale.

Le verifiche agli stati limite ultimi verranno condotte secondo le condizioni maggiormente gravose, massimizzando quindi le azioni sulla struttura e su ogni singolo elemento strutturale. Nel caso delle strutture in acciaio, nei confronti degli stati limite di esercizio, si conseguono le medesime assunzioni effettuate in precedenza al netto del fatto che le combinazioni di calcolo da utilizzare sono differenti. In questo senso dovranno essere valutate le massime frecce e i massimi spostamenti trasversali di interpiano, i quali saranno paragonati ai valori limite ammissibili da normativa.

## 6.1 Modello tridimensionale e modellazione dei vincoli

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici e per mezzo di analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Questo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$       dove     $\mathbf{K}$  = matrice di rigidità

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali

$\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Il modello di calcolo è realizzato secondo le seguenti ipotesi di schematizzazione:

- Tutte le membrature dell'edificio significative sotto il profilo strutturale sono modellate mediante elementi monodimensionale tipo "beam" a due nodi e 12 gradi di libertà;
- Non si prendono in considerazione i cedimenti elastici verticali delle fondazioni;
- La presenza della sola lamiera grecata utilizzata come copertura non permette l'introduzione di un impalcato rigido in corrispondenza della stessa;
- Al fine di modellare la copertura si procede all'utilizzo di elementi solaio, ai quali si associano tutti i carichi derivanti dalle azioni sulla copertura.
- Gli svincolamenti assegnati alle aste sono realizzati in corrispondenza dell'inizio del tratto rigido e ove necessario in funzione della tipologia di unione scelta;
- I materiali sottostanno alle leggi costitutive proposte da normativa (NTC2018); l'acciaio da carpenteria, di conseguenza, avrà un legame elastico-plastico perfetto per la valutazione della resistenza nel caso di sezioni in classe 1 o 2 altrimenti legame elastico lineare eventualmente concomitante ad una riduzione dell'efficienza della sezione qualora esse ricadano in classe 4. Tuttavia, la natura del calcolo sarà elastica e di conseguenza non si sfrutterà la capacità dissipativa dell'acciaio a livello di legame costitutivo in termini di analisi strutturale e quindi di valutazione delle caratteristiche interne della sollecitazione.

## 6.2 Modellazione dei vincoli interni ed esterni

---

- La struttura è ipotizzata incastrata alla base nelle due direzioni, evitando quindi l'inserimento di controventi verticali. Tale scelta si ripercuoterà sulla tipologia del collegamento alla base.
- I collegamenti fra gli elementi beam sono intesi come vincolo incastro interno ove l'unione bullonata prevista lo permette, altrimenti si adottano appositi svincolamenti, nei confronti delle rotazioni (ove necessario e quindi in corrispondenza degli arcarecci) al fine di rendere maggiormente aderente la modellazione con il reale comportamento strutturale.

Si riportano in seguito due rappresentazioni grafiche del modello utilizzato per la valutazione delle sollecitazioni e successive verifiche.

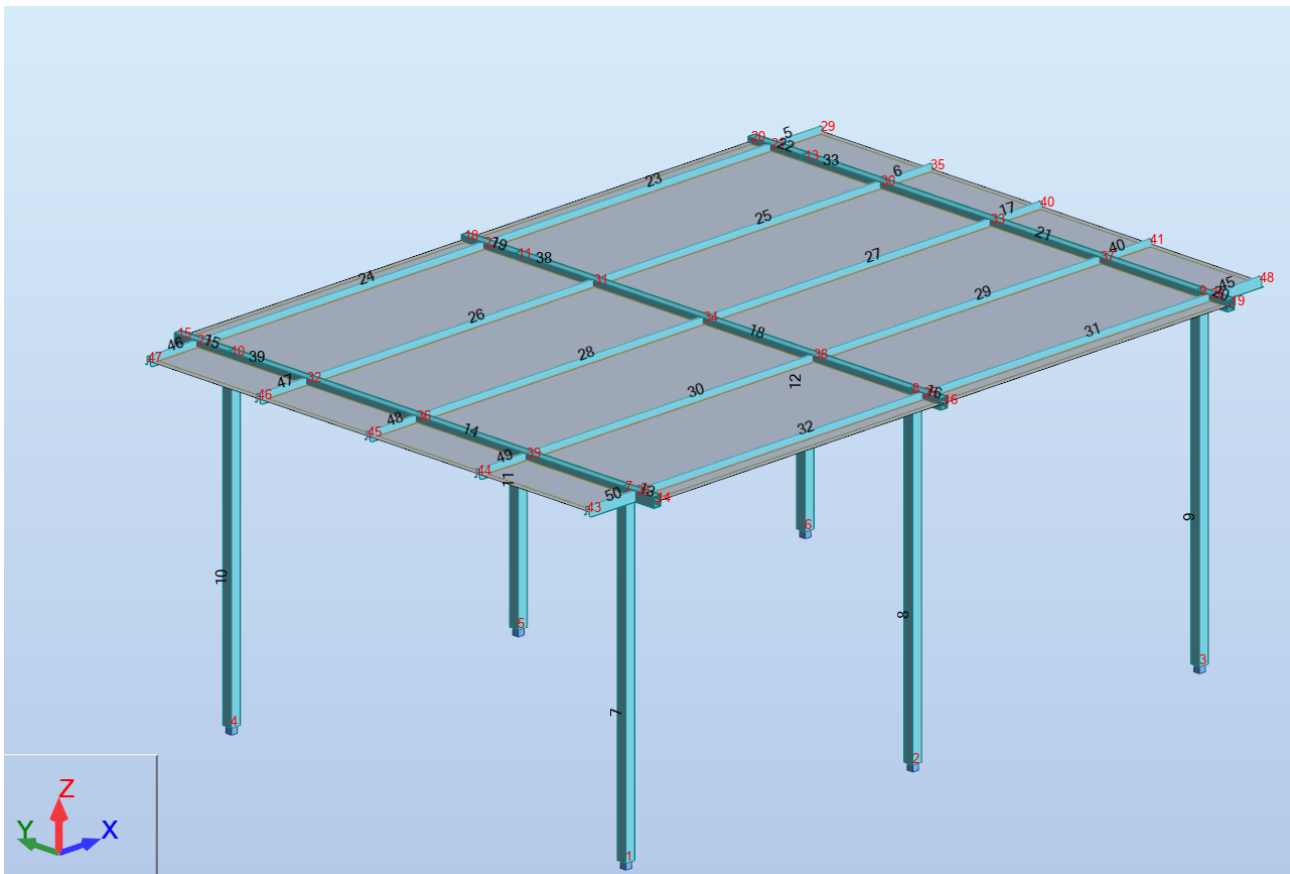


Figura 7 - Modello globale tridimensionale di calcolo

### 6.3 Indicazione principali per le combinazioni delle azioni

I coefficienti da utilizzarsi nelle combinazioni delle azioni sono riportati di seguito:

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

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

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

Le combinazioni da adottarsi saranno quelle riportate di seguito in funzione della specifica condizione esaminata. In particolare, si farà riferimento alla combinazione fondamentale per gli stati limite ultimi e alla combinazione rara per gli stati limite di esercizio. Per quanto riguarda infine la combinazione sismica, si terrà conto degli SLV e degli SLD funzione dell'azione sismica imposta in base allo spettro di progetto individuato.

### 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):  

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

I coefficienti di combinazione da adottarsi nelle differenti combinazioni sono quelli riportati di seguito:

|                                                                                                       |                            |     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----|-----|
| Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7                        | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione                                             | 0,0                        | 0,0 | 0,0 |
| Categoria I – Coperture praticabili                                                                   | da valutarsi caso per caso |     |     |
| Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)                                    |                            |     |     |
| Vento                                                                                                 | 0,6                        | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)                                                                        | 0,5                        | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)                                                                        | 0,7                        | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche                                                                                   | 0,6                        | 0,5 | 0,0 |

## 6.4 Metodi di analisi

L'analisi globale della struttura è condotta per mezzo di analisi statica lineare e analisi modale per la valutazione degli effetti sismici sulla struttura.

Verrà ad ogni modo effettuata una analisi di buckling al fine di cogliere la tendenza all'instabilità della struttura nel suo complesso e qualora necessario si procederà a tener conto degli effetti del secondo ordine, eventualmente ricorrendo ad analisi geometriche non lineari, che considerando la configurazione deformata di partenza.

## 6.5 Classificazione delle sezioni

Ai fini delle verifiche, risulta di fondamentale importanza determinare la classificazione delle sezioni.

Per quanto riguarda le travi principali, si fa riferimento al §4.2.3.1 NTC2018. Considerando che le travi principali, dato l'effetto trascurabile dello sforzo normale, sono semplicemente inflesse, basta verificare che sia soddisfatta la disequaglianza  $c/t \leq 33\epsilon$ , affinché la sezione ricada in classe 1 e si possa quindi eventualmente adottare un criterio di verifica plastico. Poiché per la sezioni in esame si ottiene  $16 \leq 33$ , esse ricadono in classe 1.

Infine, per quanto riguarda i pilastri, essendo soggetti ad una forza prevalentemente di compressione, sarà necessario andare a valutare l'asse neutro per capire se la sezione ricade in classe 1 o 2, salvo poi valutare se effettivamente la sua posizione permette una classificazione di questo tipo. Ad ogni modo, per entrambe le classi è possibile adottare le medesime tipologie di analisi e verifica.

Per quanto riguarda invece gli arcarecci di copertura si riporterà di seguito adeguata trattazione e individuazione della resistenza, secondo area efficace, in funzione della sollecitazione.

## 7. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

### 7.1 Prestazioni attese, vita nominale classe d'uso e periodi di riferimento

La struttura è da intendersi come costruzione pensata con livelli di prestazione ordinaria. Si assume inoltre che la costruzione preveda normali affollamenti e senza contenuti pericolosi per l'ambiente.

Sulla base delle seguenti assunzioni e facendo riferimento al § 2 delle NTC 2018 si ha:

- |                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| - Vita nominale di progetto $V_N$ : | 50 anni |
| - Classe d'uso:                     | II      |
| - Coefficiente d'uso $C_U$ :        | 1       |
| - Vita nominale di progetto         | 50 anni |

### 7.2 Azioni statiche sulla struttura

Sulla struttura saranno applicate le azioni riportate di seguito, in ottemperanza a quanto indicato al § 3 delle NTC 2018:

- Pesi permanenti strutturali
- Pesi permanenti non strutturali
- Carico della neve
- Carico del vento
- Azioni termiche

#### Carichi permanenti strutturali – $G_{1k}$

Per quanto concerne i pesi propri strutturali, essi verranno computati in funzione delle scelte progettuali e delle dimensioni degli elementi strutturali già esistenti. Si riportano di seguito i soli pesi volumetrici per i materiali da adottarsi.

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| - Peso proprio acciaio: | 78.5 kN/m <sup>3</sup> |
|-------------------------|------------------------|

I carichi da essi derivanti verranno applicati all'interno del modello di calcolo dal software stesso che moltiplicherà la densità del materiale per l'area della sezione trasversale.

#### Carichi permanenti non strutturali – $G_{2k}$

I pesi permanenti non strutturali coincidono con i carichi derivanti dalla lamiera grecata e quindi pari a  $20 \text{ kg/m}^2$ .

### Carichi accidentali – $Q_{nk}$

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni derivanti dal carico della neve, secondo quanto indicato al § 3.4 delle NTC 2018. Per chiarezza si riportano i dati relativi all'ubicazione dell'intervento

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Località          | NOCETO         |
| Provincia         | PARMA          |
| Regione           | EMILIA-ROMAGNA |
| Latitudine        | 44.8085N       |
| Longitudine       | 10.1972E       |
| Altitudine s.l.m. | 70 m           |

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

- Zona: macroarea derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;
- $E_{sp.}$ : zona topografica di esposizione al vento;
- $C_e$ : coefficiente di esposizione al vento;
- $T_R$ : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;
- $a_s$ : altitudine del sito;
- $q_{sk}$ : valore caratteristico del carico della neve al suolo (per  $T_r = 50$  anni);

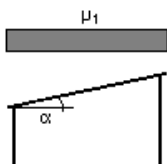
| Zona           | Esposizione  | $C_e$ | $T_R$   | $a_s$ | $q_{sk}$ |
|----------------|--------------|-------|---------|-------|----------|
| I Mediterranea | Zona normale | 1,00  | 50 anni | 0 m   | 150,00   |

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 1,0^\circ$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_{1k} = 120 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



### Carichi accidentali – $Q_{vk}$

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

- Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);
- $V_{b,0}$ : velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);
- $a_0$ : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);
- $k_s$ : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);
- $a_s$ : altitudine del sito;
- $T_R$ : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;
- $V_b$ : velocità di riferimento calcolata come segue:
  - $V_b = V_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$
  - $V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1))$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m  
per  $a_s > 1500$  m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate. Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per  $a_s = 1500$  m
- $C_r$ : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno  $T_R$
- $V_r$ : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno  $T_R$

| Zona | $V_{b,0}$ | $a_0$ | $k_s$ | $a_s$ | $T_R$   | $V_b$     | $C_r$ | $V_r$     |
|------|-----------|-------|-------|-------|---------|-----------|-------|-----------|
| 2    | 25 m/s    | 750 m | 0,45  | 157 m | 50 anni | 25,00 m/s | 1,000 | 25,00 m/s |

- Pressione cinetica di riferimento,  $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 39$  daN/mq  
dove:  $\rho$  è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)
- Esposizione: Cat. II - Entroterra dopo i 30 km dalla costa con altezza s.l.m inferiore a 500 m.

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

| Kr   | z0     | z min |
|------|--------|-------|
| 0,19 | 0,05 m | 4 m   |

Classe di rugosità del terreno: D (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....)

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

- $C_p$ : coefficiente di pressione;
- $C_d$ : coefficiente dinamico;
- $C_t$ : coefficiente di topografia;
- $C_e$ : coefficiente di esposizione (funzione di  $z$ ,  $z_0$  e  $C_t$ );
- $z$ : altezza sul suolo.

| $C_p$ | $C_d$ | $C_t$ | $C_e$ | $z$   |
|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1,00  | 1,00  | 1,80  | 3,0 m |

Da tali parametri è possibile ricavare la pressione del vento.

Nel caso in esame, l'azione del vento si ripercuote solamente in corrispondenza della copertura e dei singoli profili metallici in quanto sono assenti i tamponamenti. Al fine di considerare l'azione del vento si farà riferimento al generatore automatico presente nel programma di calcolo, che ricrea le pressioni sugli elementi strutturali in funzione della geometria e della direzione di ingresso del sisma. Tale generazione avviene comunque in accordo con quanto indicato nella normativa vigente e annessa Circolare del 2019, di cui si riporta un estratto.

La Tabella C3.3.XV e la relativa Figura C.3.3.21 riportano i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo. I valori dei coefficienti di forza sono espressi in funzione del grado di bloccaggio  $\phi$  e dell'inclinazione  $\alpha$  della falda. Per valori intermedi di  $\phi$  è ammessa un'interpolazione lineare tra i valori relativi ai casi  $\phi=0$  e  $\phi=1$ . La quota di riferimento  $\bar{z}_e$  è pari all'altezza massima  $h$  della tettoia. L'area di riferimento  $L^2$ , ossia l'area su cui è applicata la forza risultante, è pari all'area della tettoia.

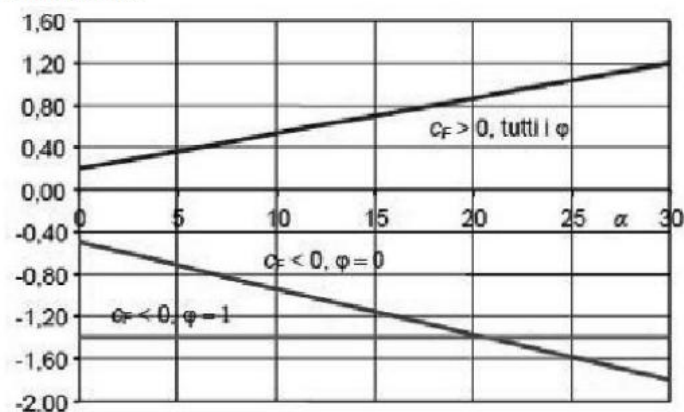
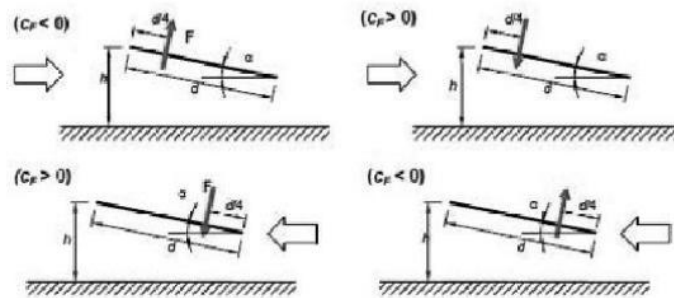


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ).

|                 |                          |                             |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|
| Valori positivi | Tutti i valori di $\phi$ | $c_F = +0,2 + \alpha/30$    |
| Valori negativi | $\phi = 0$               | $c_F = -0,5 - 1,3\alpha/30$ |
|                 | $\phi = 1$               | $c_F = -1,4$                |

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura C3.3.22, dove la forza risultante  $F = q_p(z) L^2 c_F$



Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

Figura C3.3.22

Le tettoie a semplice falda con vento agente parallelamente alla linea di colmo possono essere analizzate, in prima approssimazione, come tettoie piane a semplice falda ( $\alpha = 0^\circ$ ).

### Carichi accidentali – $Q_{TK}$

Per quanto concerne l'azione termica, si fa riferimento a quanto indicato al § 3.5.2 delle NTC 2018. Si tiene conto della sola componente di gradiente termico uniforme lungo l'asse dell'elemento  $\Delta T_u$  ricavandola dalla Tabella 3.5.II e pari a 25°C per strutture in acciaio esposte, come quella in esame. Chiaramente il valore di calcolo è da intendersi sia positivo che negativo.

Al fine di considerare gli effetti delle azioni termiche, si fa riferimento ai coefficienti di dilatazione termica indicati in Tab. 3.5.III. Nel caso dell'acciaio si assume  $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

### SCHEMATIZZAZIONE CASI DI CARICO STATICI

Si procede a riportare una schematizzazione dei casi di carico per via grafica, come mostrato nelle figure seguenti.

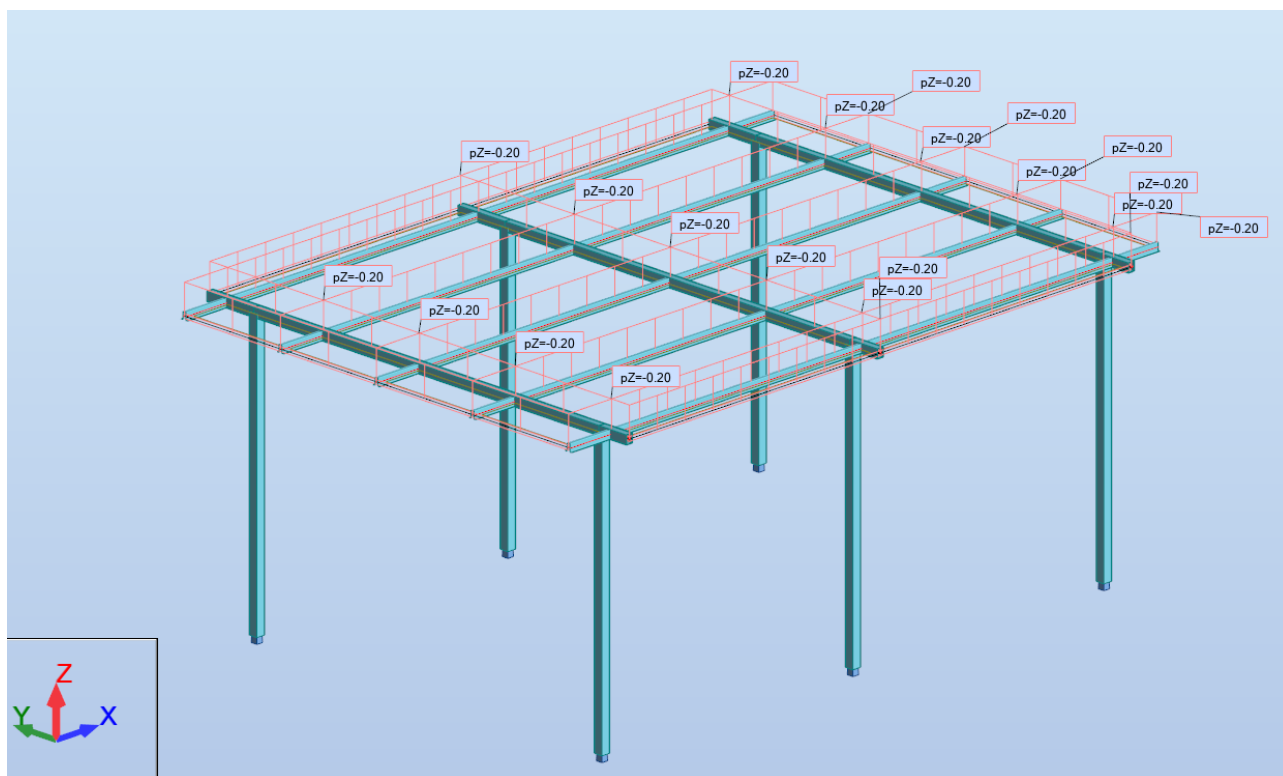


**Figura 8 - Carichi permanenti G1k da solaio**

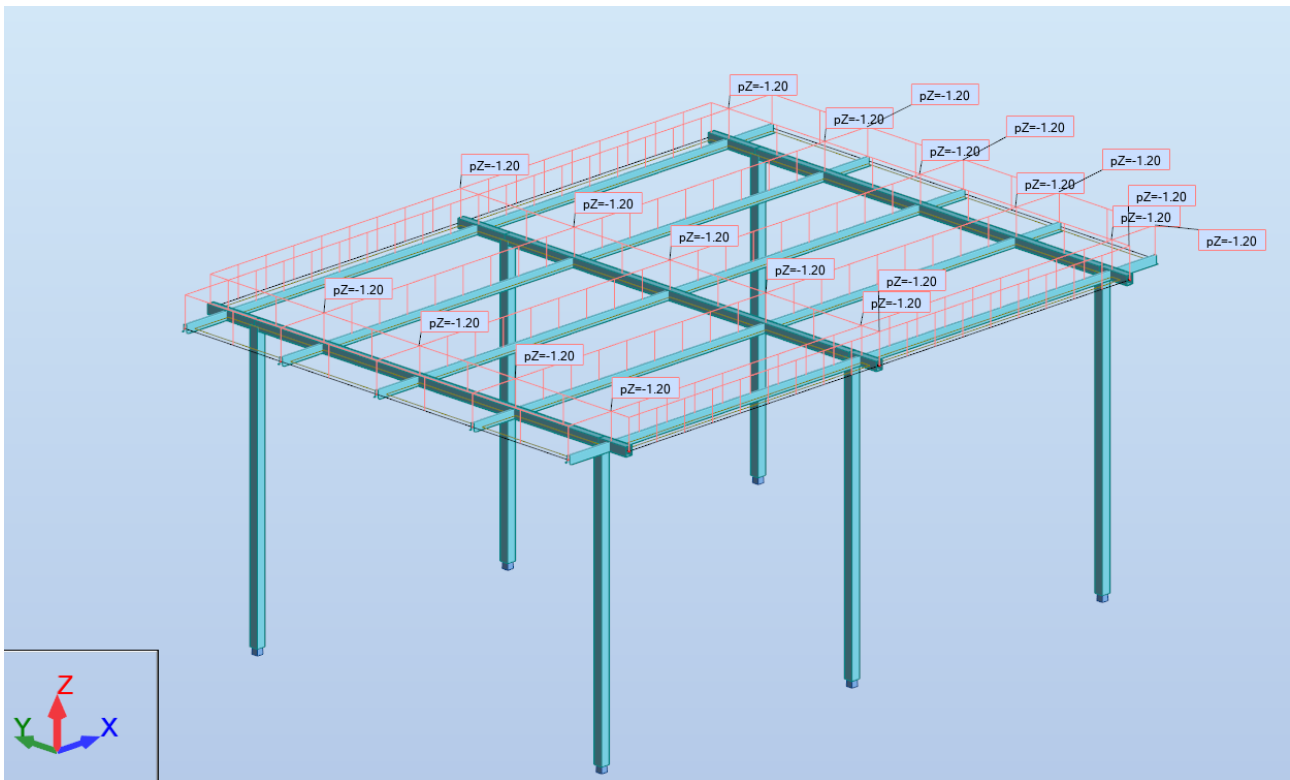


**Figura 9 - Carico neve Qnk da solaio**

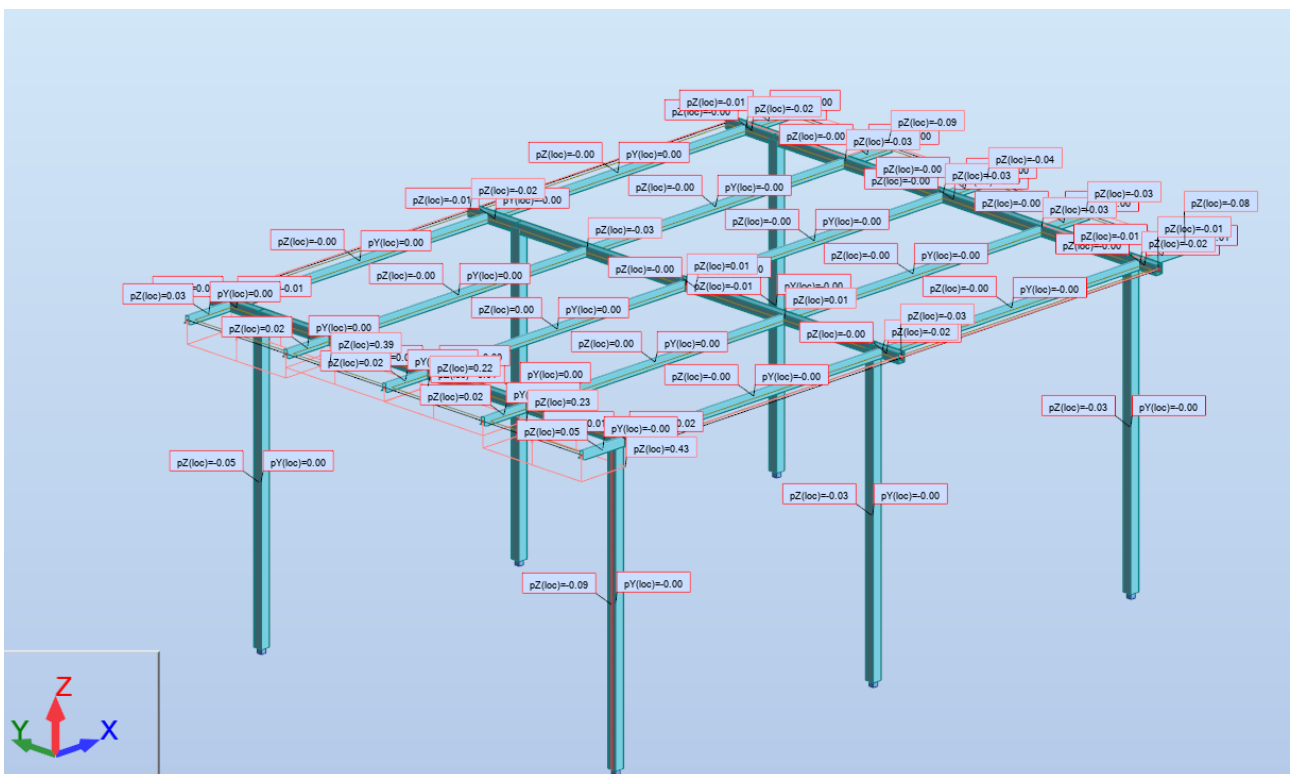


**Figura 10 - Carico da vento Qvqx+**

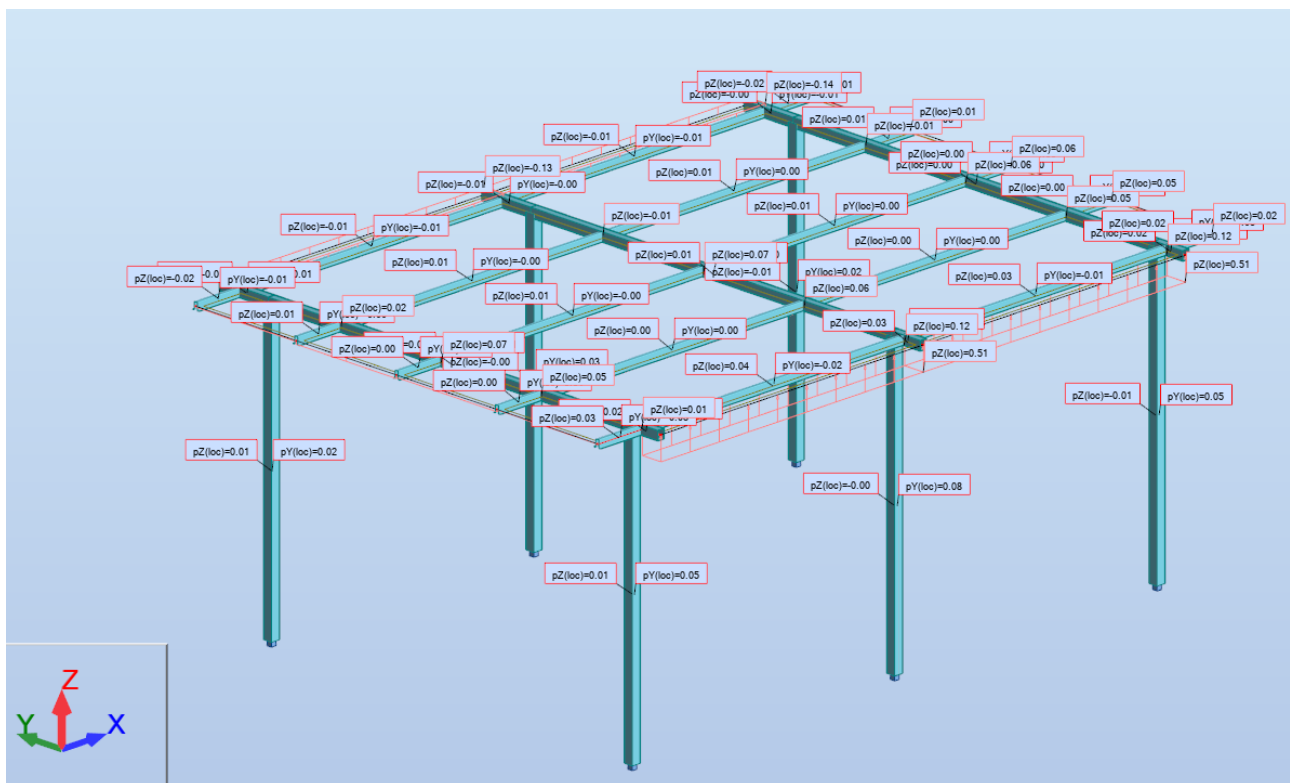


Figura 11 - Carico da vento  $Q_{vky+}$

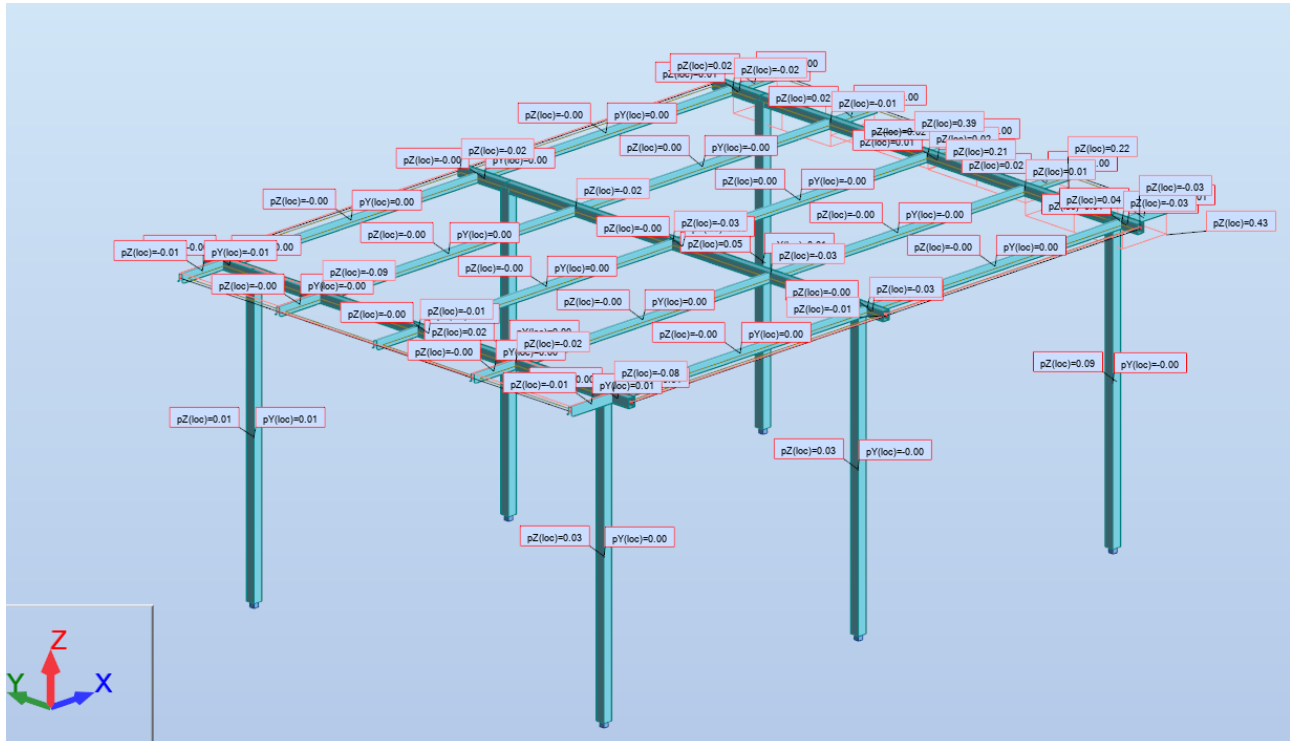


Figura 12 - Carico da vento  $Q_{vkv-}$

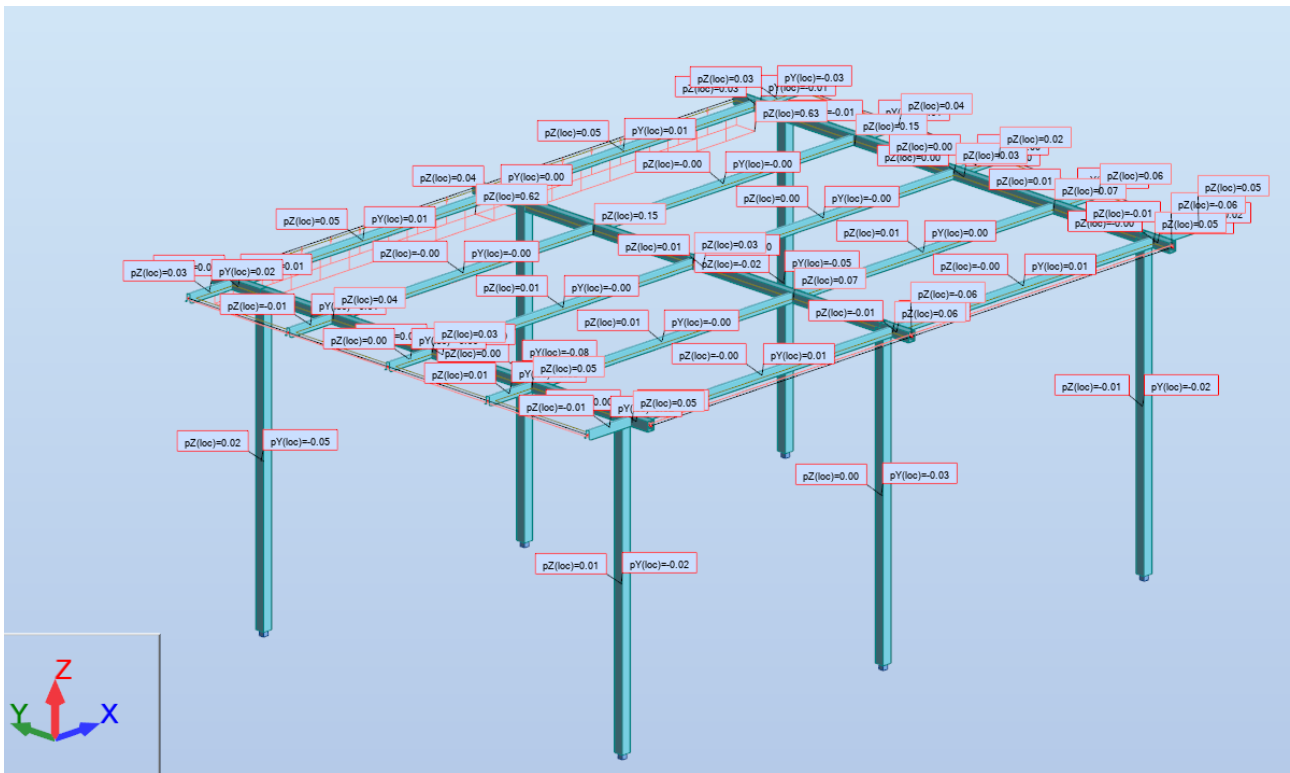


Figura 13 – Carico da vento  $Q_{vky}$ -

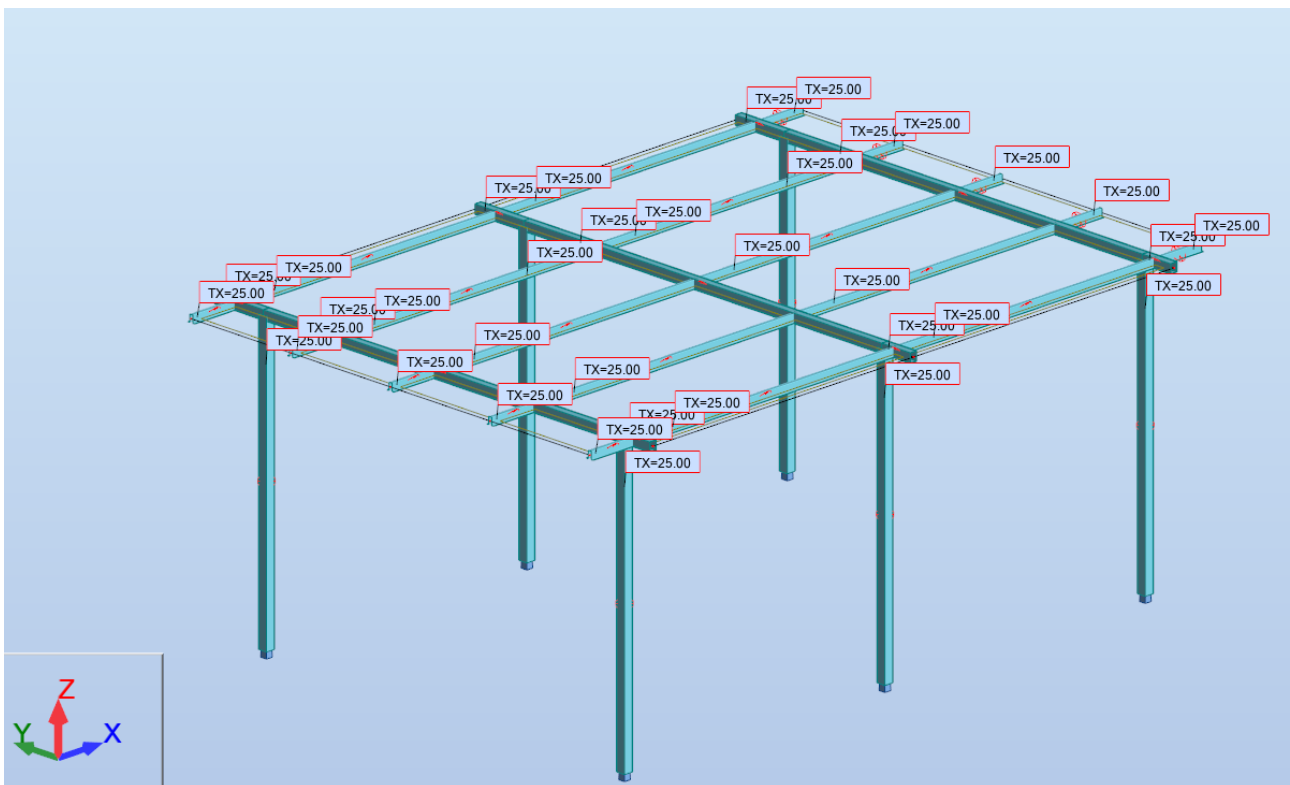


Figura 14 - Azione termica  $Q_{tk}$

### 7.3 Azioni sismiche

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico,  $S_e$ , è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

nelle quali:

$T$  è il periodo proprio di vibrazione;

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T \quad [3.2.3]$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad [3.2.4]$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

$F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

$T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad [3.2.5]$$

dove:  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3 \quad [3.2.6]$$

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad [3.2.7]$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B, C, D, E** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente

Tabella:

| Categoria sottosuolo | $S_S$                                                           | $C_C$                        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| A                    | 1,00                                                            | 1,00                         |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente Tabella:

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento                                               | $S_T$ |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| T1                    | -                                                                                     | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio                                            | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°       | 1,4   |

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico,  $S_{ve}$ , è definito dalle espressioni:

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

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

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

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

I valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono riportati nella seguente Tabella:

| Categoria di sottosuolo | $S_S$ | $T_B$  | $T_C$  | $T_D$ |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|
| A, B, C, D, E           | 1,0   | 0,05 s | 0,15 s | 1,0 s |

Per la localizzazione della struttura si rimanda a quanto indicato nei capitoli precedenti.

L'azione sismica viene definita in relazione a un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri

della struttura). Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

| Parametri della struttura |            |            |               |               |                       |                |
|---------------------------|------------|------------|---------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Classe d'uso              | Vita $V_n$ | Coeff. Uso | Periodo $V_r$ | Tipo di suolo | Categoria topografica | Quota relativa |
|                           | [anni]     |            | [anni]        |               |                       | [%]            |
| II                        | 50.0       | 1.0        | 50.0          | E             | T1                    | -              |

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III

## CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

Al fine di condurre l'analisi modale si procede all'individuazione dello spettro di progetto, per cui si rende necessaria la definizione dei fattori di struttura  $q$ . Si sottolinea che nel caso in esame, date le modeste dimensioni della struttura e delle azioni e al fine di non appesantire i collegamenti, si è proceduto a considerare la struttura come non dissipativa. Si ottengono pertanto i fattori di struttura per i due stati limite in campo sismico riportati di seguito, derivanti dalle indicazioni presenti al § 7.3.1 delle NTC 2018.

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma di calcolo impiegato:

**Figura 15 - Impostazioni analisi spettrale su base modale**

**Figura 16 - Impostazioni eccentricità per analisi spettrale**

**Figura 17 - Impostazioni per combinazione azione sismica**

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura.

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**

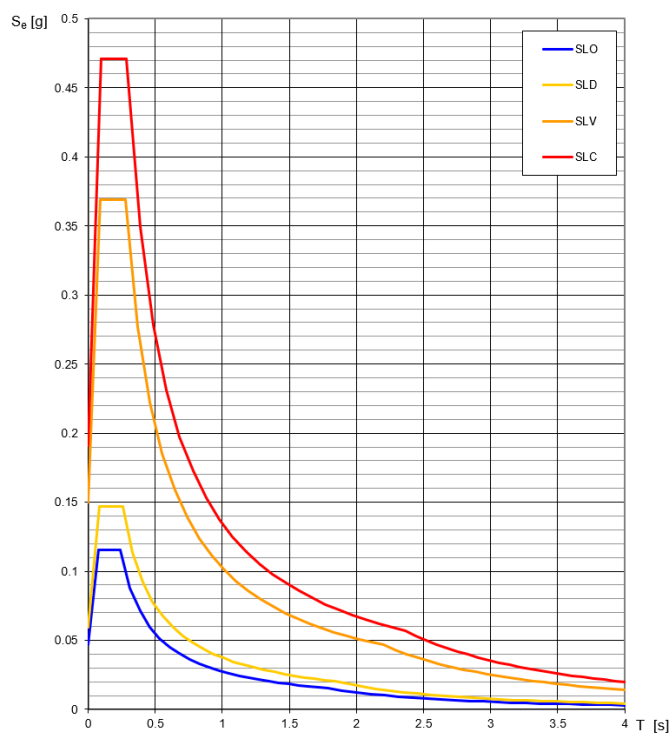


**Figura 18 - Spettri elastici ai diversi stati limite**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV**

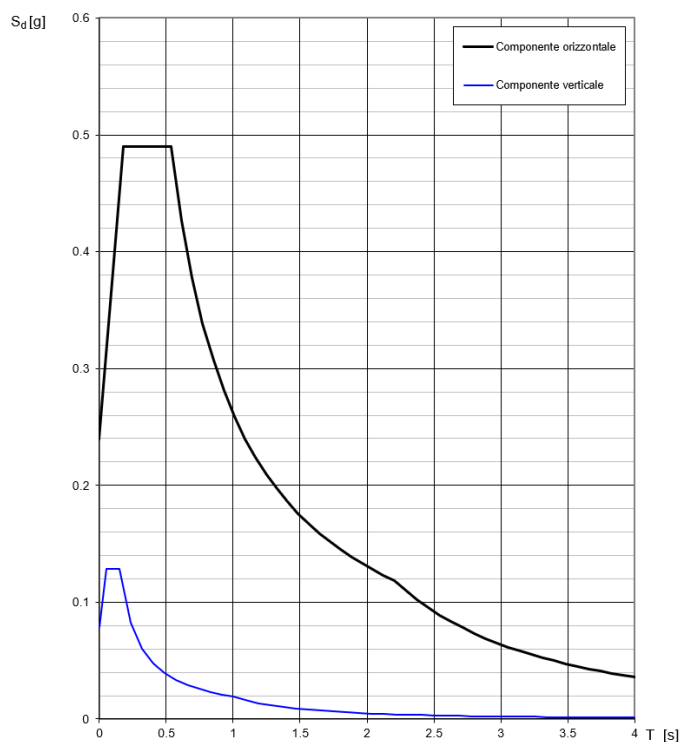


**Figura 19 - Spettro di progetto allo SLV**

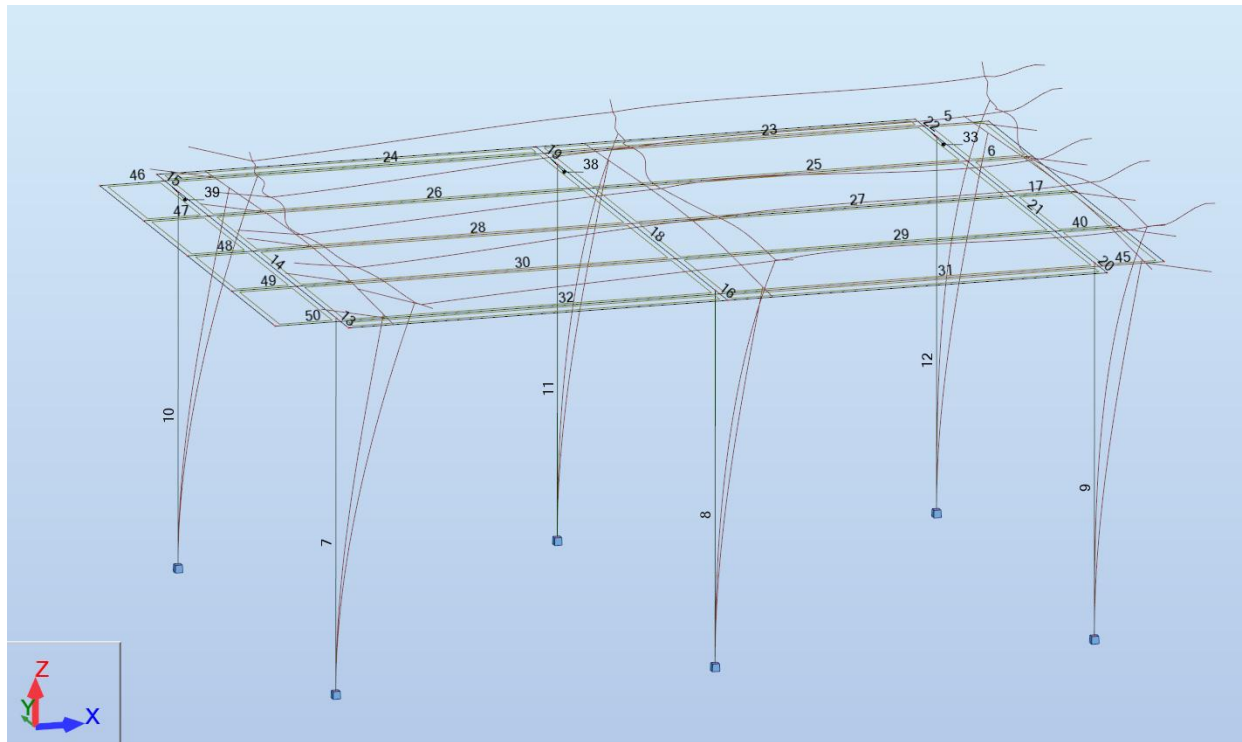


**Figura 20 - Modo principale in direzione X**

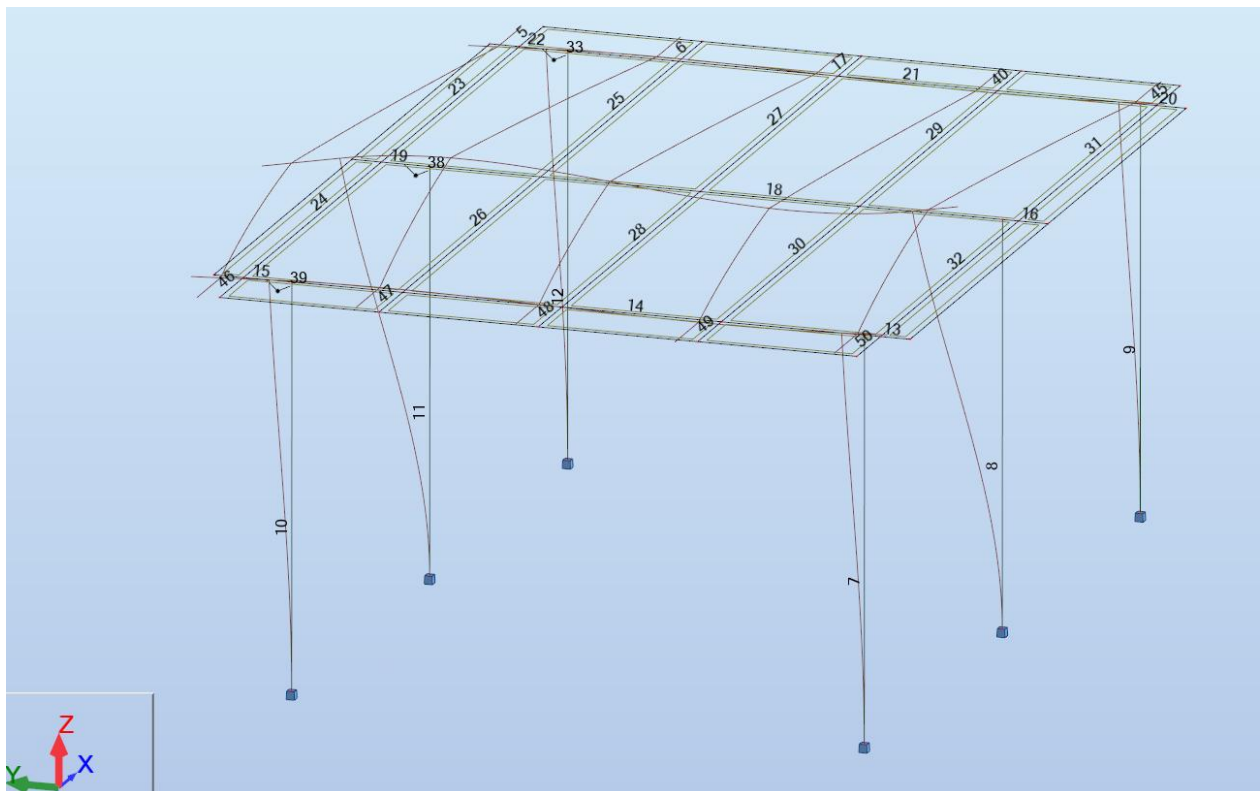


**Figura 21 - Modo principale in direzione y**

Di seguito si riportano periodo e percentuale di massa mobilitata per i modi di vibrare principali e la massa complessiva movimentata per caso di carico senza eccentricità in alcuna direzione.

|                | Frequenza (Hz) | Periodo (sec) | Mas_mod.UX (%) | Mas_mod.UY (%) | Mas_mod.UZ (%) | Mas_cor.UX (%) | Mas_cor.UY (%) | Mas_cor.UZ (%) | Mas_tot.UX (kg) | Mas_tot.UY (kg) | Mas_tot.UZ (kg) |
|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>MAX</b>     | 7.0536719      | 0.4480723     | 86.0696913     | 88.0776335     | 0.0436006      | 86.0468556     | 63.9234787     | 0.0363413      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| <b>Condiz.</b> | 12             | 12            | 12             | 12             | 12             | 12             | 12             | 12             | 12              | 12              | 12              |
| <b>Modo</b>    | 10             | 1             | 10             | 10             | 10             | 1              | 2              | 6              | 1               | 1               | 1               |
| <b>MIN</b>     | 2.2317825      | 0.1417701     | 86.0468556     | 0.0000000      | 0.0000000      | 0.0000000      | 0.0000000      | 0.0000000      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| <b>Condiz.</b> | 12             | 12            | 12             | 12             | 12             | 12             | 12             | 12             | 12              | 12              | 12              |
| <b>Modo</b>    | 1              | 10            | 1              | 1              | 1              | 10             | 1              | 1              | 1               | 1               | 1               |

| Condiz./Modo | Frequenza (Hz) | Periodo (sec) | Mas_mod.UX (%) | Mas_mod.UY (%) | Mas_mod.UZ (%) | Mas_cor.UX (%) | Mas_cor.UY (%) | Mas_cor.UZ (%) | Mas_tot.UX (kg) | Mas_tot.UY (kg) | Mas_tot.UZ (kg) |
|--------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 12/ 1        | 2.2317825      | 0.4480723     | 86.0468556     | 0.0000000      | 0.0000000      | 86.0468556     | 0.0000000      | 0.0000000      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 2        | 3.3037574      | 0.3026857     | 86.0468556     | 63.9234787     | 0.0021721      | 0.0000000      | 63.9234787     | 0.0021721      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 3        | 3.7991723      | 0.2632152     | 86.0474100     | 64.0840365     | 0.0021827      | 0.0005544      | 0.1605578      | 0.0000106      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 4        | 3.8826641      | 0.2575551     | 86.0474502     | 88.0538965     | 0.0028354      | 0.0000402      | 23.9698600     | 0.0006527      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 5        | 3.9110082      | 0.2556885     | 86.0696909     | 88.0754355     | 0.0028358      | 0.0222407      | 0.0215390      | 0.0000003      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 6        | 7.0512097      | 0.1418196     | 86.0696909     | 88.0754659     | 0.0391771      | 0.0000000      | 0.0000304      | 0.0363413      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 7        | 7.0523288      | 0.1417971     | 86.0696913     | 88.0755065     | 0.0429902      | 0.0000004      | 0.0000406      | 0.0038131      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 8        | 7.0534213      | 0.1417752     | 86.0696913     | 88.0767779     | 0.0434352      | 0.0000000      | 0.0012714      | 0.0004450      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 9        | 7.0534848      | 0.1417739     | 86.0696913     | 88.0768848     | 0.0435451      | 0.0000000      | 0.0001069      | 0.0001099      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |
| 12/ 10       | 7.0536719      | 0.1417701     | 86.0696913     | 88.0776335     | 0.0436006      | 0.0000000      | 0.0007487      | 0.0000556      | 2483.64         | 2483.64         | 2483.64         |

**Figura 22 - Risultati analisi modale**

## 7.4 Definizione delle combinazioni

Sulla base di quanto riportato in precedenza, in merito ai parametri da adottarsi per le combinazioni di interesse, si riportano le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

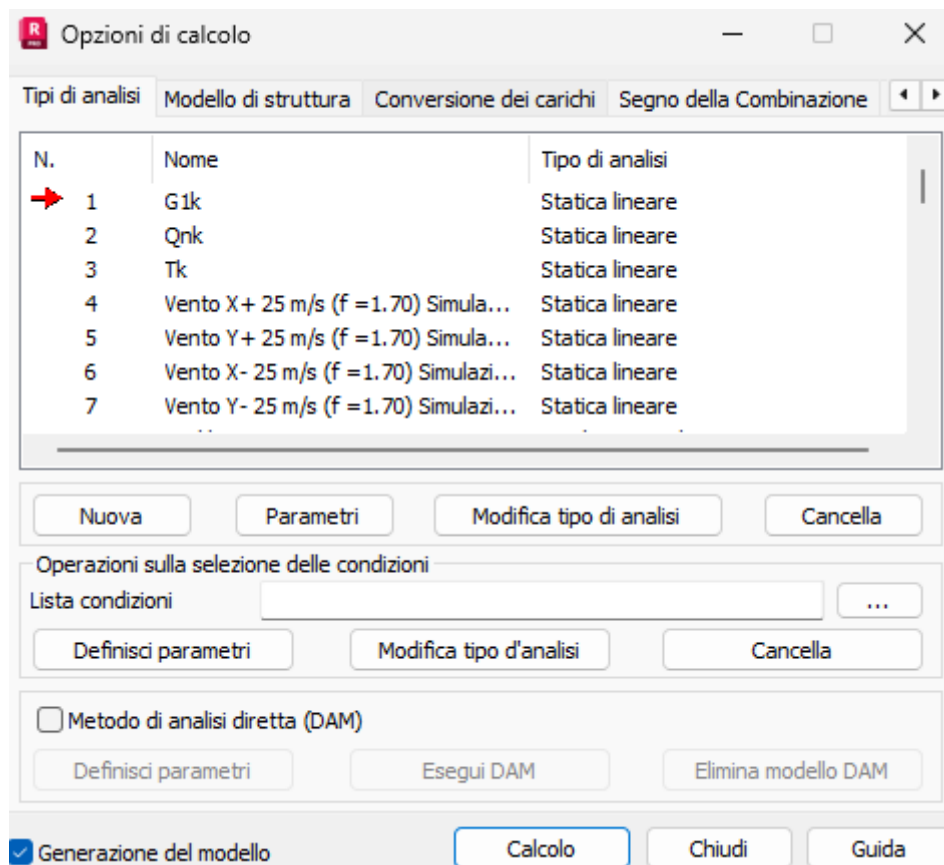


Figura 23 - Definizioni condizioni di carico per combinazioni

| Combinazione/Comp. | Definizione                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------|
| SLU:STD/ 1         | 1*1.3000000                                           |
| SLU:STD/ 2         | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 4*1.5000000 |
| SLU:STD/ 3         | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 4*1.5000000               |
| SLU:STD/ 4         | 1*1.3000000 + 3*0.9000000 + 4*1.5000000               |
| SLU:STD/ 5         | 1*1.3000000 + 4*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 6         | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 5*1.5000000 |
| SLU:STD/ 7         | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 5*1.5000000               |
| SLU:STD/ 8         | 1*1.3000000 + 3*0.9000000 + 5*1.5000000               |
| SLU:STD/ 9         | 1*1.3000000 + 5*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 10        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 6*1.5000000 |
| SLU:STD/ 11        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 6*1.5000000               |
| SLU:STD/ 12        | 1*1.3000000 + 3*0.9000000 + 6*1.5000000               |
| SLU:STD/ 13        | 1*1.3000000 + 6*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 14        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 7*1.5000000 |
| SLU:STD/ 15        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 7*1.5000000               |
| SLU:STD/ 16        | 1*1.3000000 + 3*0.9000000 + 7*1.5000000               |
| SLU:STD/ 17        | 1*1.3000000 + 7*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 18        | 1*1.0000000                                           |
| SLU:STD/ 19        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 4*1.5000000 |
| SLU:STD/ 20        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 4*1.5000000               |
| SLU:STD/ 21        | 1*1.0000000 + 3*0.9000000 + 4*1.5000000               |
| SLU:STD/ 22        | 1*1.0000000 + 4*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 23        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 5*1.5000000 |
| SLU:STD/ 24        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 5*1.5000000               |
| SLU:STD/ 25        | 1*1.0000000 + 3*0.9000000 + 5*1.5000000               |
| SLU:STD/ 26        | 1*1.0000000 + 5*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 27        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 6*1.5000000 |
| SLU:STD/ 28        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 6*1.5000000               |
| SLU:STD/ 29        | 1*1.0000000 + 3*0.9000000 + 6*1.5000000               |
| SLU:STD/ 30        | 1*1.0000000 + 6*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 31        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*0.9000000 + 7*1.5000000 |
| SLU:STD/ 32        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 7*1.5000000               |
| SLU:STD/ 33        | 1*1.0000000 + 3*0.9000000 + 7*1.5000000               |
| SLU:STD/ 34        | 1*1.0000000 + 7*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 35        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000               |
| SLU:STD/ 36        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 37        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 4*0.9000000 |
| SLU:STD/ 38        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 4*0.9000000               |
| SLU:STD/ 39        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 5*0.9000000 |
| SLU:STD/ 40        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 5*0.9000000               |
| SLU:STD/ 41        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 6*0.9000000 |
| SLU:STD/ 42        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 6*0.9000000               |
| SLU:STD/ 43        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 7*0.9000000 |
| SLU:STD/ 44        | 1*1.3000000 + 2*1.5000000 + 7*0.9000000               |
| SLU:STD/ 45        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000               |
| SLU:STD/ 46        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 47        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 4*0.9000000 |
| SLU:STD/ 48        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 4*0.9000000               |
| SLU:STD/ 49        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 5*0.9000000 |
| SLU:STD/ 50        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 5*0.9000000               |
| SLU:STD/ 51        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 6*0.9000000 |
| SLU:STD/ 52        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 6*0.9000000               |
| SLU:STD/ 53        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 3*0.9000000 + 7*0.9000000 |
| SLU:STD/ 54        | 1*1.0000000 + 2*1.5000000 + 7*0.9000000               |
| SLU:STD/ 55        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000               |
| SLU:STD/ 56        | 1*1.3000000 + 3*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 57        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 4*0.9000000 |
| SLU:STD/ 58        | 1*1.3000000 + 3*1.5000000 + 4*0.9000000               |
| SLU:STD/ 59        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 5*0.9000000 |
| SLU:STD/ 60        | 1*1.3000000 + 3*1.5000000 + 5*0.9000000               |
| SLU:STD/ 61        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 6*0.9000000 |
| SLU:STD/ 62        | 1*1.3000000 + 3*1.5000000 + 6*0.9000000               |
| SLU:STD/ 63        | 1*1.3000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 7*0.9000000 |
| SLU:STD/ 64        | 1*1.3000000 + 3*1.5000000 + 7*0.9000000               |
| SLU:STD/ 65        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000               |
| SLU:STD/ 66        | 1*1.0000000 + 3*1.5000000                             |
| SLU:STD/ 67        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 4*0.9000000 |
| SLU:STD/ 68        | 1*1.0000000 + 3*1.5000000 + 4*0.9000000               |
| SLU:STD/ 69        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 5*0.9000000 |
| SLU:STD/ 70        | 1*1.0000000 + 3*1.5000000 + 5*0.9000000               |
| SLU:STD/ 71        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 6*0.9000000 |
| SLU:STD/ 72        | 1*1.0000000 + 3*1.5000000 + 6*0.9000000               |
| SLU:STD/ 73        | 1*1.0000000 + 2*0.7500000 + 3*1.5000000 + 7*0.9000000 |
| SLU:STD/ 74        | 1*1.0000000 + 3*1.5000000 + 7*0.9000000               |

Figura 24 - Combinazioni statiche SLU

|         |                                             |
|---------|---------------------------------------------|
| SLU/75  | 1*1.0000000                                 |
| SLU/76  | 1*1.0000000 + 37*1.0000000 + 38*0.3000000   |
| SLU/77  | 1*1.0000000 + 37*1.0000000 + 38*-0.3000000  |
| SLU/78  | 1*1.0000000 + 37*0.3000000 + 38*1.0000000   |
| SLU/79  | 1*1.0000000 + 37*0.3000000 + 38*-1.0000000  |
| SLU/80  | 1*1.0000000 + 43*1.0000000 + 44*0.3000000   |
| SLU/81  | 1*1.0000000 + 43*1.0000000 + 44*-0.3000000  |
| SLU/82  | 1*1.0000000 + 43*0.3000000 + 44*1.0000000   |
| SLU/83  | 1*1.0000000 + 43*0.3000000 + 44*-1.0000000  |
| SLU/84  | 1*1.0000000 + 49*1.0000000 + 50*0.3000000   |
| SLU/85  | 1*1.0000000 + 49*1.0000000 + 50*-0.3000000  |
| SLU/86  | 1*1.0000000 + 49*0.3000000 + 50*1.0000000   |
| SLU/87  | 1*1.0000000 + 49*0.3000000 + 50*-1.0000000  |
| SLU/88  | 1*1.0000000 + 55*1.0000000 + 56*0.3000000   |
| SLU/89  | 1*1.0000000 + 55*1.0000000 + 56*-0.3000000  |
| SLU/90  | 1*1.0000000 + 55*0.3000000 + 56*1.0000000   |
| SLU/91  | 1*1.0000000 + 55*0.3000000 + 56*-1.0000000  |
| SLU/92  | 1*1.0000000 + 37*-1.0000000 + 38*-0.3000000 |
| SLU/93  | 1*1.0000000 + 37*-1.0000000 + 38*0.3000000  |
| SLU/94  | 1*1.0000000 + 37*-0.3000000 + 38*-1.0000000 |
| SLU/95  | 1*1.0000000 + 37*-0.3000000 + 38*1.0000000  |
| SLU/96  | 1*1.0000000 + 43*-1.0000000 + 44*-0.3000000 |
| SLU/97  | 1*1.0000000 + 43*-1.0000000 + 44*0.3000000  |
| SLU/98  | 1*1.0000000 + 43*-0.3000000 + 44*-1.0000000 |
| SLU/99  | 1*1.0000000 + 43*-0.3000000 + 44*1.0000000  |
| SLU/100 | 1*1.0000000 + 49*-1.0000000 + 50*-0.3000000 |
| SLU/101 | 1*1.0000000 + 49*-1.0000000 + 50*0.3000000  |
| SLU/102 | 1*1.0000000 + 49*-0.3000000 + 50*-1.0000000 |
| SLU/103 | 1*1.0000000 + 49*-0.3000000 + 50*1.0000000  |
| SLU/104 | 1*1.0000000 + 55*-1.0000000 + 56*-0.3000000 |
| SLU/105 | 1*1.0000000 + 55*-1.0000000 + 56*0.3000000  |
| SLU/106 | 1*1.0000000 + 55*-0.3000000 + 56*-1.0000000 |
| SLU/107 | 1*1.0000000 + 55*-0.3000000 + 56*1.0000000  |

**Figura 25 - Combinazioni sismiche SLV**

|             |                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------|
| SLS:CHR/ 1  | 1*1.0000000                                           |
| SLS:CHR/ 2  | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*0.6000000 + 4*1.0000000 |
| SLS:CHR/ 3  | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 4*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 4  | 1*1.0000000 + 3*0.6000000 + 4*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 5  | 1*1.0000000 + 4*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 6  | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*0.6000000 + 5*1.0000000 |
| SLS:CHR/ 7  | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 5*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 8  | 1*1.0000000 + 3*0.6000000 + 5*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 9  | 1*1.0000000 + 5*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 10 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*0.6000000 + 6*1.0000000 |
| SLS:CHR/ 11 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 6*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 12 | 1*1.0000000 + 3*0.6000000 + 6*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 13 | 1*1.0000000 + 6*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 14 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*0.6000000 + 7*1.0000000 |
| SLS:CHR/ 15 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 7*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 16 | 1*1.0000000 + 3*0.6000000 + 7*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 17 | 1*1.0000000 + 7*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 18 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 3*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 19 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 20 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 3*0.6000000 + 4*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 21 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 4*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 22 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 3*0.6000000 + 5*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 23 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 5*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 24 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 3*0.6000000 + 6*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 25 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 6*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 26 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 3*0.6000000 + 7*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 27 | 1*1.0000000 + 2*1.0000000 + 7*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 28 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*1.0000000               |
| SLS:CHR/ 29 | 1*1.0000000 + 3*1.0000000                             |
| SLS:CHR/ 30 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*1.0000000 + 4*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 31 | 1*1.0000000 + 3*1.0000000 + 4*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 32 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*1.0000000 + 5*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 33 | 1*1.0000000 + 3*1.0000000 + 5*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 34 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*1.0000000 + 6*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 35 | 1*1.0000000 + 3*1.0000000 + 6*0.6000000               |
| SLS:CHR/ 36 | 1*1.0000000 + 2*0.5000000 + 3*1.0000000 + 7*0.6000000 |
| SLS:CHR/ 37 | 1*1.0000000 + 3*1.0000000 + 7*0.6000000               |
| SLS:FRE/ 38 | 1*1.0000000                                           |
| SLS:FRE/ 39 | 1*1.0000000 + 4*0.2000000                             |
| SLS:FRE/ 40 | 1*1.0000000 + 5*0.2000000                             |
| SLS:FRE/ 41 | 1*1.0000000 + 6*0.2000000                             |
| SLS:FRE/ 42 | 1*1.0000000 + 7*0.2000000                             |
| SLS:FRE/ 43 | 1*1.0000000 + 2*0.2000000                             |
| SLS:FRE/ 44 | 1*1.0000000 + 3*0.5000000                             |
| SLS:QPR/ 45 | 1*1.0000000                                           |

Figura 26 - Combinazioni statiche SLE

## 8. PRINCIPALI RISULTATI

Al fine di valutare preventivamente la tendenza all'instabilità della struttura, si riportano di seguito i risultati di interesse, rispetto all'analisi di buckling. Con una valutazione di questo tipo è infatti possibile determinare il moltiplicatore di carico critico  $\alpha_{cr}$ , rispetto alle azioni statiche.

Come indicato al §4.2.3.4 NTC2018 è possibile procedere con una analisi del primo ordine, nel momento in cui viene soddisfatta la diseuguaglianza  $\alpha_{cr} \geq 10$ . In caso contrario sarà necessario tener conto degli effetti del secondo ordine, studiando quindi la struttura nella sua configurazione deformata.

Si riportano quindi i valori di carico critico per i primi 10 modi di ciascuna delle 4 combinazioni ritenute maggiormente gravose per la struttura in esame.

| Condiz./Modo | Coef_crit.  | Precisione  |
|--------------|-------------|-------------|
| 8/ 1         | 1.34050e+01 | 9.32338e-12 |
| 8/ 2         | 1.83870e+01 | 4.10006e-11 |
| 8/ 3         | 2.52026e+01 | 2.27756e-09 |
| 8/ 4         | 3.71467e+01 | 7.10822e-09 |
| 8/ 5         | 3.90470e+01 | 2.81781e-08 |
| 8/ 6         | 1.03441e+02 | 1.11600e-04 |
| 8/ 7         | 1.04818e+02 | 7.61093e-05 |
| 8/ 8         | 1.26811e+02 | 3.42864e-04 |
| 8/ 9         | 1.46963e+02 | 2.32566e-03 |
| 8/ 10        | 1.53051e+02 | 1.75880e-03 |
| 9/ 1         | 1.22419e+01 | 5.27552e-13 |
| 9/ 2         | 1.70118e+01 | 4.66526e-12 |
| 9/ 3         | 2.35365e+01 | 2.93979e-10 |
| 9/ 4         | 3.47966e+01 | 1.49111e-09 |
| 9/ 5         | 3.48484e+01 | 3.95357e-09 |
| 9/ 6         | 9.34495e+01 | 4.39440e-05 |
| 9/ 7         | 9.65963e+01 | 3.93339e-05 |
| 9/ 8         | 1.15425e+02 | 1.55460e-04 |
| 9/ 9         | 1.40092e+02 | 2.20829e-03 |
| 9/ 10        | 1.41734e+02 | 6.47242e-04 |
| 10/ 1        | 1.20003e+01 | 1.46435e-11 |
| 10/ 2        | 1.64377e+01 | 6.03514e-11 |
| 10/ 3        | 2.25494e+01 | 3.39730e-09 |
| 10/ 4        | 3.33101e+01 | 2.94107e-08 |
| 10/ 5        | 3.48860e+01 | 1.88502e-08 |
| 10/ 6        | 9.22047e+01 | 1.36670e-04 |
| 10/ 7        | 9.36516e+01 | 1.08991e-04 |
| 10/ 8        | 1.13567e+02 | 5.06821e-04 |
| 10/ 9        | 1.31370e+02 | 3.06858e-03 |
| 10/ 10       | 1.36784e+02 | 1.06079e-03 |
| 11/ 1        | 1.25197e+01 | 7.38693e-13 |
| 11/ 2        | 1.68709e+01 | 2.90761e-12 |
| 11/ 3        | 2.38252e+01 | 3.41787e-10 |
| 11/ 4        | 3.51706e+01 | 4.25071e-09 |
| 11/ 5        | 3.51729e+01 | 3.38028e-09 |
| 11/ 6        | 9.26777e+01 | 4.31335e-05 |
| 11/ 7        | 9.72226e+01 | 4.82032e-05 |
| 11/ 8        | 1.21180e+02 | 4.08721e-04 |
| 11/ 9        | 1.35941e+02 | 1.63962e-03 |
| 11/ 10       | 1.42523e+02 | 6.98419e-04 |

Figura 27 - Carichi critici da analisi di buckling

Il minore dei valori critici è pari  $\alpha_{cr} = 12$  maggiore del valore di riferimento  $\alpha_{cr} = 10$ . Si procede quindi a non tener conto degli effetti del secondo ordine.

Si riporta di seguito la deformata modale per analisi di buckling riferita al valore minimo del coefficiente critico soprariportato.

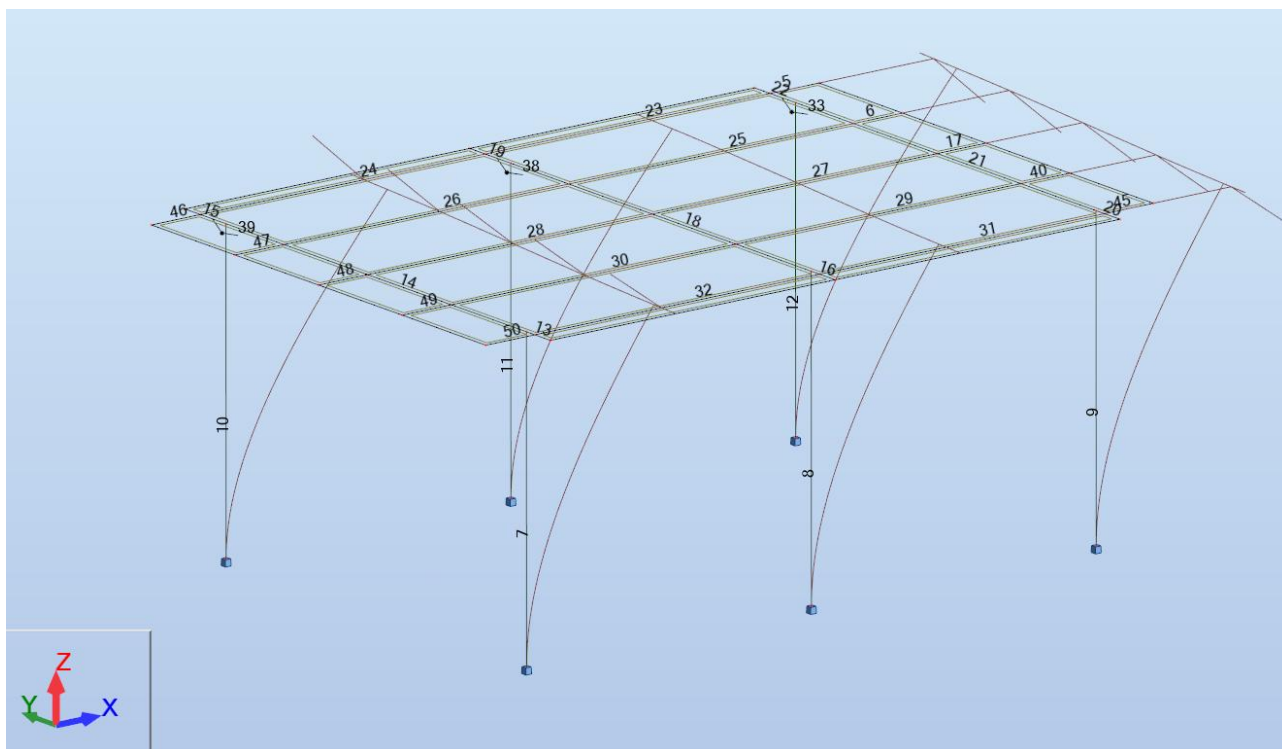


**Figura 28 - Deformata di buckling principale**

Si riporta anche il valore di  $\theta$ , calcolato come indicato al §7.3.1., di cui si riporta un estratto.

#### *Effetti delle non linearità geometriche*

Le non linearità geometriche sono prese in conto attraverso il fattore  $\theta$  che, in assenza di più accurate determinazioni, può essere definito come:

$$\theta = \frac{P \cdot d_{Er}}{V \cdot h} \quad [7.3.3]$$

$$\theta = \frac{(18,74 \text{ kN} \cdot 1,3 \text{ cm})}{5,4 \text{ kN} \cdot 300 \text{ cm}} = 0,015$$

Si nota come il valore di  $\theta$  sia estremamente piccolo e quindi come la struttura sia poco sensibile agli effetti di non linearità geometrica in campo sismico. Si procede quindi a non incrementare le forze orizzontali sismiche.

## 8.1 Azioni al piede

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari per le combinazioni maggiormente gravose, sia in campo statico.

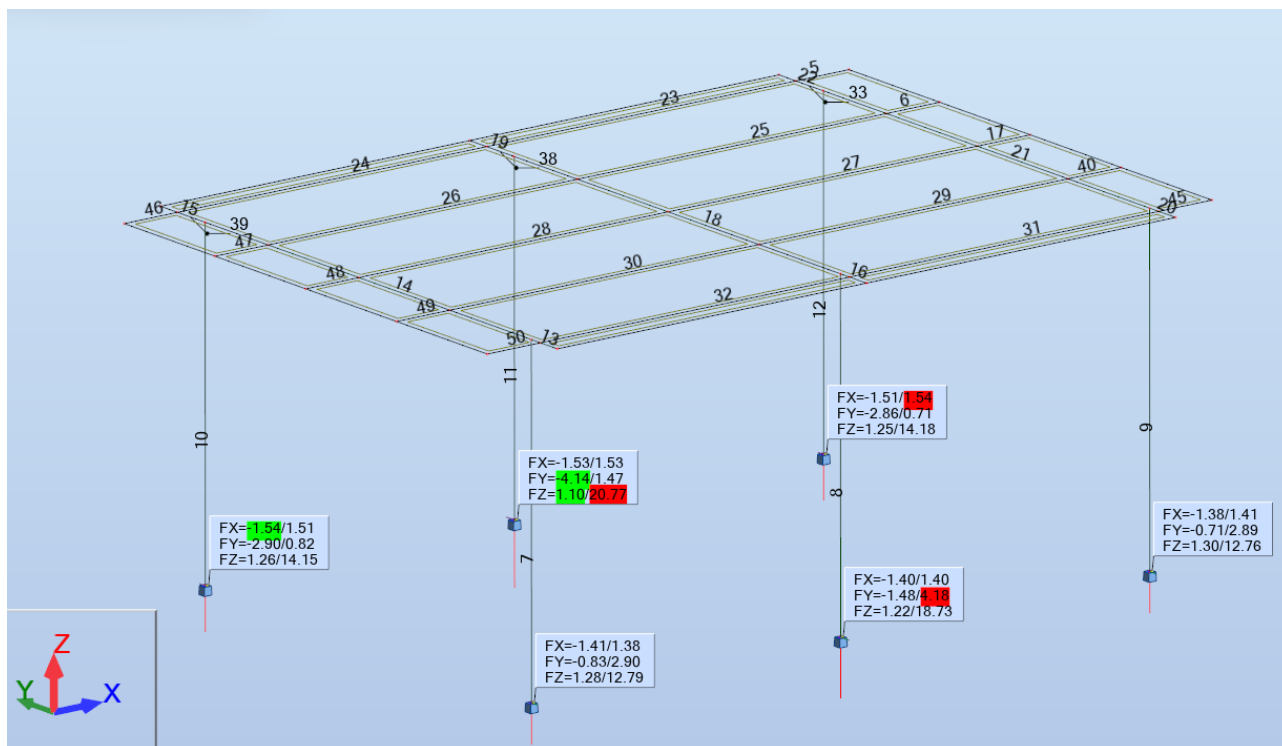


**Figura 29 - Reazione vincolare per involucro**

Si riportano di seguito i valori delle caratteristiche interne della sollecitazione di interesse e prevalenti per ciascun elemento strutturale.

## 8.2 Momento flettente

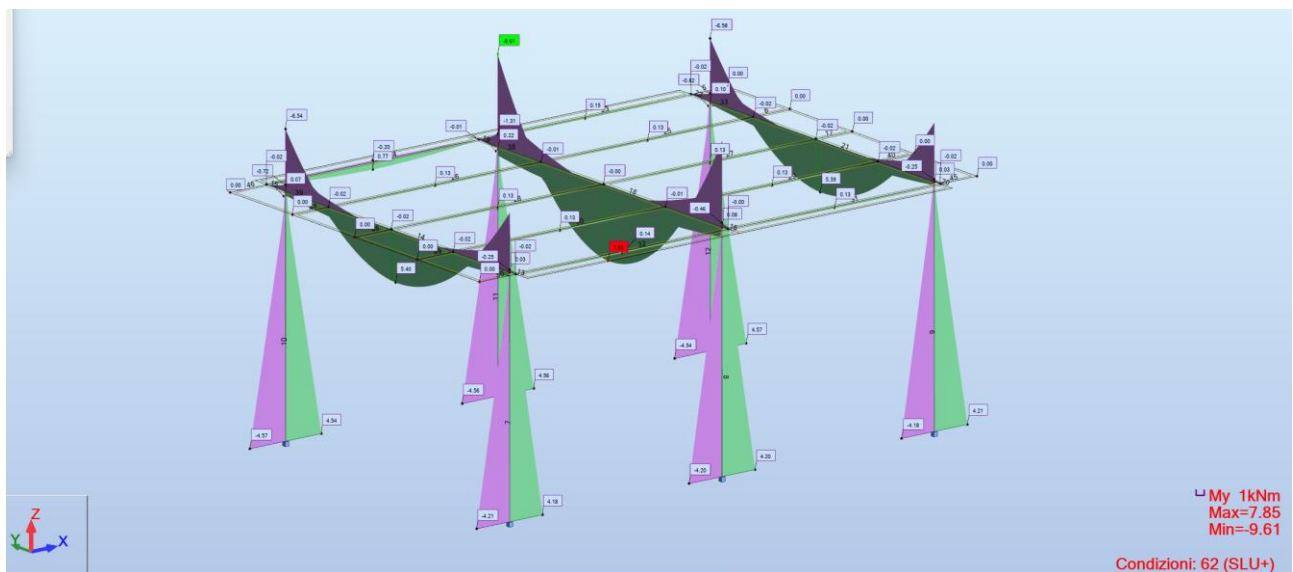


Figura 30 – Involuppo momento flettente  $M_y$

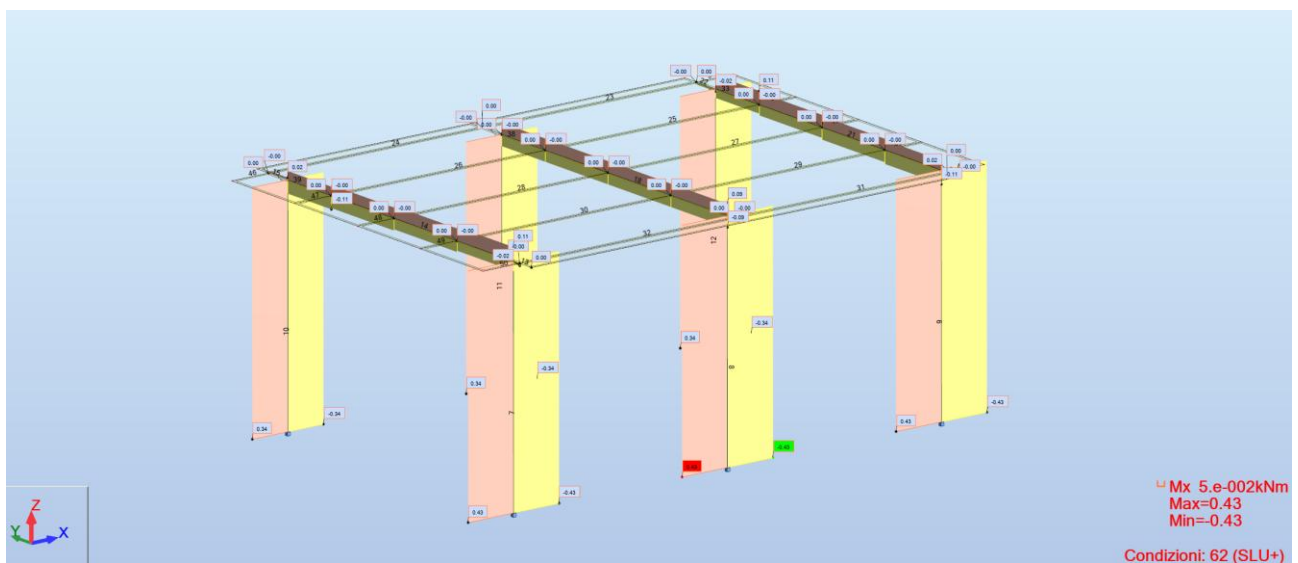


Figura 31 – Involuppo momento flettente  $M_x$

## 8.3 Taglio

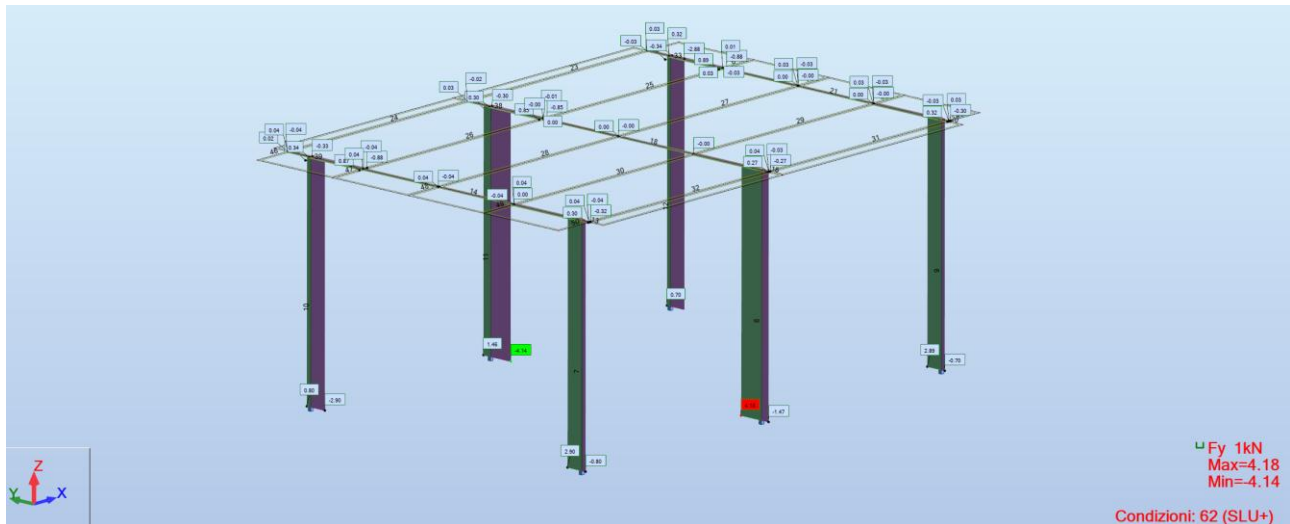


Figura 32 - Involuppo taglio  $F_y$

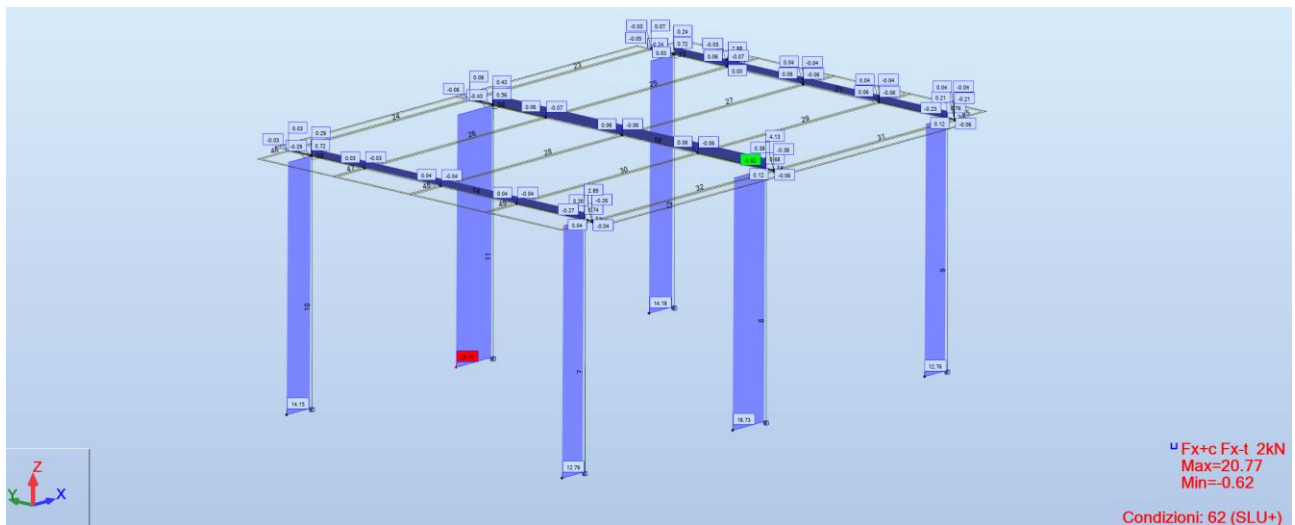


Figura 33 - Involuppo taglio  $F_x$

## 9. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano nel presente capitolo i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Le verifiche sono riportate rispetto a ciascun gruppo. In particolare, si sfruttano le verifiche automatizzate per il gruppo dei pilastri e per il gruppo delle travi principali. Verifiche separate verranno condotte per gli elementi arcareccio, per i quali dovrà essere considerata la sezione efficace in caso di prevalente pressoflessione.

Tutte le verifiche sono da intendersi come verifiche di resistenza e come verifiche di instabilità per quanto concerne lo SLU e lo SLV. In termini di stato limite di esercizio, per la struttura in esame, ci si limita a verificare la deformabilità della struttura e in termini di freccia degli elementi orizzontale e in termini di spostamento laterale, peraltro mostrato in precedenza.

Si riportano di seguito le impostazioni di verifica adottate relativamente agli elementi pilastro e agli elementi trave.

Figura 34 - Impostazioni di verifica elementi pilastro

Definizione della barra - parametri - UNI-EN 1993-1-2:2005/NA:2007/A1:...

Tipo di barra: Tr. P Salva Chiudi

Instabilità (asse Y)

Lunghezza della barra  $l_y$ :

☐ Reale ☒ Coeff 1.0000

Coeff. lunghezza instabilità Y:

1.0000 ↑ ↓ scorrevole

Curva di instabilità Y: auto

Instabilità (asse Z)

Lunghezza della barra  $l_z$ :

☐ Reale ☒ Coeff 1.0000

Coeff. lunghezza instabilità Z:

1.0000 ↑ ↓ scorrevole

Curva di instabilità Z: auto

☒ Instabilità flessione-torsionale

Parametri instabilità laterale

☒ Instabilità later.

Coeff. lung. instabilità later.

Livello di carico:  Ala superiore Ala inferiore

$L_{cr} = (L_{cr1}, L_{cr2}, \dots)$   $L_{cr} = l_0$

Momento critico: ☒ Auto ☐ Utente  $M_{cr} = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Curva di instabilità laterale: auto

☐ Metodo generale [6.3.2.2] ☒ Metodo dettagliato [6.3.2.3] ☐ Metodo semplificato per le travi con rinforzi laterali [6.3.2.4]

$\Lambda_{LT,0} = 0.2$   $\beta = 1$   $k_{fl} = 1.1$

Parametri aggiuntivi della barra

☒ Flessioni e spostamenti limite:

☐ Sezioni composte: Servizio Composte Nota

☐ Sezioni a parete sottile: A parete sottile

☐ Parametri dell'analisi al fuoco: Fuoco ?

Figura 35 - Impostazioni di verifica elementi trave



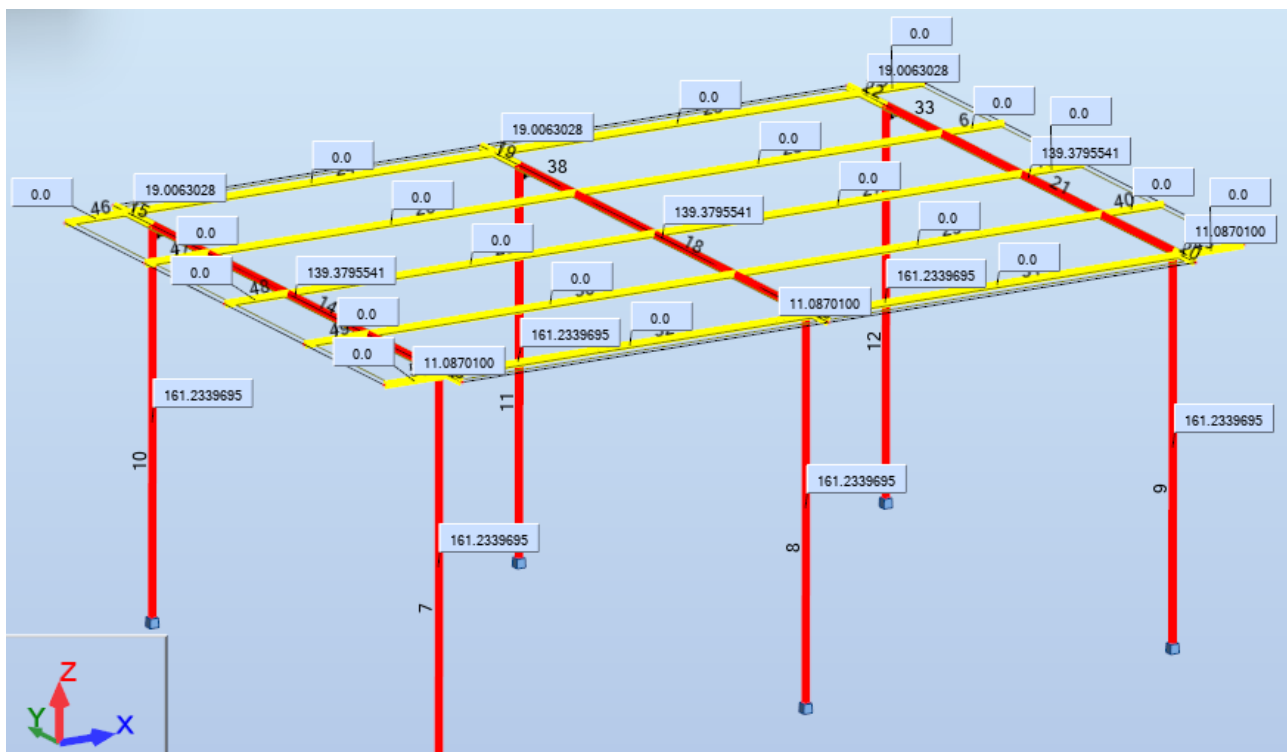


Figura 37 - Snellezza Laz travi principali e pilastri

| UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014 - Verifica delle barre ( SLU ) 7a12 |           |           |          |          |          |             | Nota di calcolo |  | Chiudi |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------------|--|--------|
| Risultati                                                              |           |           |          |          |          |             | Resistenza      |  | Guida  |
| Barra                                                                  | Profilato | Materiale | Lay      | Laz      | Resist.  | Condizione  | Analisi         |  | Mappa  |
| 7 Colonna_7                                                            | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.333441 | 61 SLU /41/ |                 |  |        |
| 8 Colonna_8                                                            | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.479381 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |
| 9 Colonna_9                                                            | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.332500 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |
| 10 Colonna_10                                                          | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.327402 | 61 SLU /41/ |                 |  |        |
| 11 Colonna_11                                                          | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.468364 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |
| 12 Colonna_12                                                          | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.324902 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |

| UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014 - Verifica delle barre ( SLU ) 33 38 39 |           |           |          |          |          |             | Nota di calcolo |  | Chiudi |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------------|--|--------|
| Risultati                                                                  |           |           |          |          |          |             | Resistenza      |  | Guida  |
| Barra                                                                      | Profilato | Materiale | Lay      | Laz      | Resist.  | Condizione  | Analisi         |  | Mappa  |
| 38 38                                                                      | 100x80x5  | S 235     | 141.9693 | 169.4728 | 0.797552 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |
| 33 33                                                                      | 100x80x5  | S 235     | 141.9693 | 169.4728 | 0.546017 | 61 SLU /37/ |                 |  |        |
| 39 39                                                                      | 100x80x5  | S 235     | 141.9693 | 169.4728 | 0.542894 | 61 SLU /41/ |                 |  |        |

Figura 38 - Tabella riepilogativa di snellezza e resistenza pilastri e travi principali

Si sottolinea che le barre 33 - 38 – 39 indicano gli elementi strutturali travi principali che per questioni di modellazione presentano dei nodi intermedi e pertanto si ha avuto la necessità di raggrupparli a posteriori per poter svolgere le verifiche su un unico elemento strutturale.

Per quanto concerne i valori di snellezza degli arcarecci, si effettua la verifica a posteriori, dal momento, i cui essendo dei profili molto snelli, la classificazione della sezione dipende dalla tipologia e dalla grandezza della sollecitazione; se essi fossero in classe 4, bisognerebbe considerare la sezione efficace e valutare la snellezza rispetto a questa grandezza.

## 9.2 Verifiche di resistenza e instabilità

Si procede a riportare le verifiche di resistenza e quindi di instabilità rispettivamente di elementi pilastro e di elementi trave.

UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014 - Verifica dei gruppi di barre ( SLU ) 1

Risultati Messaggi

| Barra                | Profilato | Materiale | Lay      | Laz      | Resist.  | Condizione  |
|----------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|
| Famiglia: 1 Pilastri |           |           |          |          |          |             |
| 8                    | 100x100x6 | S 235     | 161.2339 | 161.2339 | 0.479381 | 61 SLU /37/ |

Nota di calcolo Chiudi Guida

Resistenza Analisi Mappa

Punti di calcolo  
divisione: n = 5  
estremi: Fx,Fy,Fz,My,Mz  
dell'utente: nessuno

RISULTATI - norma - UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014

Gruppo: 1 Pilastri  
Membro: 8  
x = 1.00 L = 3.10 m  
Condizione di carico: 61 SLU /37/ 1\*1.3000000 + 2\*1.5000000 + 3\*0.9000000 + 4\*0.9000000

Profilato corretto OK

100x100x6

Risultati semplificati Risultati dettagliati

**FORZE**

|                               |                                  |                                  |                                    |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| N <sub>Ed</sub> = 18.02 kN    | My <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m     | Mz <sub>Ed</sub> = -8.54 kN*m    | Vy <sub>Ed</sub> = 4.12 kN         |
| N <sub>c,Rd</sub> = 504.91 kN | My <sub>pl,Rd</sub> = 17.82 kN*m | Mz <sub>pl,Rd</sub> = 17.82 kN*m | Tau <sub>y,max,Ed</sub> = 4.10 MPa |
| N <sub>b,Rd</sub> = 148.55 kN | My <sub>c,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Mz <sub>c,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Vz <sub>Ed</sub> = 0.02 kN         |
|                               | MN <sub>y,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | MN <sub>z,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Tau <sub>z,max,Ed</sub> = 0.02 MPa |
|                               |                                  |                                  | Tt <sub>Ed</sub> = -0.01 kN*m      |
|                               |                                  |                                  | Classe della sezione = 1           |

**INSTABILITÀ LATERALE**

XLT = 1.0000000

**INSTABILITÀ Y**

Ly = 3.10 m Lam<sub>y</sub> =  
L<sub>cr,y</sub> = 6.20 m X<sub>y</sub> = 0.2942147  
Lam<sub>y</sub> = 161.2339695 k<sub>zy</sub> = 0.5056927

**INSTABILITÀ Z**

Lz = 3.10 m Lam<sub>z</sub> =  
L<sub>cr,z</sub> = 6.20 m X<sub>z</sub> = 0.2942147  
Lam<sub>z</sub> = 161.2339695 k<sub>zz</sub> = 0.6786506

**CONTROLLO DELLA SEZIONE**

Mz<sub>Ed</sub>/MN<sub>z,Rd</sub> = 0.4793238 < 1.0000000 (6.2.9.1.(2))  
(Tau<sub>y,max,Ed</sub> + Tau<sub>ty,Ed</sub>)/(fy/(sqrt(3)\*gM0)) = 0.0321992 < 1.0000000 (6.2.6-7)

**CONTROLLO DELLA STABILITÀ DELLA BARRA**

Lam<sub>y</sub> = 161.2339695 < Lam<sub>max</sub> = 200.0000000 Lam<sub>z</sub> = 161.2339695 < Lam<sub>max</sub> = 200.0000000 STABILE  
N<sub>Ed</sub>/(X<sub>z</sub>\*N<sub>Rk</sub>/gM1) + k<sub>zy</sub>\*My<sub>Ed</sub>/(XLT\*My<sub>Rk</sub>/gM1) + k<sub>zz</sub>\*Mz<sub>Ed</sub>/(Mz<sub>Rk</sub>/gM1) = 0.4467011 < 1.0000000 (6.3.3.(4))

Forze Dettagliata

Nota di calcolo Parametri Guida

Figura 39 - Verifiche di resistenza elementi pilastro

## CALCOLO DI STRUTTURE IN ACCIAIO

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica dei gruppi di barre

**GRUPPO:** 1 Pilastri

**BARRA:** 8

**PUNTO:**

**COORDINATA:** x = 1.00 L = 3.10 m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 61 SLU /37/ 1\*1.3000000 + 2\*1.5000000 + 3\*0.9000000 + 4\*0.9000000

**MATERIALE:**

S 235 (S 235) fy = 235.00 MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE:** 100x100x6

|           |                            |                            |                           |
|-----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| h=10.0 cm | gM0=1.0500000              | gM1=1.0500000              |                           |
| b=10.0 cm | Ay=10.56 cm <sup>2</sup>   | Az=10.56 cm <sup>2</sup>   | Ax=22.56 cm <sup>2</sup>  |
| tw=0.6 cm | Iy=333.59 cm <sup>4</sup>  | Iz=333.59 cm <sup>4</sup>  | Ix=501.06 cm <sup>4</sup> |
| tf=0.6 cm | Wply=79.63 cm <sup>3</sup> | Wplz=79.63 cm <sup>3</sup> |                           |

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

|                               |                                  |                                  |                                    |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| N <sub>Ed</sub> = 18.02 kN    | My <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m     | Mz <sub>Ed</sub> = -8.54 kN*m    | Vy <sub>Ed</sub> = 4.12 kN         |
| N <sub>c,Rd</sub> = 504.91 kN | My <sub>pl,Rd</sub> = 17.82 kN*m | Mz <sub>pl,Rd</sub> = 17.82 kN*m | Tau <sub>y,max,Ed</sub> = 4.10 MPa |
| Nb <sub>Rd</sub> = 148.55 kN  | My <sub>c,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Mz <sub>c,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Vz <sub>Ed</sub> = 0.02 kN         |
|                               | MN <sub>y,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | MN <sub>z,Rd</sub> = 17.82 kN*m  | Tau <sub>z,max,Ed</sub> = 0.02 MPa |
|                               |                                  |                                  | Tt <sub>Ed</sub> = -0.01 kN*m      |
|                               |                                  |                                  | Classe della sezione = 1           |



**PARAMETRI INSTABILITÀ LATERALE:**

**PARAMETRI DI INSTABILITÀ:**



rispetto all'asse y:

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| Ly = 3.10 m        | Lam_y = 1.7168445 |
| Lcr,y = 6.20 m     | Xy = 0.2942147    |
| Lamy = 161.2339695 | kzy = 0.5056927   |



rispetto all'asse z:

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| Lz = 3.10 m        | Lam_z = 1.7168445 |
| Lcr,z = 6.20 m     | Xz = 0.2942147    |
| Lamz = 161.2339695 | kzz = 0.6786506   |

Instabilità torsionale:

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| Curva,T=a          | alfa,T=0.2100000  |
| Lt=3.10 m          | fi,T=0.4874725    |
| Ncr,T=136846.38 kN | X,T=1.0000000     |
| Lam_T=0.0622425    | Nb,T,Rd=504.91 kN |

Instabilità flessio-torsionale

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| Curva,TF=a       | alfa,TF=0.2100000  |
| Ncr,y=179.86 kN  | fi,TF=2.1330462    |
| Ncr,TF=179.86 kN | X,TF=0.2942147     |
| Lam_TF=1.7168445 | Nb,TF,Rd=148.55 kN |

**FORMULE DI VERIFICA:**

**Controllo di resistenza della sezione:**

|                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.0356796 < 1.0000000$ (6.2.4.(1))                                                         |
| $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.0002711 < 1.0000000$ (6.2.9.1.(2))                                                   |
| $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.4793238 < 1.0000000$ (6.2.9.1.(2))                                                   |
| $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.6623914} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.6623914} = 0.2944978 < 1.0000000$ (6.2.9.1.(6)) |
| $(\tau_{u,y,max,Ed} + \tau_{u,y,Ed})/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.0321992 < 1.0000000$ (6.2.6-7)            |
| $(\tau_{u,z,max,Ed} + \tau_{u,z,Ed})/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.0006415 < 1.0000000$ (6.2.6-7)            |

**Controllo della stabilità globale della barra:**

|                                                                                                                                                                   |                                                                   |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| $\lambda_{bda,y} = 161.2339695 < \lambda_{bda,max} = 200.0000000$                                                                                                 | $\lambda_{bda,z} = 161.2339695 < \lambda_{bda,max} = 200.0000000$ | STABILE |
| $N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.1212706 < 1.0000000 \quad (6.3.1)$                                                                            |                                                                   |         |
| $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.3231489 < 1.0000000 \quad (6.3.3.(4))$ |                                                                   |         |
| $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.4467011 < 1.0000000 \quad (6.3.3.(4))$ |                                                                   |         |

**Profilato corretto !!!**

Figura 40 - Nota di calcolo verifica pilastri

UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014 - Verifica dei gruppi di barre ( SLU ) 3

Risultati Messaggi

| Barra             | Profilato | Materiale | Lay      | Laz      | Resist.  | Condizione  |
|-------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|
| Famiglia : 3 Tr.P |           |           |          |          |          |             |
| 38 38             | 100x80x5  | ACCIA     | 141.9693 | 169.4728 | 0.799290 | 61 SLU /37/ |

Nota di calcolo Chiudi Guida

Resistenza Analisi Mappa

Punti di calcolo  
divisione : n = 5  
estremi : Fx,Fy,Fz,My,Mz  
dell'utente : nessuno

RISULTATI - norma - UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014

Gruppo: 3 Tr.P  
Membro: 38 38  
Punto / Coordinata: 5 / x = 0.89 L = 4.75 m  
Condizione di carico: 61 SLU /37/ 1\*1.3000000 + 2\*1.5000000 + 3\*0.9000000 + 4\*0.90

Profilato corretto OK

100x80x5 Auto

Risultati semplificati Risultati dettagliati

**FORZE**

|                               |                                   |                                  |                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| N <sub>Ed</sub> = 4.13 kN     | My <sub>Ed</sub> = -9.61 kN*m     | Mz <sub>Ed</sub> = 0.01 kN*m     | Vy <sub>Ed</sub> = -0.01 kN         |
| N <sub>c,Rd</sub> = 380.48 kN | My <sub>Ed,max</sub> = -9.61 kN*m | Mz <sub>Ed,max</sub> = 0.01 kN*m | Tau <sub>y,max,Ed</sub> = -0.02 MPa |
| N <sub>b,Rd</sub> = 100.58 kN | My <sub>c,Rd</sub> = 13.04 kN*m   | Mz <sub>c,Rd</sub> = 11.13 kN*m  | Vz <sub>Ed</sub> = -15.64 kN        |
|                               | MN <sub>y,Rd</sub> = 13.04 kN*m   | MN <sub>z,Rd</sub> = 11.13 kN*m  | Tau <sub>z,max,Ed</sub> = -18.87    |
|                               | Mb <sub>Rd</sub> = 12.61 kN*m     |                                  | Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m        |
|                               |                                   |                                  | Classe della sezione = 1            |

**INSTABILITÀ LATERALE**

|                              |                               |                               |                      |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| z = 1.0000000                | Mcr = 205.60 kN*m             | Curva,LT - d                  | XLT = 0.9550218      |
| L <sub>cr,low</sub> = 5.35 m | Lam <sub>LT</sub> = 0.2580289 | f <sub>i,LT</sub> = 0.5553404 | XLT <sub>mod</sub> = |

**INSTABILITÀ Y**

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Ly = 5.35 m                | Lam <sub>y</sub> =          |
| L <sub>cr,y</sub> = 5.35 m | Xy = 0.3615461              |
| Lamy = 141.9693579         | ky <sub>y</sub> = 1.0080390 |

**INSTABILITÀ Z**

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Lz = 5.35 m                | Lam <sub>z</sub> =          |
| L <sub>cr,z</sub> = 5.35 m | Xz = 0.2643583              |
| Lamz = 169.4728669         | ky <sub>z</sub> = 0.6052903 |

**CONTROLLO DELLA SEZIONE**

My<sub>Ed</sub>/MN<sub>y,Rd</sub> = 0.7373189 < 1.0000000 (6.2.9.1.(2))  
(Tau<sub>z,max,Ed</sub> + Tau<sub>tz,Ed</sub>)/(f<sub>y</sub>/(sqrt(3)\*gM0)) = 0.1465499 < 1.0000000 (6.2.6-7)

**CONTROLLO DELLA STABILITÀ DELLA BARRA**

Lamy = 141.9693579 < Lam<sub>max</sub> = 200.0000000 Lamz = 169.4728669 < Lam<sub>max</sub> = 200.0000000 STABILE  
N<sub>Ed</sub>/(Xy\*N<sub>Rk</sub>/gM1) + kyy\*My<sub>Ed,max</sub>/(XLT\*My<sub>Rk</sub>/gM1) + kyz\*Mz<sub>Ed,max</sub>/(Mz<sub>Rk</sub>/gM1) = 0.7992047 < 1.0000000

Nota di calcolo Parametri Guida

Figura 41 - Verifiche di resistenza elementi trave

CALCOLO DI STRUTTURE IN ACCIAIO

**NORMA:** UNI-EN 1993-1-2:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica dei gruppi di barre

**GRUPPO:** 3 Tr.P  
**BARRA:** 38 38 **PUNTO:** 5 **COORDINATA:** x = 0.89 L = 4.75 m

**CARICHI:**  
Condizione di carico decisiva: 61 SLU / 37/ 1\*1.3000000 + 2\*1.5000000 + 3\*0.9000000 + 4\*0.9000000

**MATERIALE:**  
ACCIA  $f_y = 235.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: 100x80x5**

|           |                            |                            |                           |
|-----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| h=10.0 cm | gM0=1.0500000              | gM1=1.0500000              |                           |
| b=8.0 cm  | Ay=7.00 cm <sup>2</sup>    | Az=9.00 cm <sup>2</sup>    | Ax=17.00 cm <sup>2</sup>  |
| tw=0.5 cm | Iy=241.42 cm <sup>4</sup>  | Iz=169.42 cm <sup>4</sup>  | Ix=300.04 cm <sup>4</sup> |
| tf=0.5 cm | Wply=58.25 cm <sup>3</sup> | Wplz=49.75 cm <sup>3</sup> |                           |

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

|                               |                                   |                                  |                                      |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| N <sub>Ed</sub> = 4.13 kN     | My <sub>Ed</sub> = -9.61 kN*m     | Mz <sub>Ed</sub> = 0.01 kN*m     | Vy <sub>Ed</sub> = -0.01 kN          |
| N <sub>c,Rd</sub> = 380.48 kN | My <sub>Ed,max</sub> = -9.61 kN*m | Mz <sub>Ed,max</sub> = 0.01 kN*m | Tau <sub>y,max,Ed</sub> = -0.02 MPa  |
| Nb <sub>Rd</sub> = 100.58 kN  | My <sub>c,Rd</sub> = 13.04 kN*m   | Mz <sub>c,Rd</sub> = 11.13 kN*m  | Vz <sub>Ed</sub> = -15.64 kN         |
|                               | MN <sub>y,Rd</sub> = 13.04 kN*m   | MN <sub>z,Rd</sub> = 11.13 kN*m  | Tau <sub>z,max,Ed</sub> = -18.87 MPa |
|                               | Mb <sub>Rd</sub> = 12.61 kN*m     |                                  | Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m         |
|                               |                                   |                                  | Classe della sezione = 1             |



**PARAMETRI INSTABILITÀ LATERALE:**

|                              |                               |                              |                                |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| z = 1.0000000                | Mcr = 205.60 kN*m             | Curva <sub>LT</sub> - d      | XLT = 0.9550218                |
| L <sub>cr,low</sub> = 5.35 m | Lam <sub>LT</sub> = 0.2580289 | fi <sub>LT</sub> = 0.5553404 | XLT <sub>mod</sub> = 0.9669893 |

**PARAMETRI DI INSTABILITÀ:**

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| rispetto all'asse y:         | rispetto all'asse z:         |
| Ly = 5.35 m                  | Lx = 5.35 m                  |
| Lcr,y = 5.35 m               | Lcr,z = 5.35 m               |
| Lamy = 141.9693579           | Lamz = 169.4728669           |
| Lam <sub>y</sub> = 1.5263181 | Lam <sub>z</sub> = 1.8220094 |
| Xy = 0.3615461               | Xz = 0.2643583               |
| ky <sub>y</sub> = 1.0080390  | ky <sub>z</sub> = 0.6052903  |

|                                 |                                         |
|---------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Instabilità torsionale:</b>  | <b>Instabilità flessione-torsionale</b> |
| Curva <sub>T</sub> = a          | Curva <sub>TF</sub> = a                 |
| L <sub>T</sub> = 5.35 m         | fi <sub>T</sub> = 0.4877221             |
| N <sub>cr,T</sub> = 98368.62 kN | N <sub>cr,TF</sub> = 171.49 kN          |
| Lam <sub>T</sub> = 0.0637280    | Lam <sub>TF</sub> = 1.5263181           |
| alpha <sub>T</sub> = 0.2100000  | alpha <sub>TF</sub> = 0.2100000         |
| fi <sub>T</sub> = 0.4877221     | fi <sub>TF</sub> = 1.8040869            |
| X <sub>T</sub> = 1.0000000      | X <sub>TF</sub> = 0.3615461             |
| Nb <sub>T,Rd</sub> = 380.48 kN  | Nb <sub>TF,Rd</sub> = 137.56 kN         |

**FORMULE DI VERIFICA:**

**Controllo di resistenza della sezione:**

N<sub>Ed</sub>/N<sub>c,Rd</sub> = 0.0108421 < 1.0000000 (6.2.4.(1))

My<sub>Ed</sub>/M<sub>N,y,Rd</sub> = 0.7373189 < 1.0000000 (6.2.9.1.(2))

Mz<sub>Ed</sub>/M<sub>N,z,Rd</sub> = 0.0009874 < 1.0000000 (6.2.9.1.(2))

(My<sub>Ed</sub>/M<sub>N,y,Rd</sub>)<sup>1.6602205</sup> + (Mz<sub>Ed</sub>/M<sub>N,z,Rd</sub>)<sup>1.6602205</sup> = 0.6029566 < 1.0000000 (6.2.9.1.(6))

(Tau<sub>y,max,Ed</sub> + Tau<sub>tz,Ed</sub>) / (fy / (sqrt(3) \* gM0)) = 0.0006477 < 1.0000000 (6.2.6-7)

(Tau<sub>z,max,Ed</sub> + Tau<sub>ty,Ed</sub>) / (fy / (sqrt(3) \* gM0)) = 0.1465499 < 1.0000000 (6.2.6-7)

**Controllo della stabilità globale della barra:**

Lambda<sub>y</sub> = 141.9693579 < Lambda<sub>max</sub> = 200.0000000 Lambda<sub>z</sub> = 169.4728669 < Lambda<sub>max</sub> = 200.0000000 STABILE

N<sub>Ed</sub>/Min(Nb<sub>Rd</sub>, Nb<sub>T,Rd</sub>, Nb<sub>TF,Rd</sub>) = 0.0410130 < 1.0000000 (6.3.1)

My<sub>Ed,max</sub>/Mb<sub>Rd</sub> = 0.7624892 < 1.0000000 (6.3.2.1.(1))

N<sub>Ed</sub> / (Xy \* N<sub>Rk</sub> / gM1) + ky<sub>y</sub> \* My<sub>Ed,max</sub> / (XLT \* My<sub>Rk</sub> / gM1) + ky<sub>z</sub> \* Mz<sub>Ed,max</sub> / (Mz<sub>Rk</sub> / gM1) = 0.7992047 < 1.0000000 (6.3.3.(4))

N<sub>Ed</sub> / (Xz \* N<sub>Rk</sub> / gM1) + kzy \* My<sub>Ed,max</sub> / (XLT \* My<sub>Rk</sub> / gM1) + kzz \* Mz<sub>Ed,max</sub> / (Mz<sub>Rk</sub> / gM1) = 0.5165637 < 1.0000000 (6.3.3.(4))

Profilato corretto !!!

Figura 42 - Nota di calcolo verifica travi

Per quanto concerne gli elementi arcarecci, si riportano di seguito le caratteristiche geometriche ed inerziali dei profili omega, sulla base della massima sollecitazione agli SLU. Si sottolinea che gli elementi arcareccio sono stati valutati in semplice appoggio, nonostante la presenza di sbalzi e la possibilità di creare un appoggio continuo in fase costruttiva, in corrispondenza della trave principale centrale. Questa assunzione risulta sicuramente cautelativa per quello che è lo schema statico e quindi a favore di sicurezza nel dimensionamento dei profilati.

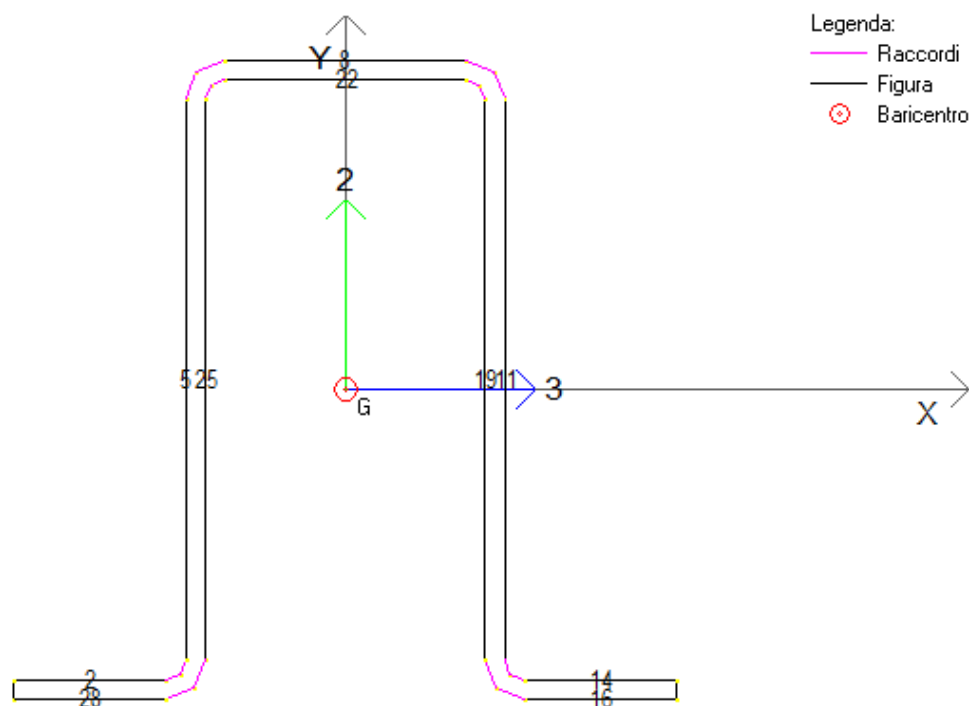
## **Geometria della sezione**

### **Legenda:**

|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| N <sub>L</sub> : | numero del lato                 |
| X <sub>i</sub> : | cordinata X del nodo iniziale   |
| Y <sub>i</sub> : | cordinata Y del nodo iniziale   |
| X <sub>f</sub> : | cordinata X del nodo finale     |
| Y <sub>f</sub> : | cordinata Y del nodo finale     |
| L:               | lunghezza del lato              |
| a:               | angolo di inclinazione del lato |

| Lato | X <sub>i</sub> [cm] | Y <sub>i</sub> [cm] | X <sub>f</sub> [cm] | Y <sub>f</sub> [cm] | L [cm] | a [°]    |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|----------|
| 1    | -5,2000             | -4,8329             | -5,2000             | -4,5329             | 0,3000 | 90,0000  |
| 2    | -5,2000             | -4,5329             | -2,8000             | -4,5329             | 2,4000 | 0,0000   |
| 3    | -2,8000             | -4,5329             | -2,5879             | -4,4450             | 0,2296 | 22,5001  |
| 4    | -2,5879             | -4,4450             | -2,5000             | -4,2329             | 0,2296 | 67,5000  |
| 5    | -2,5000             | -4,2329             | -2,5000             | 4,5671              | 8,8000 | 90,0000  |
| 6    | -2,5000             | 4,5671              | -2,3243             | 4,9914              | 0,4592 | 67,5000  |
| 7    | -2,3243             | 4,9914              | -1,9000             | 5,1671              | 0,4592 | 22,5000  |
| 8    | -1,9000             | 5,1671              | 1,9000              | 5,1671              | 3,8000 | 0,0000   |
| 9    | 1,9000              | 5,1671              | 2,3243              | 4,9914              | 0,4592 | 337,5000 |
| 10   | 2,3243              | 4,9914              | 2,5000              | 4,5671              | 0,4592 | 292,5000 |
| 11   | 2,5000              | 4,5671              | 2,5000              | -4,2329             | 8,8000 | 270,0000 |
| 12   | 2,5000              | -4,2329             | 2,5879              | -4,4450             | 0,2296 | 292,5000 |
| 13   | 2,5879              | -4,4450             | 2,8000              | -4,5329             | 0,2296 | 337,4999 |
| 14   | 2,8000              | -4,5329             | 5,2000              | -4,5329             | 2,4000 | 0,0000   |
| 15   | 5,2000              | -4,5329             | 5,2000              | -4,8329             | 0,3000 | 270,0000 |
| 16   | 5,2000              | -4,8329             | 2,8000              | -4,8329             | 2,4000 | 180,0000 |
| 17   | 2,8000              | -4,8329             | 2,3757              | -4,6571             | 0,4592 | 157,5000 |
| 18   | 2,3757              | -4,6571             | 2,2000              | -4,2329             | 0,4592 | 112,5000 |
| 19   | 2,2000              | -4,2329             | 2,2000              | 4,5671              | 8,8000 | 90,0000  |

|    |         |         |         |         |        |          |
|----|---------|---------|---------|---------|--------|----------|
| 20 | 2,2000  | 4,5671  | 2,1121  | 4,7793  | 0,2296 | 112,5000 |
| 21 | 2,1121  | 4,7793  | 1,9000  | 4,8671  | 0,2296 | 157,5001 |
| 22 | 1,9000  | 4,8671  | -1,9000 | 4,8671  | 3,8000 | 180,0000 |
| 23 | -1,9000 | 4,8671  | -2,1121 | 4,7793  | 0,2296 | 202,4999 |
| 24 | -2,1121 | 4,7793  | -2,2000 | 4,5671  | 0,2296 | 247,5000 |
| 25 | -2,2000 | 4,5671  | -2,2000 | -4,2329 | 8,8000 | 270,0000 |
| 26 | -2,2000 | -4,2329 | -2,3757 | -4,6571 | 0,4592 | 247,5000 |
| 27 | -2,3757 | -4,6571 | -2,8000 | -4,8329 | 0,4592 | 202,5000 |
| 28 | -2,8000 | -4,8329 | -5,2000 | -4,8329 | 2,4000 | 180,0000 |



*Geometria della sezione e numerazione nodi*

### **Proprietà della sezione**

Area  $A = 8,62 \text{ cm}^2$

Coordinata X del baricentro  $X_G = 0,00 \text{ cm}$

Coordinata Y del baricentro  $Y_G = 0,00 \text{ cm}$

Momento di inerzia rispetto all'asse baricentrico verticale  $J_{2-2} = 58,56 \text{ cm}^4$

Momento di inerzia rispetto all'asse baricentrico orizzontale  $J_{3-3} = 111,29 \text{ cm}^4$

Momento di inerzia centrifugo rispetto agli assi baricentrici  $J_{2-3} = 0,00 \text{ cm}^4$

Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse baricentrico verticale  $W_{2-2 \min} = 11,26 \text{ cm}^3$

Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse baricentrico orizzontale  $W_{3-3 \min} = 21,53 \text{ cm}^3$

Modulo di resistenza plastico rispetto all'asse baricentrico verticale  $W_{P 2-2} = 21,05 \text{ cm}^3$

Modulo di resistenza plastico rispetto all'asse baricentrico orizzontale  $W_{P 3-3} = 27,67 \text{ cm}^3$

### **Proprietà dell'acciaio**

Tipo di acciaio: S235-Fe360

Coefficiente di sicurezza  $g_{M0} = 1,050$

Tensione a rottura  $s_t = 360,0 \text{ N/mm}^2$

Tensione a snervamento  $s_y = 235,0 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto  $s_d = 223,8 \text{ N/mm}^2$

Modulo Elastico  $E = 210000,0 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Taglio  $G = 80769,0 \text{ N/mm}^2$

### **Geometria dei tratti**

Il software individua in automatico i tratti di sezione che possono instabilizzarsi e che sono necessari per la classificazione della sezione.

### **Legenda:**

$N_T$ : numero del tratto

$b$ : lunghezza del tratto

$b_c$ : lunghezza di calcolo del tratto

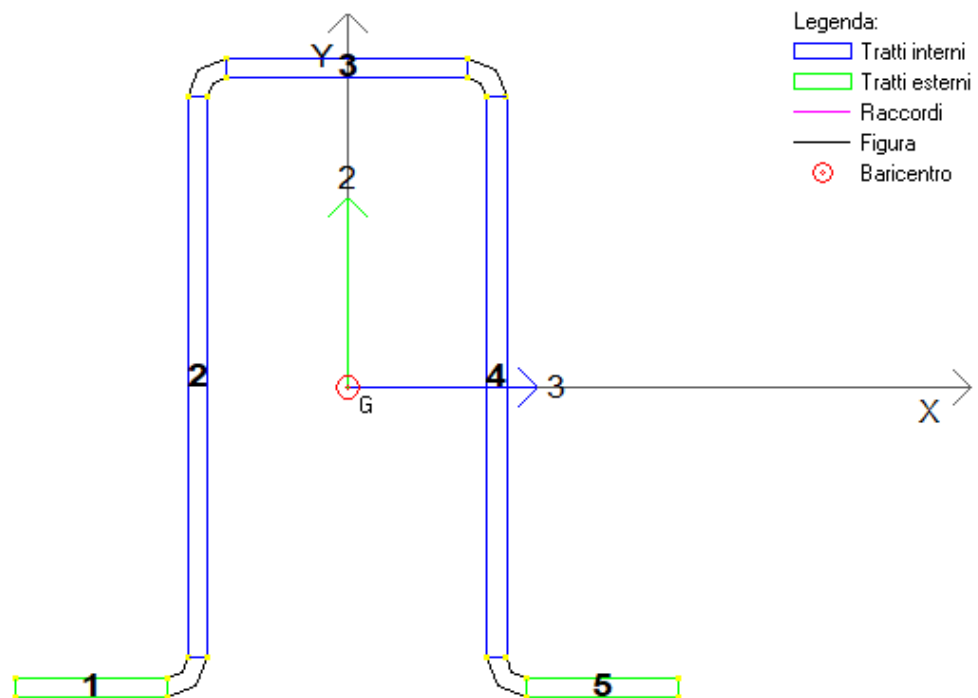
$t$ : spessore del tratto

$X_G$ : coordinata X del baricentro del tratto

$Y_G$ : coordinata Y del baricentro del tratto

a: angolo d'inclinazione del tratto

| $N_T$ | $b$ [cm]          | $b_c$ [cm] | $t$ [cm] | $X_G$ [cm] | $Y_G$ [cm] | Posizione | $a$ [°] |
|-------|-------------------|------------|----------|------------|------------|-----------|---------|
| 1     | 2,4000<br>0,0000  | 2,7534     | 0,3000   | 0,3000     | -4,0000    | -4,6829   | Esterna |
| 2     | 8,8000<br>90,0000 | 9,5069     | 0,3000   | 0,3000     | -2,3500    | 0,1671    | Interna |
| 3     | 3,8000<br>0,0000  | 4,5069     | 0,3000   | 0,3000     | 0,0000     | 5,0171    | Interna |
| 4     | 8,8000<br>90,0000 | 9,5069     | 0,3000   | 0,3000     | 2,3500     | 0,1671    | Interna |
| 5     | 2,4000<br>0,0000  | 2,7534     | 0,3000   | 0,3000     | 4,0000     | -4,6829   | Esterna |



*Geometria dei tratti e loro numerazione*

### **Classificazione sezione**

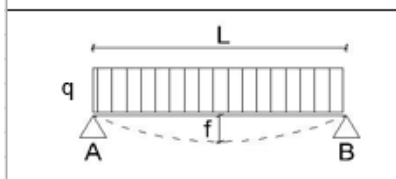
Di seguito vengono mostrate, per ogni combinazione, le caratteristiche della sollecitazione e la classe della sezione, valutata calcolando il limite della classe 3 **considerando** il regime tensionale effettivo (formula [C4.2.1] Circ. 19).

| CMB | Tipo<br>Classe | N [daN] | V2 [daN] | V3 [daN] | M2 [daN cm] | M3 [daN cm] | T [daN cm] |
|-----|----------------|---------|----------|----------|-------------|-------------|------------|
| 1   | SLU            | 0,00    | 0,00     | 572,00   | 0,00        | 40000,00    | 0,00       |

La sezione non risulta mai in classe 4.

Si riporta di seguito la verifica di resistenza allo SLU per gli elementi arcareccio

SEZIONE RESISTENTE COSTITUITA DA PROFILO SAGOMATO A FREDDO IRRIGIDITO



q = carico uniformemente distribuito

$$S_{ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot [\psi \cdot q]$$

S.L.U.

$$\gamma_G = 1.3$$

$$\gamma_Q = 1.5$$

$$\psi = 1$$

Classe dell'acciaio

UNI EN 10025-2 - S235

$f_{yk}$  [N/mm<sup>2</sup>]

235

[N/mm<sup>2</sup>]

$\gamma_{M0}$

1.05

L [m]

3.2

distanza fra gli appoggi

g [kN/m]

0.35

carico permanente

q [kN/m]

1.5

carico accidentale uniformemente distribuito

Sed [kN/m]

2.705

Carico di progetto

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{c,Rd} = f_{yb} (W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) 4(1 - \lambda / \lambda_{el})) / \gamma_{M0} \quad \text{con } M_{c,Rd} \leq W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$$



$M_{Ed}$  [kNm]

3.4624

momento sollecitante in mezzzeria SLU

$M_{c,Rd}^I$  [kNm]

6.77

valido se  $W_{eff} < W_{el}$

$M_{c,Rd}^{II}$  [kNm]

8.84

valido se  $W_{eff} = W_{el}$

$M_{c,Rd}^{II,max}$  [kNm]

8.57

$W_{eff}$  [mm<sup>3</sup>]

30234.15

$W_{el}$  [mm<sup>3</sup>]

31730.95

$W_{pl}$  [mm<sup>3</sup>]

38270.51

$\lambda / \lambda_{el}$

0.70

$M_{Ed}$  [kNm]

<=

$M_{c,Rd}$  [kNm]

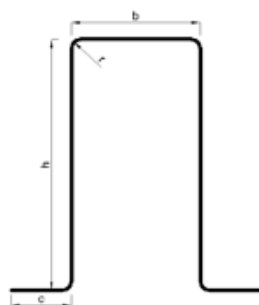
3.46

6.77

sezione verificata

PROFILI A  $\Omega$  CON IRRIGIDIMENTO INTERMEDIO - EN 1993-1-3 e EN 1993-1-5

GEOMETRIA DELLA SEZIONE



b [mm]

60

larghezza della flangia superiore

h [mm]

120

altezza totale del profilo

c [mm]

30

larghezza delle flange inferiori

t [mm]

3

spessore

r [mm]

3

raggio interno dei raccordi

$r_1$  [mm]

1E-06

raggio medio dell'irrigidimento

$r_m$  [mm]

4.5

$g_r$  [mm]

1.32

$\phi$  [deg]

90

$b_{D \text{ at } 1}$  [mm]

54.364

Figura 43 - Verifica SLU elementi arcareccio

### 9.3 Verifiche di deformabilità

La verifica di deformabilità deve essere eseguita anche nei confronti della freccia massima cui la struttura può essere soggetta. A tal proposito si valuta il massimo spostamento verticale in condizioni di esercizio e quindi rispetto alla peggiore combinazione valutata allo SLE Caratteristico.

La normativa di riferimento NTC2018, al §4.2.4.2 precisa che il valore di spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è dato dalla somma  $\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$  in cui i due termini del secondo membro dell'equazione rappresentano rispettivamente:

- Lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti
- Lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili

Assunto che nel caso specifico non viene considerata nessuna contromonta, i limiti riportati in Tab.

4.2.XII per le coperture in genere sono pari a  $\frac{\delta_{max}}{L} = \frac{1}{200}$  e  $\frac{\delta_2}{L} = \frac{1}{250}$ . Nel caso in esame, data la tipologia di struttura, si assume che il limite massimo in presenza di tutti i carichi sia pari a  $L/200$ ; in questo modo si assume come limite unico  $\frac{\delta_{max}}{L} = \frac{1}{200}$ . Si riporta la verifica di seguito.

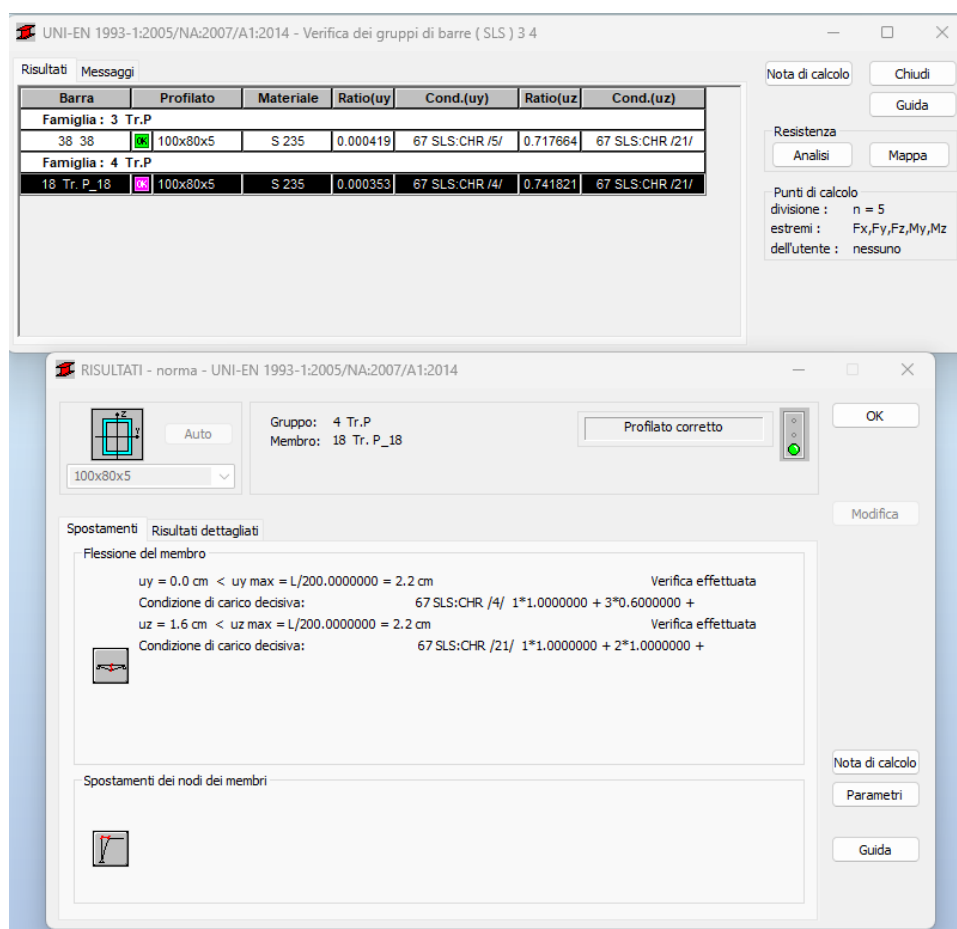


Figura 44 - Verifica freccia massima

## CALCOLO DI STRUTTURE IN ACCIAIO

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica dei gruppi di barre

**GRUPPO:** 4 Tr.P  
**BARRA:** 18 Tr. P\_18  
**PUNTO:**  
**COORDINATA:**



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: 100x80x5**

ht=10.0 cm  
bf=8.0 cm  
ea=0.5 cm  
es=0.5 cm  
Ay=7.56 cm<sup>2</sup>  
Iy=241.42 cm<sup>4</sup>  
Wely=48.28 cm<sup>3</sup>  
Az=9.44 cm<sup>2</sup>  
Iz=169.42 cm<sup>4</sup>  
Welz=42.35 cm<sup>3</sup>  
Ax=17.00 cm<sup>2</sup>  
Ix=298.62 cm<sup>4</sup>

### SPOSTAMENTI LIMITE



**Flessioni (SISTEMA LOCALE):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.0000000 = 2.2 cm Verifica effettuata  
Condizione di carico decisiva: 67 SLS:CHR /4/ 1\*1.0000000 + 3\*0.6000000 + 4\*1.0000000  
uz = 1.6 cm < uz max = L/200.0000000 = 2.2 cm Verifica effettuata  
Condizione di carico decisiva: 67 SLS:CHR /21/ 1\*1.0000000 + 2\*1.0000000 + 4\*0.6000000



**Spostamenti (SISTEMA GLOBALE):** Analisi non effettuata

**Profilato corretto !!!**

Figura 45 - Nota di calcolo verifica di deformabilità travi

La freccia degli arcarecci, dal momento che la sezione dei profili omega individuati, di dimensioni pari a 60x120x30x3, viene calcolata sulla base della sezione completamente reagente dal momento che la sezione ricade sempre in Classe 1 per le sollecitazioni in gioco e sulla base dello schema statico semplificato ma cautelativo di trave in doppio appoggio.

$$f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{2N}{mm} \cdot 3200^4 mm^4\right)}{\left(\frac{210000N}{mm^2} \cdot 111,20 cm^4\right)} = 1,16 cm$$

Dai risultati riportati, si evince che i rapporti fra spostamento e luce, rimangono al di sopra del valore 1/200 della luce per ciascun elemento e di conseguenza la verifica di deformabilità risulta soddisfatta.

Si riporta di seguito la verifica rispetto agli spostamenti orizzontali, il cui funzionamento è stato descritto in precedenza. Si riporta di seguito la verifica.

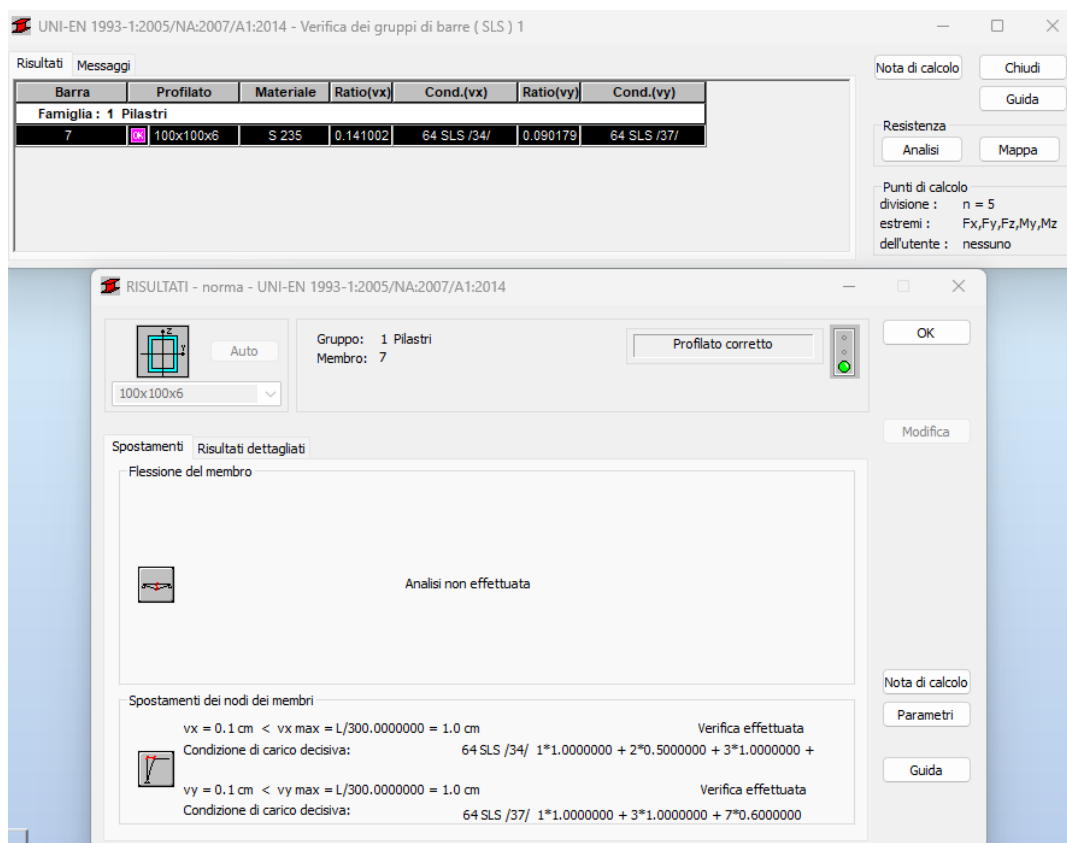


**Figura 46 – Verifica spostamenti di interpiano per SLE-SLD**

## 9.4 Verifiche SLU e SLE della lamiera grecata

Si procede ad effettuare un controllo isolato, sia nei confronti dello SLU che dello SLE, della lamiera grecata. Si riportano i risultati ottenuti mediante foglio di calcolo Excel di Fondazione Promozione Acciaio.

| INPUT - DATI LAMIERA GRECATA          |           |                    | Snellezze e tensioni di calcolo |       |        |
|---------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------------------|-------|--------|
| Qualità acciaio                       | S235      |                    | Flangia compressa               |       |        |
| $f_{yk} =$                            | 235.00    | [MPa]              | $\psi =$                        | 1.00  | [-]    |
| $h =$                                 | 55.00     | [mm]               | $k_g =$                         | 4.00  | [-]    |
| $B_{nervatura} =$                     | 56.00     | [mm]               | $\sigma_{cr} =$                 | 87    | [MPa]  |
| $B_{vuoto} =$                         | 96.00     | [mm]               | $\lambda_p =$                   | 1.64  | [-]    |
| $t =$                                 | 0.60      | [mm]               | $\rho =$                        | 0.53  | [-]    |
| Proprietà statiche di 1 irrigidimento |           |                    | $b_{eff,flangia} =$             | 29.52 | [mm]   |
| $L_{animo} =$                         | 58.52     | [mm]               | Animo in flessione              |       |        |
| $t_{eq} =$                            | 0.64      | [mm]               | $\psi =$                        | -0.88 | [-]    |
| $A_1 =$                               | 137.43    | [mm <sup>2</sup> ] | $k_g =$                         | 21.36 | [-]    |
| $J_1 =$                               | 66288.96  | [mm <sup>4</sup> ] | $\sigma_{cr} =$                 | 477   | [MPa]  |
| $W_1 =$                               | 2410.51   | [mm <sup>3</sup> ] | $\lambda_p =$                   | 0.74  | [-]    |
| Proprietà statiche di 1 m di lamiera  |           |                    | $\rho =$                        | 1.00  | [-]    |
| $A =$                                 | 904.13    | [mm <sup>2</sup> ] | $b_{eff,animo} =$               | 29.33 | [mm]   |
| $J =$                                 | 436111.55 | [mm <sup>4</sup> ] | $b_{e1} =$                      | 11.73 | [mm]   |
| $W =$                                 | 15858.60  | [mm <sup>3</sup> ] | $b_{e2} =$                      | 17.60 | [mm]   |
| Luce campata                          |           |                    | $h_{eff,eq} =$                  | 56.83 | [mm]   |
| $L =$                                 | 1.24      | [m]                | Carico agente                   |       |        |
|                                       |           |                    | $q =$                           | 2.00  | [kN/m] |

| Stress distribution (compression positive) |                 | Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$                                      |                     |
|--------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                            | $\psi = 1:$     | $b_{eff} = \rho \cdot b$                                                    |                     |
|                                            | $0 < \psi < 1:$ | $b_{e1} = 0,5 \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 \cdot b_{eff}$               |                     |
|                                            | $\psi < 0:$     | $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$ |                     |
|                                            | $\psi < -1:$    | $b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$               |                     |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$               | 1               | $0 < \psi < 1$                                                              | $\psi < 0$          |
| Buckling factor $k_{\sigma}$               | 4,0             | $8,2 / (1,05 + \psi)$                                                       | $7,81$              |
|                                            |                 | $7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$                                              | $23,9$              |
|                                            |                 |                                                                             | $5,98 (1 - \psi)^2$ |

| proprietà sezione efficace 1 irrigidimento |           |                    |
|--------------------------------------------|-----------|--------------------|
| $A_{eff} =$                                | 121.54    | [mm <sup>2</sup> ] |
| $Y_{G,eff} =$                              | 25.67     | [mm]               |
| $J_{1,eff} =$                              | 53028.39  | [mm <sup>4</sup> ] |
| $W_{1,sup,eff} =$                          | 1808.24   | [mm <sup>3</sup> ] |
| $W_{1,inf,eff} =$                          | 2065.45   | [mm <sup>3</sup> ] |
| proprietà sezione efficace 1 m di lamiera  |           |                    |
| $A_{eff} =$                                | 799.60    | [mm <sup>2</sup> ] |
| $J_{eff} =$                                | 348871.00 | [mm <sup>4</sup> ] |
| $W_{sup,eff} =$                            | 11896.33  | [mm <sup>3</sup> ] |
| $W_{inf,eff} =$                            | 13588.46  | [mm <sup>3</sup> ] |
| Verifica Flessione - SLU                   |           |                    |
| $M_{ed} =$                                 | 0.38      | [kNm/m]            |
| $M_{Rd} =$                                 | 3.04      | [kNm/m]            |
| Verifica                                   | 13%       | OK                 |
| Verifica Deformabilità - SLE               |           |                    |
| $\delta =$                                 | 0.84      | [mm]               |
| $\delta_{max} (L/200) =$                   | 6.20      | OK                 |
| $\delta_{max} (L/250) =$                   | 4.96      | OK                 |

Figura 47 - Verifica lamiera grecata di copertura

## 10. COLLEGAMENTI

Si procede all'interno del presente capitolo a riportare le analisi e le verifiche dei nodi in termini di unioni bullonate e/o saldate. Per individuare quindi i nodi di interesse all'interno del modello, si procede a riportare una loro numerazione, come mostrato di seguito.

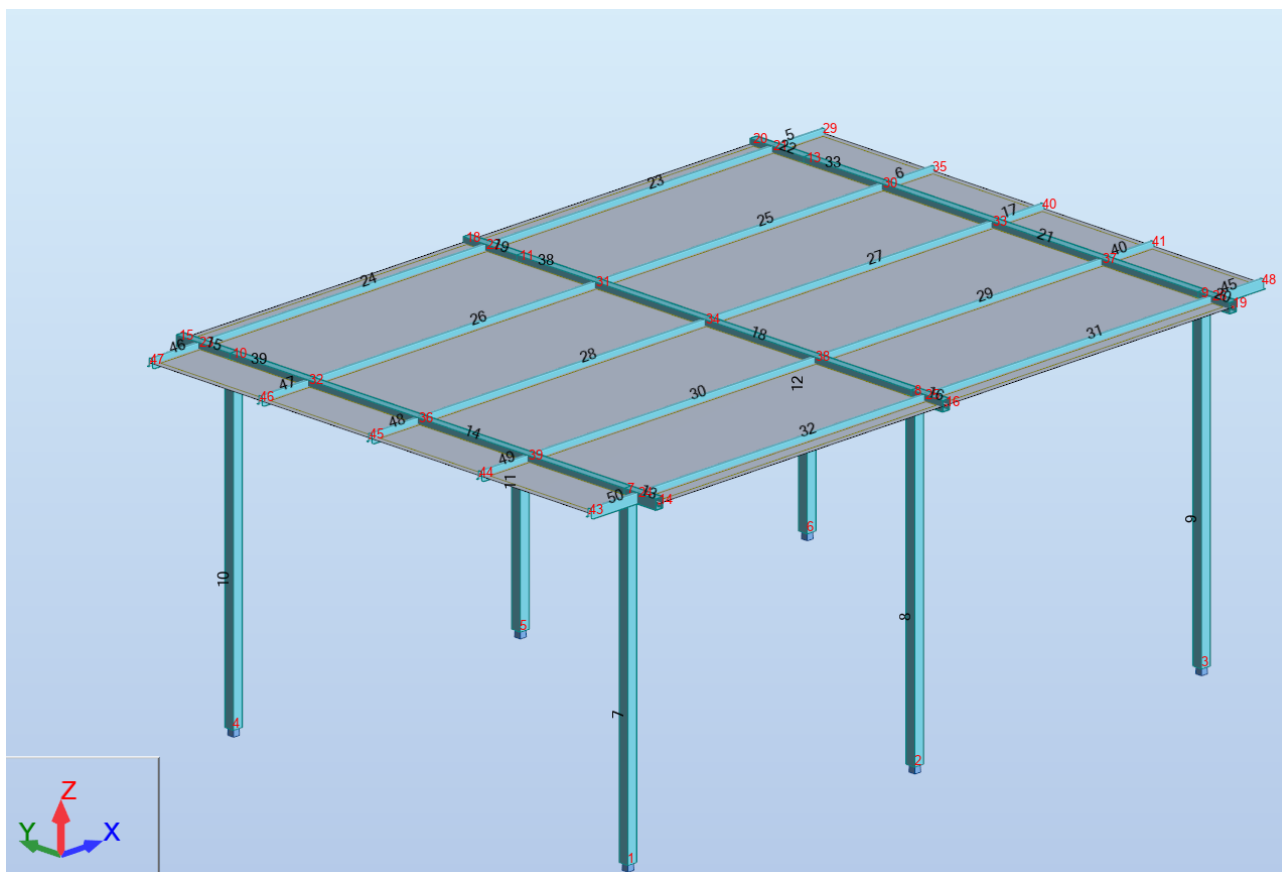


Figura 48 - Modello globale con numerazione nodi ed elementi

## 10.1 Nodi di base

Per i nodi di base si procede alla progettazione di nodi che siano assimilabili ad un incastro in ambedue le direzioni, dal momento in cui si è adottata la scelta di evitare l'uso di controventi di parete.

Affinché i vincoli alla base possano essere considerati effettivamente come incastri, è necessario assicurarsi che essi abbiano una rigidezza flessionale sufficientemente elevata, in modo da scongiurare elevate rotazioni e quindi un comportamento prossimo a quello di una cerniera. Le indicazioni per il calcolo della rigidezza flessionale sono indicate al §6.3.4 EC3-1-8. Si riporta un estratto per completezza, rimandando al codice per eventuali approfondimenti.

prospetto 6.12 Rigidezza flessionale  $S_j$  per collegamenti colonna-fondazione

| Carico                                           | Braccio della coppia $z$ | Rigidezza flessionale $S_{j,ini}$                |                                                                        |
|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Lato sinistro teso<br>Lato destro compresso      | $z = z_{T,1} + z_{C,r}$  | $N_{ed} > 0 \text{ e } e > z_{T,1}$              | $N_{ed} \leq 0 \text{ e } e \leq -z_{C,r}$                             |
|                                                  |                          | $\frac{Ez^2}{\mu(1/k_{T,1} + 1/k_{C,r})e + e_k}$ | dove $E_k = \frac{z_{C,r}k_{C,r} - z_{T,1}k_{T,1}}{k_{T,1} + k_{C,r}}$ |
| Lato sinistro teso<br>Lato destro teso           | $z = z_{T,1} + z_{T,r}$  | $N_{ed} > 0 \text{ e } 0 < e < z_{T,1}$          | $N_{ed} > 0 \text{ e } -z_{T,r} < e \leq 0$                            |
|                                                  |                          | $\frac{Ez^2}{\mu(1/k_{T,1} + 1/k_{T,r})e + e_k}$ | dove $E_k = \frac{z_{T,r}k_{T,r} - z_{T,1}k_{T,1}}{k_{T,1} + k_{T,r}}$ |
| Lato sinistro compresso<br>Lato destro teso      | $z = z_{C,1} + z_{T,r}$  | $N_{ed} > 0 \text{ e } e \leq -z_{T,1}$          | $N_{ed} \leq 0 \text{ e } e > z_{C,1}$                                 |
|                                                  |                          | $\frac{Ez^2}{\mu(1/k_{C,1} + 1/k_{T,r})e + e_k}$ | dove $E_k = \frac{z_{T,r}k_{T,r} - z_{C,1}k_{C,1}}{k_{C,1} + k_{T,r}}$ |
| Lato sinistro compresso<br>Lato destro compresso | $z = z_{C,1} + z_{C,r}$  | $N_{ed} \leq 0 \text{ e } 0 < e < z_{C,1}$       | $N_{ed} \leq 0 \text{ e } -z_{C,r} < e \leq 0$                         |
|                                                  |                          | $\frac{Ez^2}{\mu(1/k_{C,1} + 1/k_{C,r})e + e_k}$ | dove $E_k = \frac{z_{C,r}k_{C,r} - z_{C,1}k_{C,1}}{k_{C,1} + k_{C,r}}$ |

$M_{ed} > 0$  è in senso orario,  $N_{ed} > 0$  è teso,  $\mu$  vedere punto 6.3.1(6).  
 $e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{M_{Rd}}{N_{Rd}}$

### 6.3.4

#### Collegamenti colonna-fondazione

- Si raccomanda che la rigidezza flessionale  $S_j$  di un collegamento colonna-fondazione soggetto ad azioni combinate di sforzo normale e momento flettente sia calcolata impiegando il metodo fornito nel prospetto 6.12. Tale metodo impiega i seguenti coefficienti di rigidezza:
  - $k_{T,1}$  è il coefficiente di rigidezza a trazione della parte sinistra del collegamento e si raccomanda che sia assunto pari alla somma dei coefficienti di rigidezza  $k_{15}$  e  $k_{16}$  (forniti nel prospetto 6.11) relativi alla parte sinistra del collegamento.
  - $k_{T,r}$  è il coefficiente di rigidezza a trazione della parte di destra del collegamento e si raccomanda che sia assunto pari alla somma dei coefficienti di rigidezza  $k_{15}$  e  $k_{16}$  (forniti nel prospetto 6.11) relativi alla parte destra del collegamento.
  - $k_{C,1}$  è il coefficiente di rigidezza a compressione della parte sinistra del collegamento e si raccomanda che sia assunto pari al coefficiente di rigidezza  $k_{13}$  (fornito nel prospetto 6.11) relativo alla parte sinistra del collegamento.
  - $k_{C,r}$  è il coefficiente di rigidezza a compressione della parte destra del collegamento e si raccomanda che sia assunto pari al coefficiente di rigidezza  $k_{13}$  (fornito nel prospetto 6.11) relativo alla parte destra del collegamento.
- Per il calcolo di  $z_{T,1}$ ,  $z_{C,1}$ ,  $z_{T,r}$ ,  $z_{C,r}$  vedere punto 6.2.8.1.

prospetto 6.11 Coefficienti di rigidezza per le componenti di base dei collegamenti (Continua)

| Componente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Coefficienti di rigidezza $k_i$                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bulloni soggetti a rifollamento per contatto (per ciascuna componente j su cui i bulloni esercitano pressioni di contatto)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | non pre-caricati                                                                                                                                                                                                                                              | pre-caricati <sup>*)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $k_{12} \text{ (oppure } k_{18}) = \frac{24n_b k_b k_1 d_f^3}{E}$                                                                                                                                                                                             | $k_{12} = \infty$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $k_b = k_{b1}$<br>$k_{b1} = 0,25 e_b/d + 0,5$<br>$k_{b2} = 0,25 p_b/d + 0,375$<br>$k_1 = 1,5 t_f/d_{M16} + 0,375$<br>$\text{ma } k_i \leq 2,5$                                                                                                                | $e_b$ è la distanza dalla fila di bulloni all'estremità libera della piastra nella direzione di trasferimento del carico;<br>$f_u$ è la resistenza a trazione ultima dell'acciaio su cui i bulloni esercitano contatto;<br>$p_b$ è la spaziatura delle file di bulloni nella direzione di trasferimento del carico;<br>$t_f$ è lo spessore della componente. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Calcestruzzo compresso (compresa malta)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $k_{13} = \frac{E_c \sqrt{b_{eff} l_{eff}}}{1,275 E}$<br>$b_{eff}$ è la larghezza efficace della flangia dell'elemento T (T-stub), vedere punto 6.2.5(3);<br>$l_{eff}$ è la lunghezza efficace della flangia dell'elemento T (T-stub), vedere punto 6.2.5(3). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Piastra inflessa per effetto della compressione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $k_{14} = \infty$<br>Questo coefficiente è già stato considerato nel calcolo del coefficiente di rigidezza $k_{13}$                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Piastra di base inflessa per effetto della trazione (per una singola fila di bulloni tesi)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | con forze di contatto <sup>*)</sup>                                                                                                                                                                                                                           | senza forze di contatto <sup>**)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $k_{15} = \frac{0,85 l_{eff} t_p^3}{m^3}$                                                                                                                                                                                                                     | $k_{15} = \frac{0,425 l_{eff} t_p^3}{m^3}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $l_{eff}$ è la lunghezza efficace della flangia dell'elemento T (T-stub), vedere 6.2.5(3);<br>$t_p$ è lo spessore della piastra di base;<br>$m$ è la distanza definita secondo la figura 6.8.                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Bulloni di ancoraggio tesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | con forze di contatto <sup>*)</sup>                                                                                                                                                                                                                           | senza forze di contatto <sup>**)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $k_{16} = 1,6 A_s/L_b$                                                                                                                                                                                                                                        | $k_{16} = 2,0 A_s/L_b$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $L_b$ è la lunghezza del tratto di allungamento del tirafondo, considerata uguale alla somma di 8 volte il diametro nominale del bullone, dello strato di malta di allettamento, dello spessore della piastra, della rondella e di metà altezza del dado.     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| *) A condizione che i bulloni siano stati progettati per non sviluppare scorrimenti in corrispondenza del livello di carico di interesse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| **) Le forze di contatto possono svilupparsi se $L_b \leq \frac{8,8 m^3 A_s}{l_{eff} t^3}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Nota 1 Si raccomanda che nel calcolo di <math>b_{eff}</math> e <math>l_{eff}</math>, la distanza c sia pari a 1,25 volte lo spessore della piastra di base.</p> <p>Nota 2 Si raccomanda di assumere che piastre di rinforzo non abbiano influenza sulla rigidezza flessionale <math>S_f</math> del collegamento.</p> <p>Nota 3 Per le saldature, il coefficiente di rigidezza (<math>k_{19}</math>) si raccomanda sia assunto pari ad infinito. Non è necessario che tale componente sia considerata nel calcolo della rigidezza flessionale <math>S_f</math>.</p> <p>Nota 4 Per anime e flange di travi sollecitate a compressione (<math>k_7</math>), anime di travi soggette a trazione (<math>k_8</math>), piastre tese o compresse (<math>k_9</math>), travi costole di sostegno alle estremità (<math>k_{20}</math>), si raccomanda che i coefficienti di rigidezza siano assunti pari ad infinito. Non è necessario che tali componenti siano considerate nel calcolo della rigidezza flessionale <math>S_f</math>.</p> <p>Nota 5: Si raccomanda che se si utilizza una piastra d'anima supplementare, i coefficienti di rigidezza per le componenti di base pertinenti del collegamento (da <math>k_1</math> a <math>k_9</math>) siano incrementate come segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>k_1</math> per il pannello d'anima della colonna soggetto a taglio si raccomanda sia determinato sulla base dell'area resistente a taglio incrementata <math>A_{vc}</math> definita nel punto 6.2.6.1(6);</li> <li>- <math>k_1</math> per l'anima della colonna sollecitata a compressione si raccomanda sia determinata sulla base dello spessore efficace dell'anima definito nel punto 6.2.6.2(6);</li> <li>- <math>k_1</math> per l'anima della colonna sollecitata a trazione deve essere determinata sulla base dello spessore efficace dell'anima definito nel punto 6.2.6.3(8).</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Date le condizioni di quasi perfetta simmetria della struttura e le dimensioni ridotte, si è proceduto alla progettazione delle connessioni di base, individuandone una tipo e applicandola in corrispondenza di ciascun pilastro. Per brevità si riporteranno i calcoli di dettaglio della connessione maggiormente sollecitata. Ai fini di una maggiore comprensione si riporta di seguito una schermata riepilogativa delle connessioni.

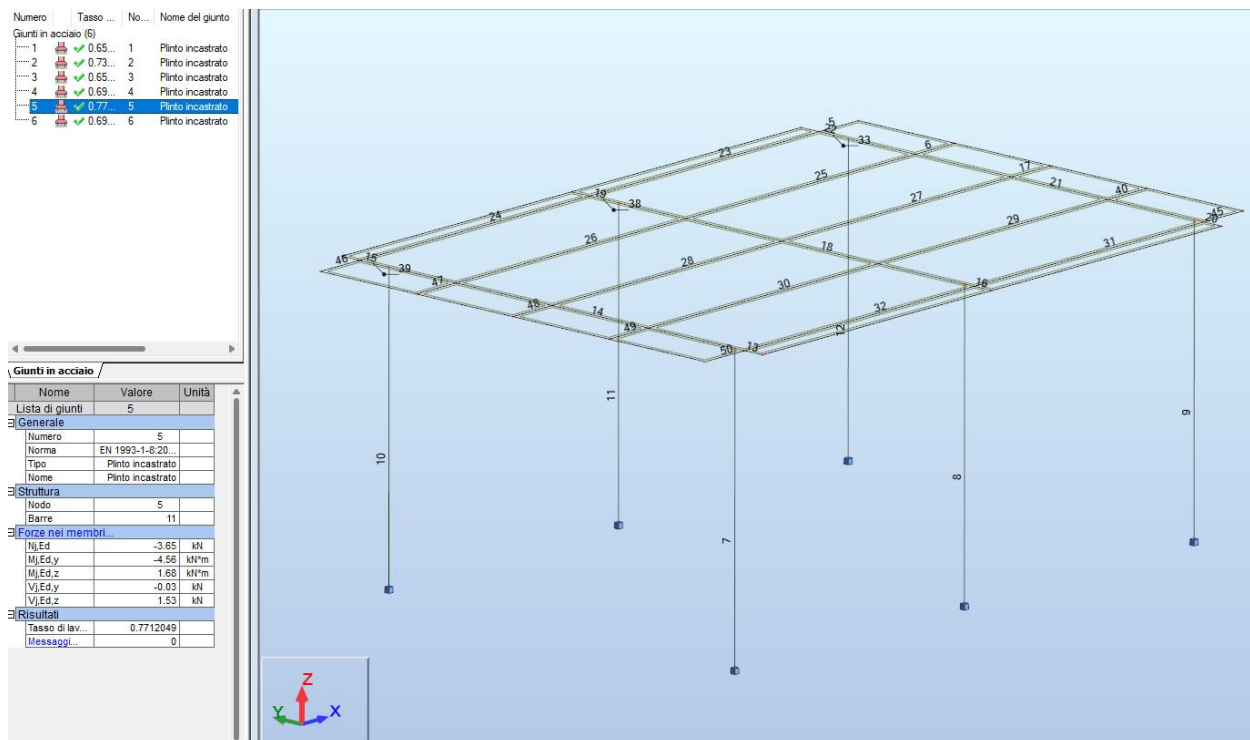


**Figura 49 - Schermata riepilogativa delle unioni di base**

Si riportano di seguito le principali caratteristiche geometriche dell'unione con annesse rappresentazioni grafiche per permettere una migliore comprensione del giunto, rimandando comunque agli elaborati grafici di progetto per ulteriori approfondimenti.

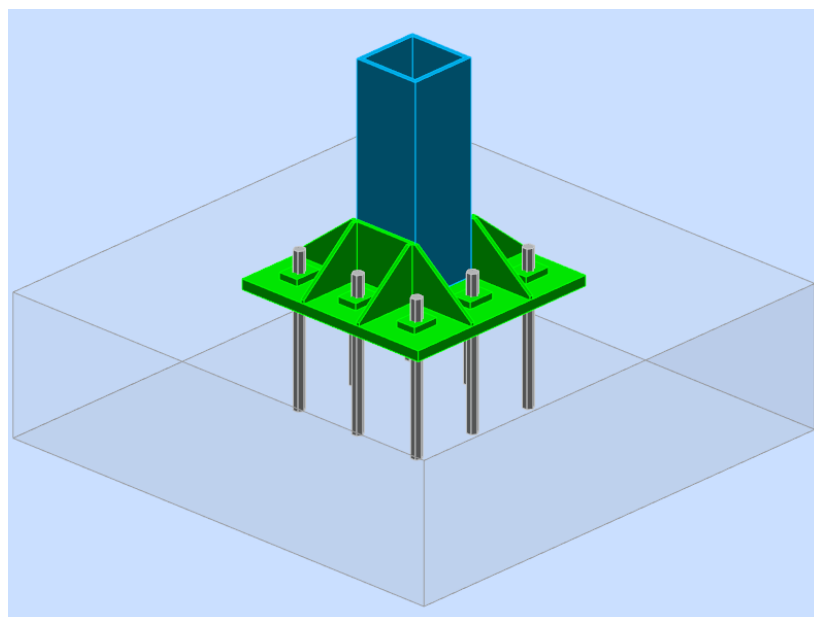


**Figura 50 - Vista assonometrica giunto di base**

- Piastra 300 mm x 300 mm x 15 mm (S253), 8 tirafondi M16
- Tirafondi a 50 mm dal bordo, con interasse pari a 100mm
- Malta 0 mm;  $L_b = 220 \text{ mm}$  (40 mm sopra piastra di base)

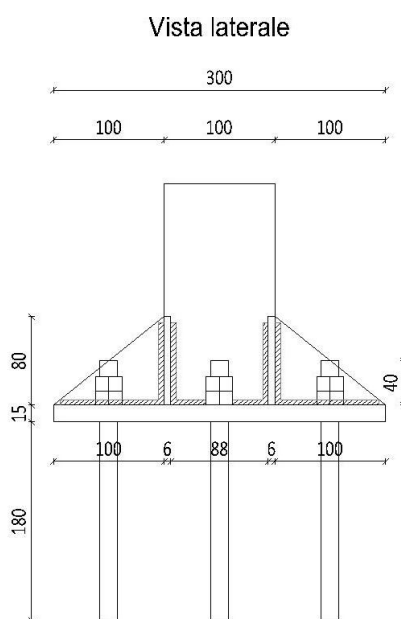
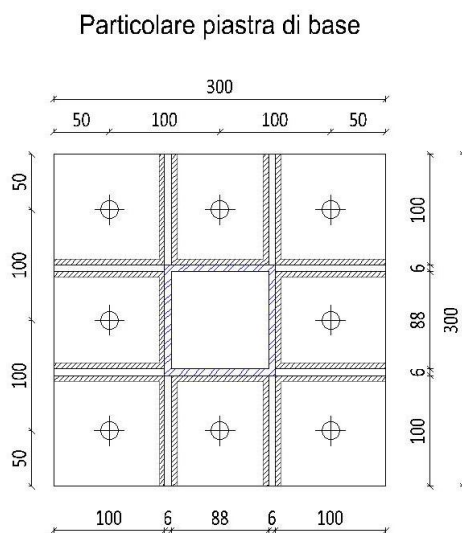


**Figura 51 -Particolari giunto di base**

Si riportano di seguito le verifiche condotte sull'elemento maggiormente sollecitato.



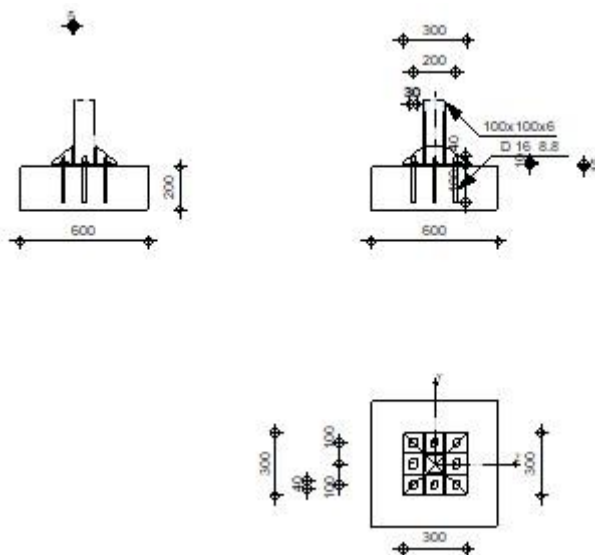
Robot Structural Analysis Professional 2026

## Calcolo del plinto della colonna incastrato

Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide:  
Design of fastenings in concrete



Coefficiente  
**0.7712049**



### Generale

N. giunto: 5  
Nome del giunto: Plinto incastrato  
Nodo della struttura: 5  
Membri della struttura: 11

### Geometria

#### Colonna

Profilato: 100x100x6  
N. membro: 11  
 $L_c = 3.10$  [m] Lunghezza della colonna  
 $\alpha = 0.00$  [Deg] Angolo d'inclinazione  
 $h_c = 100$  [mm] Altezza della sezione della colonna  
 $b_{fc} = 100$  [mm] Larghezza della sezione della colonna  
 $t_{wc} = 6$  [mm] Spessore dell'anima della sezione della colonna  
 $t_{fc} = 6$  [mm] Spessore dell'ala della sezione della colonna

$L_c = 3.10$  [m] Lunghezza della colonna  
 $r_c = 0$  [mm] Raggio di raccordo della sezione della colonna  
 $A_c = 22.56$  [cm<sup>2</sup>] Area della sezione della colonna  
 $I_{yc} = 333.59$  [cm<sup>4</sup>] Momento di inerzia della sezione della colonna  
Materiale: S 235  
 $f_{yc} = 235.00$  [MPa] Resistenza  
 $f_{uc} = 360.00$  [MPa] Limite di resistenza del materiale

### Plinto della colonna

$l_{pd} = 300$  [mm] Lunghezza  
 $b_{pd} = 300$  [mm] Larghezza  
 $t_{pd} = 15$  [mm] Spessore  
Materiale: S 235  
 $f_{ypd} = 235.00$  [MPa] Resistenza  
 $f_{upd} = 360.00$  [MPa] Limite di resistenza del materiale

### Ancoraggio

Il piano di taglio attraversa la parte NON FILETTATA del bullone.

Classe = 8.8 Classe di ancoraggi  
 $f_{yb} = 640.00$  [MPa] Limite di plasticità del materiale del bullone  
 $f_{ub} = 800.00$  [MPa] Resistenza del materiale del bullone alla trazione  
 $d = 16$  [mm] Diametro del bullone  
 $A_s = 1.57$  [cm<sup>2</sup>] Area della sezione efficace del bullone  
 $A_v = 2.01$  [cm<sup>2</sup>] Area della sezione del bullone  
 $n_H = 3$  Numero di colonne dei bulloni  
 $n_V = 3$  Numero di file di bulloni  
Distanza orizzontale  $e_{Hi} = 100$  [mm]  
Distanza verticale  $e_{Vi} = 100$  [mm]

### Dimensioni di ancoraggi

$L_1 = 40$  [mm]  
 $L_2 = 180$  [mm]

### Rondella

$l_{wd} = 30$  [mm] Lunghezza

$b_{wd} = 40$  [mm] Larghezza

$t_{wd} = 10$  [mm] Spessore

### Irrigidimento

$l_s = 300$  [mm] Lunghezza

$h_s = 80$  [mm] Altezza

$t_s = 5$  [mm] Spessore

$d_1 = 5$  [mm] Intaglio

$d_2 = 5$  [mm] Intaglio

### Coefficienti di materiale

$\gamma_{M0} = 1.0000000$  Coefficiente di sicurezza parziale

$\gamma_{M2} = 1.2500000$  Coefficiente di sicurezza parziale

$\gamma_C = 1.5000000$  Coefficiente di sicurezza parziale

### Plinto di fondazione

$L = 600$  [mm] Lunghezza del plinto

$B = 600$  [mm] Larghezza del plinto

$H = 200$  [mm] Altezza del plinto

### Calcestruzzo

Classe C25/30

$f_{ck} = 30.00$  [MPa] Resistenza caratteristica alla compressione

### Getto di sigillatura

$t_g = 0$  [mm] Spessore del getto di sigillatura

$f_{ck,g} = 12.00$  [MPa] Resistenza caratteristica alla compressione

$C_{f,d} = 0.3000000$  Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo

### Saldature

$a_p = 5$  [mm] Piastra principale del plinto della colonna

$a_s = 5$  [mm] Irrigidimenti

### Carichi

Condizione 61: SLU /88/  $1 \cdot 1.0000000 + 55 \cdot 1.0000000 + 56 \cdot 0.3000000$

|                |       |        |                   |
|----------------|-------|--------|-------------------|
| $N_{j,Ed} =$   | -3.65 | [kN]   | Azione assiale    |
| $V_{j,Ed,y} =$ | -0.03 | [kN]   | Azione tagliante  |
| $V_{j,Ed,z} =$ | 1.53  | [kN]   | Azione tagliante  |
| $M_{j,Ed,y} =$ | -4.56 | [kN*m] | Momento flettente |
| $M_{j,Ed,z} =$ | 1.68  | [kN*m] | Momento flettente |

## Risultati

### Zona di compressione

#### COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

|                                                                        |           |                    |                                                                         |                       |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| $f_{cd} =$                                                             | 20.00     | [MPa]              | Resistenza di calcolo alla compressione                                 | EN 1992-1:[3.1.6.(1)] |
| $f_j =$                                                                | 22.22     | [MPa]              | Resistenza di calcolo del materiale del giunto sotto la piastra di base | [6.2.5.(7)]           |
| $c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$                          |           |                    |                                                                         |                       |
| $c =$                                                                  | 28        | [mm]               | Larghezza dell'appoggio addizionale                                     | [6.2.5.(4)]           |
| $b_{eff} =$                                                            | 62        | [mm]               | Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala                   | [6.2.5.(3)]           |
| $l_{eff} =$                                                            | 156       | [mm]               | Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala                   | [6.2.5.(3)]           |
| $A_{c0} =$                                                             | 97.43     | [cm <sup>2</sup> ] | Zona di contatto della piastra di base e della fondazione               | EN 1992-1:[6.7.(3)]   |
| $A_{c1} =$                                                             | 666.24    | [cm <sup>2</sup> ] | Area di calcolo massima della ripartizione del carico                   | EN 1992-1:[6.7.(3)]   |
| $F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$ |           |                    |                                                                         |                       |
| $F_{rd,u} =$                                                           | 509.55    | [kN]               | Resistenza del calcestruzzo alla pressione                              | EN 1992-1:[6.7.(3)]   |
| $\beta_j =$                                                            | 0.6666667 |                    | Coefficiente di riduzione per la compressione                           | [6.2.5.(7)]           |
| $f_{jd} = \beta_j*F_{rd,u}/(b_{eff}*l_{eff})$                          |           |                    |                                                                         |                       |
| $f_{jd} =$                                                             | 34.87     | [MPa]              | Resistenza di calcolo del materiale del giunto                          | [6.2.5.(7)]           |
| $A_{c,n} =$                                                            | 590.14    | [cm <sup>2</sup> ] | Area di compressione efficace                                           | [6.2.8.2.(1)]         |
| $A_{c,y} =$                                                            | 273.42    | [cm <sup>2</sup> ] | Area di flessione My                                                    | [6.2.8.3.(1)]         |
| $A_{c,z} =$                                                            | 275.33    | [cm <sup>2</sup> ] | Area di flessione Mz                                                    | [6.2.8.3.(1)]         |
| $F_{c,Rd,i} = A_{c,i}*f_{jd}$                                          |           |                    |                                                                         |                       |
| $F_{c,Rd,n} =$                                                         | 2057.63   | [kN]               | Resistenza del calcestruzzo alla compressione                           | [6.2.8.2.(1)]         |
| $F_{c,Rd,y} =$                                                         | 953.30    | [kN]               | Resistenza del calcestruzzo alla flessione My                           | [6.2.8.3.(1)]         |
| $F_{c,Rd,z} =$                                                         | 959.98    | [kN]               | Resistenza del calcestruzzo alla flessione Mz                           | [6.2.8.3.(1)]         |

## ALA E ANIMA DELLA COLONNA IN COMPRESSIONE

|                                        |                           |                                                    |                        |
|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|
| CL =                                   | 1.0000000                 | Classe di sezione                                  | EN 1993-1-1:[5.5.2]    |
| $W_{pl,y}$ =                           | 394.88 [cm <sup>3</sup> ] | Fattore plastico della sezione                     | EN1993-1-1:[6.2.5.(2)] |
| $M_{c,Rd,y}$ =                         | 92.80 [kN*m]              | Resistenza di calcolo della sezione alla flessione | EN1993-1-1:[6.2.5]     |
| $h_{f,y}$ =                            | 137 [mm]                  | Distanza tra i centri di gravità delle ali         | [6.2.6.7.(1)]          |
| $F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$ |                           |                                                    |                        |
| $F_{c,fc,Rd,y}$ =                      | 675.83 [kN]               | Resistenza dell'ala compressa e dell'anima         | [6.2.6.7.(1)]          |
| $W_{pl,z}$ =                           | 422.38 [cm <sup>3</sup> ] | Fattore plastico della sezione                     | EN1993-1-1:[6.2.5.(2)] |
| $M_{c,Rd,z}$ =                         | 99.26 [kN*m]              | Resistenza di calcolo della sezione alla flessione | EN1993-1-1:[6.2.5]     |
| $h_{f,z}$ =                            | 141 [mm]                  | Distanza tra i centri di gravità delle ali         | [6.2.6.7.(1)]          |
| $F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$ |                           |                                                    |                        |
| $F_{c,fc,Rd,z}$ =                      | 704.64 [kN]               | Resistenza dell'ala compressa e dell'anima         | [6.2.6.7.(1)]          |

## RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA COMPRESSA

|                                                |              |                                                 |               |
|------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|---------------|
| $N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$                        |              |                                                 |               |
| $N_{j,Rd}$ =                                   | 2057.63 [kN] | Resistenza del plinto alla compressione assiale | [6.2.8.2.(1)] |
| $F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$ |              |                                                 |               |
| $F_{c,Rd,y}$ =                                 | 675.83 [kN]  | Resistenza del plinto nella zona compressa      | [6.2.8.3]     |
| $F_{c,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$ |              |                                                 |               |
| $F_{c,Rd,z}$ =                                 | 704.64 [kN]  | Resistenza del plinto nella zona compressa      | [6.2.8.3]     |

## Zona in trazione

### ROTTURA DEL BULLONE D'ANCORAGGIO

|                                                                      |                         |                                                        |               |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|
| $A_b$ =                                                              | 1.57 [cm <sup>2</sup> ] | Area efficace del bullone                              | [Tabella 3.4] |
| $f_{ub}$ =                                                           | 800.00 [MPa]            | Resistenza del materiale del bullone alla trazione     | [Tabella 3.4] |
| Beta =                                                               | 0.8500000               | Coefficiente di riduzione della resistenza del bullone | [3.6.1.(3)]   |
| $F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$ |                         |                                                        |               |
| $F_{t,Rd,s1}$ =                                                      | 76.87 [kN]              | Resistenza del bullone alla rottura                    | [Tabella 3.4] |
| $\gamma_{Ms}$ =                                                      | 1.2000000               | Coefficiente di sicurezza parziale                     | CEB [3.2.3.2] |
| $f_{yb}$ =                                                           | 640.00 [MPa]            | Limite di plasticità del materiale del bullone         | CEB [9.2.2]   |
| $F_{t,Rd,s2} = f_{yb} \cdot A_b / \gamma_{Ms}$                       |                         |                                                        |               |
| $F_{t,Rd,s2}$ =                                                      | 83.73 [kN]              | Resistenza del bullone alla rottura                    | CEB [9.2.2]   |

$$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$$

$$F_{t,Rd,s} = 76.87 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del bullone alla rottura}$$

#### STRAPPO DEL BULLONE DI ANCORAGGIO DAL CALCESTRUZZO

$$f_{ck} = 30.00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Resistenza caratteristica del calcestruzzo alla compressione} \quad \text{EN 1992-1:[3.1.2]}$$

$$f_{ctd} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$$

$$f_{ctd} = 1.35 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Resistenza di calcolo alla trazione} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

$$\eta_1 = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalle condizioni del getto di calcestruzzo e dell'aderenza} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

$$\eta_2 = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dal diametro barra} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.04 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Aderenza di calcolo ammissibile} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

$$h_{ef} = 180 \quad [\text{mm}] \quad \text{Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

$$F_{t,Rd,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot f_{bd}$$

$$F_{t,Rd,p} = 27.52 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza di calc. per il sollevamento} \quad \text{EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

#### STRAPPO DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

$$h_{ef} = 133 \quad [\text{mm}] \quad \text{Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 63.25 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$s_{cr,N} = 400 \quad [\text{mm}] \quad \text{Larghezza critica del cono del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$c_{cr,N} = 200 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distanza critica dal bordo della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$A_{c,N0} = 1600.00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area massima del cono} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$A_{c,N} = 800.00 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Area reale del cono} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

$$\psi_{A,N} = 0.5000000 \quad \text{Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$c = 200 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distanza minima dell'ancoraggio dal bordo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$$\psi_{s,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla distanza dell'ancoraggio dal bordo della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla ripartizione delle forze di trazione negli ancoraggi} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[\text{mm}] / 200 \leq 1.0$$

$$\psi_{re,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla densità dell'armatura della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{ucr,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dal grado di fessurazione del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$$\psi_{re,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla densità dell'armatura della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$\gamma_{Mc} = 2.1600000 \quad \text{Coefficiente di sicurezza parziale} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^{0.5} \psi_{A,N} \psi_{s,N} \psi_{ec,N} \psi_{re,N} \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{t,Rd,c} = 14.64 \quad [kN] \quad \text{Resistenza di calcolo dell'ancoraggio allo strappo del cono del calcestruzzo EN 1992-1:[8.4.2.(2)]}$$

### SPACCO DEL CALCESTRUZZO

$$h_{ef} = 180 \quad [mm] \quad \text{Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] * f_{ck}^{0.5} * h_{ef}^{1.5}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 99.20 \quad [kN] \quad \text{Resistenza di calc. per il sollevamento} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$s_{cr,N} = 360 \quad [mm] \quad \text{Larghezza critica del cono del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$c_{cr,N} = 180 \quad [mm] \quad \text{Distanza critica dal bordo della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$A_{c,N0} = 1296.00 \quad [cm^2] \quad \text{Area massima del cono} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$A_{c,N} = 672.00 \quad [cm^2] \quad \text{Area reale del cono} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

$$\psi_{A,N} = 0.5185185 \quad \text{Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$c = 180 \quad [mm] \quad \text{Distanza minima dell'ancoraggio dal bordo} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$$\psi_{s,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla distanza dell'ancoraggio dal bordo della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla ripartizione delle forze di trazione negli ancoraggi} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$$\psi_{re,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dalla densità dell'armatura della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{ucr,N} = 1.0000000 \quad \text{Coeff. dipendente dal grado di fessurazione del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\psi_{h,N} = (h / (2 * h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$$\psi_{h,N} = 0.6758002 \quad \text{Coeff. dipendente dall'altezza della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

$$\gamma_{M,sp} = 2.1600000 \quad \text{Coefficiente di sicurezza parziale} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^{0.5} \psi_{A,N} \psi_{s,N} \psi_{ec,N} \psi_{re,N} \psi_{ucr,N} \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$$

$$F_{t,Rd,sp} = 16.09 \quad [kN] \quad \text{Resistenza di calcolo dell'ancoraggio allo spacco del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.5]}$$

### RESISTENZA DELL'ANCORAGGIO ALLA TRAZIONE

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$$

$$F_{t,Rd} = 14.64 \quad [kN] \quad \text{Resistenza dell'ancoraggio alla trazione}$$

## FLESSIONE DELLA PIASTRA DI BASE

### Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

|                                                            |        |        |                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| $l_{eff,1} =$                                              | 240    | [mm]   | Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 1 | [6.2.6.5] |
| $l_{eff,2} =$                                              | 240    | [mm]   | Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2 | [6.2.6.5] |
| $m =$                                                      | 44     | [mm]   | Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento                  | [6.2.6.5] |
| $M_{pl,1,Rd} =$                                            | 3.17   | [kN*m] | Resistenza plastica della piastra per il modo 1                  | [6.2.4]   |
| $M_{pl,2,Rd} =$                                            | 3.17   | [kN*m] | Resistenza plastica della piastra per il modo 2                  | [6.2.4]   |
| $F_{T,1,Rd} =$                                             | 286.03 | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 1                           | [6.2.4]   |
| $F_{T,2,Rd} =$                                             | 87.96  | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 2                           | [6.2.4]   |
| $F_{T,3,Rd} =$                                             | 43.92  | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 3                           | [6.2.4]   |
| $F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$ |        |        |                                                                  |           |
| $F_{t,pl,Rd,y} =$                                          | 43.92  | [kN]   | Resistenza della piastra in trazione                             | [6.2.4]   |

### Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

|                                                            |        |        |                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| $l_{eff,1} =$                                              | 32     | [mm]   | Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 1 | [6.2.6.5] |
| $l_{eff,2} =$                                              | 32     | [mm]   | Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2 | [6.2.6.5] |
| $m =$                                                      | 8      | [mm]   | Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento                  | [6.2.6.5] |
| $M_{pl,1,Rd} =$                                            | 0.42   | [kN*m] | Resistenza plastica della piastra per il modo 1                  | [6.2.4]   |
| $M_{pl,2,Rd} =$                                            | 0.42   | [kN*m] | Resistenza plastica della piastra per il modo 2                  | [6.2.4]   |
| $F_{T,1,Rd} =$                                             | 211.50 | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 1                           | [6.2.4]   |
| $F_{T,2,Rd} =$                                             | 71.40  | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 2                           | [6.2.4]   |
| $F_{T,3,Rd} =$                                             | 43.92  | [kN]   | Resistenza della piastra per il modo 3                           | [6.2.4]   |
| $F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$ |        |        |                                                                  |           |
| $F_{t,pl,Rd,z} =$                                          | 43.92  | [kN]   | Resistenza della piastra in trazione                             | [6.2.4]   |

## RESISTENZA DELL'ANIMA DELLA COLONNA ALLA TRAZIONE

### Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

|                  |           |                    |                                                           |                        |
|------------------|-----------|--------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------|
| $t_{wc} =$       | 6         | [mm]               | Spessore efficace dell'anima della colonna                | [6.2.6.3.(8)]          |
| $b_{eff,t,wc} =$ | 240       | [mm]               | Larghezza efficace dell'anima in trazione                 | [6.2.6.3.(2)]          |
| $A_{vc} =$       | 11.28     | [cm <sup>2</sup> ] | Area al taglio                                            | EN1993-1-1:[6.2.6.(3)] |
| $\omega =$       | 0.3250348 |                    | Coefficiente di riduzione per l'interazione con il taglio | [6.2.6.3.(4)]          |

$$F_{t,wc,Rd,y} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$$F_{t,wc,Rd,y} = 219.87 \quad [kN] \quad \text{Resistenza dell'anima della colonna} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

#### Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$$t_{wc} = 6 \quad [mm] \quad \text{Spessore efficace dell'anima della colonna} \quad [6.2.6.3.(8)]$$

$$b_{eff,t,wc} = 32 \quad [mm] \quad \text{Larghezza efficace dell'anima in trazione} \quad [6.2.6.3.(2)]$$

$$A_{vc} = 11.28 \quad [cm^2] \quad \text{Area al taglio} \quad EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]$$

$$\omega = 0.9322388 \quad \text{Coefficiente di riduzione per l'interazione con il taglio} \quad [6.2.6.3.(4)]$$

$$F_{t,wc,Rd,z} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$$F_{t,wc,Rd,z} = 84.13 \quad [kN] \quad \text{Resistenza dell'anima della colonna} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

#### RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA IN TRAZIONE

$$F_{T,Rd,y} = \min(F_{t,pl,Rd,y}, F_{t,wc,Rd,y})$$

$$F_{T,Rd,y} = 43.92 \quad [kN] \quad \text{Resistenza del plinto nella zona tesa} \quad [6.2.8.3]$$

$$F_{T,Rd,z} = \min(F_{t,pl,Rd,z}, F_{t,wc,Rd,z})$$

$$F_{T,Rd,z} = 43.92 \quad [kN] \quad \text{Resistenza del plinto nella zona tesa} \quad [6.2.8.3]$$

#### Controllo della resistenza del giunto

$$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \quad (6.24) \quad 0.0017738 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.0017738)$$

$$e_y = 1248 \quad [mm] \quad \text{Eccentricità dell'azione assiale} \quad [6.2.8.3]$$

$$z_{c,y} = 69 \quad [mm] \quad \text{Braccio di leva } F_{C,Rd,y} \quad [6.2.8.1.(2)]$$

$$z_{t,y} = 100 \quad [mm] \quad \text{Braccio di leva } F_{T,Rd,y} \quad [6.2.8.1.(3)]$$

$$M_{j,Rd,y} = 7.84 \quad [kN*m] \quad \text{Resistenza del giunto alla flessione} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0.5811782 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.5811782)$$

$$e_z = 460 \quad [mm] \quad \text{Eccentricità dell'azione assiale} \quad [6.2.8.3]$$

$$z_{c,z} = 70 \quad [mm] \quad \text{Braccio di leva } F_{C,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(2)]$$

$$z_{t,z} = 100 \quad [mm] \quad \text{Braccio di leva } F_{T,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(3)]$$

$$M_{j,Rd,z} = 8.84 \quad [kN*m] \quad \text{Resistenza del giunto alla flessione} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0.1900267 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.1900267)$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.7712049 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.7712049)$$

#### Taglio

## PRESSIONE DEL BULLONE D'ANCORAGGIO SULLA PIASTRA DI BASE

### Taglio della forza $V_{j,Ed,y}$

$\alpha_{d,y} = 0.9259259$  Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio [Tabella 3.4]

$\alpha_{b,y} = 0.9259259$  Coeff. per il calcolo della resistenza  $F_{1,vb,Rd}$  [Tabella 3.4]

$k_{1,y} = 2.5000000$  Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio [Tabella 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 160.00$  [kN] Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base [6.2.2.(7)]

### Taglio della forza $V_{j,Ed,z}$

$\alpha_{d,z} = 0.9259259$  Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio [Tabella 3.4]

$\alpha_{b,z} = 0.9259259$  Coeff. per il calcolo della resistenza  $F_{1,vb,Rd}$  [Tabella 3.4]

$k_{1,z} = 2.5000000$  Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio [Tabella 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 160.00$  [kN] Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base [6.2.2.(7)]

## TAGLIO DEL BULLONE D'ANCORAGGIO

$\alpha_b = 0.2480000$  Coeff. per il calcolo della resistenza  $F_{2,vb,Rd}$  [6.2.2.(7)]

$A_{vb} = 2.01$  [cm<sup>2</sup>] Area della sezione del bullone [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 800.00$  [MPa] Resistenza del materiale del bullone alla trazione [6.2.2.(7)]

$\gamma_{M2} = 1.2500000$  Coefficiente di sicurezza parziale [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 31.91$  [kN] Resistenza del bullone al taglio - senza effetto della leva [6.2.2.(7)]

## DISTRUZIONE DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

$N_{Rk,c} = 31.62$  [kN] Resistenza di calc. per il sollevamento CEB [9.2.4]

$k_3 = 2.0000000$  Coeff. dipendente dalla lunghezza dell'ancoraggio CEB [9.3.3]

$\gamma_{Mc} = 2.1600000$  Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

$F_{v,Rd,cp} = 29.28$  [kN] Resistenza del calcestruzzo alla distruzione CEB [9.3.1]

## DISTRUZIONE DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO

### Taglio della forza $V_{j,Ed,y}$

|                                                                                                                                                                       |           |      |                                                                                                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| $V_{Rk,c,y}^0 =$                                                                                                                                                      | 57.75     | [kN] | Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio                                                 | CEB<br>[9.3.4.(a)] |
| $\psi_{A,V,y} =$                                                                                                                                                      | 0.4444444 |      | Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo                        | CEB [9.3.4]        |
| $\psi_{h,V,y} =$                                                                                                                                                      | 1.1447142 |      | Coeff. dipendente dallo spessore della fondazione                                                  | CEB<br>[9.3.4.(c)] |
| $\psi_{s,V,y} =$                                                                                                                                                      | 0.9000000 |      | Coeff. di influenza dei bordi paralleli all'azione tagliente                                       | CEB<br>[9.3.4.(d)] |
| $\psi_{ec,V,y} =$                                                                                                                                                     | 1.0000000 |      | Coeff. di irregolarità della ripartizione dell'azione tagliente sui singoli ancoraggi di un gruppo | CEB<br>[9.3.4.(e)] |
| $\psi_{\alpha,V,y} =$                                                                                                                                                 | 1.0000000 |      | Coeff. dipendente dall'angolo dell'azione tagliente                                                | CEB<br>[9.3.4.(f)] |
| $\psi_{ucr,V,y} =$                                                                                                                                                    | 1.0000000 |      | Coeff. dipendente dal tipo di armatura dei bordi utilizzata                                        | CEB<br>[9.3.4.(g)] |
| $\gamma_{Mc} =$                                                                                                                                                       | 2.1600000 |      | Coefficiente di sicurezza parziale                                                                 | CEB [3.2.3.1]      |
| $F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 \cdot \psi_{A,V,y} \cdot \psi_{h,V,y} \cdot \psi_{s,V,y} \cdot \psi_{ec,V,y} \cdot \psi_{\alpha,V,y} \cdot \psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$ |           |      |                                                                                                    |                    |
| $F_{v,Rd,c,y} =$                                                                                                                                                      | 12.24     | [kN] | Resistenza del calcestruzzo alla distruzione del bordo                                             | CEB [9.3.1]        |

### Taglio della forza $V_{j,Ed,z}$

|                                                                                                                                                                       |           |      |                                                                                                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| $V_{Rk,c,z}^0 =$                                                                                                                                                      | 57.75     | [kN] | Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio                                                 | CEB<br>[9.3.4.(a)] |
| $\psi_{A,V,z} =$                                                                                                                                                      | 0.4444444 |      | Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo                        | CEB [9.3.4]        |
| $\psi_{h,V,z} =$                                                                                                                                                      | 1.1447142 |      | Coeff. dipendente dallo spessore della fondazione                                                  | CEB<br>[9.3.4.(c)] |
| $\psi_{s,V,z} =$                                                                                                                                                      | 0.9000000 |      | Coeff. di influenza dei bordi paralleli all'azione tagliente                                       | CEB<br>[9.3.4.(d)] |
| $\psi_{ec,V,z} =$                                                                                                                                                     | 1.0000000 |      | Coeff. di irregolarità della ripartizione dell'azione tagliente sui singoli ancoraggi di un gruppo | CEB<br>[9.3.4.(e)] |
| $\psi_{\alpha,V,z} =$                                                                                                                                                 | 1.0000000 |      | Coeff. dipendente dall'angolo dell'azione tagliente                                                | CEB<br>[9.3.4.(f)] |
| $\psi_{ucr,V,z} =$                                                                                                                                                    | 1.0000000 |      | Coeff. dipendente dal tipo di armatura dei bordi utilizzata                                        | CEB<br>[9.3.4.(g)] |
| $\gamma_{Mc} =$                                                                                                                                                       | 2.1600000 |      | Coefficiente di sicurezza parziale                                                                 | CEB [3.2.3.1]      |
| $F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 \cdot \psi_{A,V,z} \cdot \psi_{h,V,z} \cdot \psi_{s,V,z} \cdot \psi_{ec,V,z} \cdot \psi_{\alpha,V,z} \cdot \psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$ |           |      |                                                                                                    |                    |
| $F_{v,Rd,c,z} =$                                                                                                                                                      | 12.24     | [kN] | Resistenza del calcestruzzo alla distruzione del bordo                                             | CEB [9.3.1]        |

## SLITTAMENTO DEL PLINTO

$C_{f,d} = 0.3000000$  Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo [6.2.2.(6)]

$N_{c,Ed} = 3.65$  [kN] Azione di compressione [6.2.2.(6)]

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed}$$

$F_{f,Rd} = 1.09$  [kN] Resistenza allo slittamento [6.2.2.(6)]

## CONTROLLO DEL TAGLIO

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,y} = 99.04$  [kN] Resistenza del giunto al taglio  $V_{j,Rd}$  CEB [9.3.1]

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0 \quad 0.0002583 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.0002583)$$

$$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,z} = 99.04$  [kN] Resistenza del giunto al taglio  $V_{j,Rd}$  CEB [9.3.1]

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.0154641 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.0154641)$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.0157224 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.0157224)$$

## Controllo degli irrigidimenti

### Irrigidimenti inclinati

$M_1 = 0.70$  [kN\*m] Momento flettente dell'irrigidimento

$Q_1 = 13.93$  [kN] Azione tagliante dell'irrigidimento

$z_s = 15$  [mm] Posizione dell'asse neutro (dalla base della piastra)

$I_s = 102.18$  [cm<sup>4</sup>] Momento di inerzia dell'irrigidimento

$\sigma_d = 0.23$  [MPa] Sollecitazione normale a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 54.74$  [MPa] Sollecitazione normale nelle fibre superiori EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 34.81$  [MPa] Sollecitazione tangenziale nell'irrigidimento EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 60.30$  [MPa] Sollecitazione equivalente a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0 \quad (6.1) \quad 0.2565982 < 1.0000000 \quad \text{verificato} \quad (0.2565982)$$

### Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

$M_1 = 0.40$  [kN\*m] Momento flettente dell'irrigidimento

$Q_1 = 8.39$  [kN] Azione tagliante dell'irrigidimento

$z_s = 15$  [mm] Posizione dell'asse neutro (dalla base della piastra)

$I_s = 102.18$  [cm<sup>4</sup>] Momento di inerzia dell'irrigidimento

$\sigma_d = 0.13$  [MPa] Sollecitazione normale a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

#### Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

|                                                                                          |             |                                                                    |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| $M_1 =$                                                                                  | 0.40 [kN*m] | Momento flettente dell'irrigidimento                               |                         |
| $\sigma_g =$                                                                             | 31.35 [MPa] | Sollecitazione normale nelle fibre superiori                       | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\tau =$                                                                                 | 20.99 [MPa] | Sollecitazione tangenziale nell'irrigidimento                      | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\sigma_z =$                                                                             | 36.35 [MPa] | Sollecitazione equivalente a contatto dell'irrigidimento e piastra | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\max (\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0 \text{ (6.1)}$ |             |                                                                    |                         |
|                                                                                          | 0.1546806   | < 1.0000000                                                        | verificato (0.1546806)  |

#### Saldature tra la colonna e la piastra della base

|                                                                                                                              |             |                                                     |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|------------------------|
| $\sigma_{\perp} =$                                                                                                           | 4.41 [MPa]  | Sollecitazione normale nella saldatura              | [4.5.3.(7)]            |
| $\tau_{\perp} =$                                                                                                             | 4.41 [MPa]  | Sollecitazione tangenziale perpendicolare           | [4.5.3.(7)]            |
| $\tau_{yII} =$                                                                                                               | -0.01 [MPa] | Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,y}$ | [4.5.3.(7)]            |
| $\tau_{zII} =$                                                                                                               | 0.38 [MPa]  | Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,z}$ | [4.5.3.(7)]            |
| $\beta_w =$                                                                                                                  | 0.8000000   | Coefficiente dovuto alla resistenza                 | [4.5.3.(7)]            |
| $\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0 \text{ (4.1)}$                                                      |             |                                                     |                        |
|                                                                                                                              | 0.0170052   | < 1.0000000                                         | verificato (0.0170052) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0 \text{ (4.1)}$ |             |                                                     |                        |
|                                                                                                                              | 0.0244875   | < 1.0000000                                         | verificato (0.0244875) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{yII}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0 \text{ (4.1)}$ |             |                                                     |                        |
|                                                                                                                              | 0.0210976   | < 1.0000000                                         | verificato (0.0210976) |

#### Saldature verticali degli irrigidimenti

##### Irrigidimenti inclinati

|                                                                                                                          |             |                                           |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|------------------------|
| $\sigma_{\perp} =$                                                                                                       | 0.00 [MPa]  | Sollecitazione normale nella saldatura    | [4.5.3.(7)]            |
| $\tau_{\perp} =$                                                                                                         | 0.00 [MPa]  | Sollecitazione tangenziale perpendicolare | [4.5.3.(7)]            |
| $\tau_{II} =$                                                                                                            | 34.81 [MPa] | Sollecitazione tangenziale parallela      | [4.5.3.(7)]            |
| $\sigma_z =$                                                                                                             | 0.00 [MPa]  | Sollecitazione totale equivalente         | [4.5.3.(7)]            |
| $\beta_w =$                                                                                                              | 0.8000000   | Coefficiente dovuto alla resistenza       | [4.5.3.(7)]            |
| $\max (\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0 \text{ (4.1)}$ |             |                                           |                        |
|                                                                                                                          | 0.1675004   | < 1.0000000                               | verificato (0.1675004) |

#### Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

|                    |             |                                           |             |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------|-------------|
| $\sigma_{\perp} =$ | 26.43 [MPa] | Sollecitazione normale nella saldatura    | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{\perp} =$   | 26.43 [MPa] | Sollecitazione tangenziale perpendicolare | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{II} =$      | 10.49 [MPa] | Sollecitazione tangenziale parallela      | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_z =$       | 55.90 [MPa] | Sollecitazione totale equivalente         | [4.5.3.(7)] |
| $\beta_w =$        | 0.8000000   | Coefficiente dovuto alla resistenza       | [4.5.3.(7)] |

$\sigma_{\perp} = 26.43$  [MPa] Sollecitazione normale nella saldatura [4.5.3.(7)]

$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$  (4.1)  $0.1552872 < 1.0000000$  **verificato** (0.1552872)

## Saldature orizzontali degli irrigidimenti

### Irrigidimenti inclinati

$\sigma_{\perp} = 9.85$  [MPa] Sollecitazione normale nella saldatura [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 9.85$  [MPa] Sollecitazione tangenziale perpendicolare [4.5.3.(7)]

$\tau_{II} = 21.98$  [MPa] Sollecitazione tangenziale parallela [4.5.3.(7)]

$\sigma_z = 42.86$  [MPa] Sollecitazione totale equivalente [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0.8000000$  Coefficiente dovuto alla resistenza [4.5.3.(7)]

$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$  (4.1)  $0.1190656 < 1.0000000$  **verificato** (0.1190656)

### Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

$\sigma_{\perp} = 6.25$  [MPa] Sollecitazione normale nella saldatura [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 6.25$  [MPa] Sollecitazione tangenziale perpendicolare [4.5.3.(7)]

$\tau_{II} = 13.64$  [MPa] Sollecitazione tangenziale parallela [4.5.3.(7)]

$\sigma_z = 26.72$  [MPa] Sollecitazione totale equivalente [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0.8000000$  Coefficiente dovuto alla resistenza [4.5.3.(7)]

$\max (\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$  (4.1)  $0.0742248 < 1.0000000$  **verificato** (0.0742248)

## Rigidezza del giunto

### Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} = 62$  [mm] Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 156$  [mm] Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$$k_{13,y} = E_c * \sqrt{(b_{eff} * l_{eff}) / (1.275 * E)}$$

$k_{13,y} = 12$  [mm] Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione [Tabella 6.11]

$l_{eff} = 240$  [mm] Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 44$  [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,y} = 4$  [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 161$  [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,y} = 1.6 * A_b / L_b$$

$k_{16,y} = 2$  [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$\lambda_{0,y} = 0.8584222$  Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 6365.98$  [kN\*m] Rigidezza di rotazione iniziale [Tabella 6.12]

$S_{j,rig,y} = 6779.35$  [kN\*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$  SEMI-RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

#### Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$$k_{13,z} = E_c \sqrt{A_{c,z}} / (1.275 \cdot E)$$

$k_{13,z} = 19$  [mm] Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione [Tabella 6.11]

$l_{eff} = 32$  [mm] Lunghezza efficace per una singola fila di bulloni per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 8$  [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$$k_{15,z} = 0.425 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,z} = 90$  [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 161$  [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,z} = 1.6 \cdot A_b / L_b$$

$k_{16,z} = 2$  [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$\lambda_{0,z} = 0.8584222$  Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,z} = 9922.87$  [kN\*m] Rigidezza di rotazione iniziale [6.3.1.(4)]

$S_{j,rig,z} = 6779.35$  [kN\*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,z} \geq S_{j,rig,z}$  RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

Il componente più debole:

FONDAZIONE ALLO STRAPPO DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

|                                   |              |           |
|-----------------------------------|--------------|-----------|
| <b>Giunto conforme alla norma</b> | Coefficiente | 0.7712049 |
|-----------------------------------|--------------|-----------|

---

## 10.2 Unione trave-colonna

---

Scopo del presente paragrafo di relazione tecnica è la verifica del collegamento meccanico (tramite bulloni, saldature e contatti) di nodi in cui confluiscono aste in acciaio.

L'approccio seguito è quello genericamente definibile come a elementi finiti: l'insieme di aste ed elementi di collegamento viene modellato come un insieme di elementi finiti collegati da nodi. Ogni componente strutturale (asta, piastra, bullone, saldatura) è descritto da un particolare tipo di elemento finito, come sarà meglio specificato nel seguito, il che consente di ricavare deformate, sollecitazioni e tensioni; da tali grandezze sono poi ricavati i valori utilizzati nelle verifiche richieste dalla Normativa.

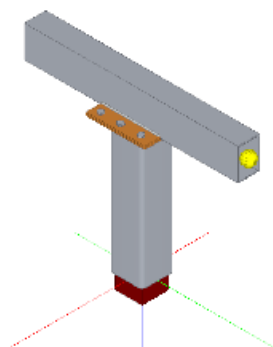
Il calcolo viene condotto con comportamento lineare di aste, piastre, bulloni e non lineare del materiale per le saldature a cordone d'angolo; la presenza di contatti resistenti solo a compressione garantisce che in ogni caso i bulloni non lavorino mai a compressione.

Si riportano di seguito le verifiche condotte su una connessione di geometria uguale a quella in esame, ma soggetta a sollecitazioni maggiori rispetto a quelle caratterizzanti la connessione della struttura in esame. Ci si trova quindi in una condizione a favore di sicurezza nei confronti delle verifiche di sicurezza.

### DESCRIZIONE GENERALE DEL COLLEGAMENTO

Connessione trave colonna mediante nodo non convenzionale. I due elementi da connettere tramite unione bullonata sono due tubolari cavi di forma rettangolare. L'unione consiste nel fissaggio di due piatti, ai due elementi, tramite saldatura e conseguente bullonatura dei piatti stessi.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione del collegamento oggetto della presente relazione:



**Vista tridimensionale del nodo**

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le fasi di analisi e verifica sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato, evidenziato nel prosieguo della presente relazione.

Normativa italiana:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G.U. 21 marzo 1974 n. 76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”. Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica. Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“Norme tecniche per le Costruzioni”.

Inoltre, ad integrazione della norma precedente e per quanto non in contrasto con esse, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 35 11 febbraio 2019 - Suppl. Ord. n. 5) "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

Normativa europea:

**Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio e in particolare Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-1:** Regole generali e regole per edifici (anno 2004).

**Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-3:** Regole generali e regole aggiuntive per elementi piegati a freddo e lamiere (anno 2006).

**Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-5:** Elementi strutturali a lastra (anno 2007).

**Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-8:** Progetto dei collegamenti (anno 2004).

## METODOLOGIA DI CALCOLO

L'analisi numerica della struttura viene condotta con l'utilizzo del metodo degli elementi finiti (FEM). Il metodo degli elementi finiti consiste nel simulare il comportamento al continuo della struttura con un modello discreto equivalente.

Il modello del collegamento viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

La funzione di spostamento è approssimata da un polinomio algebrico, definito in regioni, in grado di interpolare il valore di spostamento definito in punti discreti (i nodi).

Le soluzioni vengono individuate tramite l'impiego di un modello completamente FEM che consente l'identificazione puntuale dello stato tensionale e deformativo di ciascun elemento del collegamento.

## **Piastre**

Le piastre vengono suddivise in elementi finiti (shell triangolari); sofisticate scritture dirette delle matrici di rigidezze di tali elementi consentono di raggiungere, con tali elementi triangolari, le stesse prestazioni di precisione e convergenza di elementi quadrangolari. La sezione è dotata di un unico strato omogeneo a comportamento elastico-lineare indefinito.

## **Aste**

Le aste (travi e pilastri) che schematizzano gli elementi strutturali tra cui realizzare la connessione, vengono suddivise in piastre. Valgono, pertanto, le medesime considerazioni fatte per le piastre.

## **Saldature**

Le saldature a cordone d'angolo sono modellate con una suddivisione nella direzione della loro lunghezza. In corrispondenza di ogni suddivisione viene inserito un elemento monodimensionale con concetti rigidi (la cui lunghezza è funzione dell'altezza di gola e i cui nodi di estremità sono posizionati sul piano medio delle piastre collegate) con capacità di resistere agli spostamenti lungo i tre assi locali, in tal modo si garantisce il calcolo delle sigma e delle tau (ortogonali e parallele) in un numero di posizioni a piacere. Gli elementi monodimensionali hanno un comportamento direttamente non lineare con un legame isotropo e simmetrico per trazione e compressione. La sollecitazione viene recuperata dalla lettura del legame costitutivo del materiale della saldatura. Analogamente la matrice di rigidezza viene di volta in volta valutata in base allo stato deformativo dell'elemento della saldatura.

Le saldature a completa penetrazione sono modellate come unioni così da ripristinare la completa solidarietà tra gli elementi connessi.

## **Bulloni**

I bulloni sono modellati come elementi monodimensionali, con formulazione adatta a cogliere il comportamento reale del bullone. A seconda del numero  $N$  di piastre collegate dal singolo bullone, quest'ultimo sarà suddiviso in  $N - 1$  elementi monodimensionali i cui nodi sono posizionati al centro del bullone e nel piano medio della generica piastra. La trasmissione degli sforzi dai bulloni alle piastre collegate è assicurata dalla presenza di link che uniscono opportunamente il nodo del bullone

ai nodi della piastra collegata. Questi link sono disposti a raggiera nel piano medio della piastra collegata. La presenza di contatti che lavorano solo a compressione tra le piastre collegate dal bullone garantisce che lo stesso non possa accorciarsi e quindi non lavori a compressione. Il comportamento degli elementi monodimensionali è a comportamento elastico-lineare indefinito.

## **Contatti**

I contatti vengono modellati tramite elementi monodimensionali a comportamento di tipo pendolare con nodo iniziale e finale sui piani medi delle piastre a contatto. Il legame costitutivo elastico-lineare indefinito è fornito solo a compressione, cosicché le piastre 'unite' da un contatto possono allontanarsi, ma non avvicinarsi. Le sollecitazioni calcolate per i contatti sono utilizzate per fornire diagrammi di pressioni di contatto agenti sulle piastre, ma non sono utilizzate nelle verifiche. Per mettere in conto l'effetto del contatto tra elementi è necessario introdurre gli elementi pendolo che reagiscono a sola compressione. La natura dissimmetrica tra trazione e compressione di questi elementi e quella delle saldature a cordone d'angolo rende il calcolo nativamente non lineare.

Per trovare la soluzione per una combinazione di carico viene adoperato lo schema iterativo di Newton-Raphson.

Per ciascuna combinazione di carico le sollecitazioni esterne vengono introdotte in percentuali prefissate e a scelta dell'utente. Per ogni percentuale di carico introdotta vengono eseguite delle iterazioni di equilibrio in cui la matrice di rigidezza del sistema complessivo, così come quella dei singoli elementi, viene aggiornata e quindi assemblata di volta in volta in base allo stato deformativo di tutti gli elementi coinvolti nel calcolo. Le iterazioni vengono interrotte:

- al raggiungimento di uno squilibrio complessivo tra sollecitazioni interne e carichi esterni inferiore a una prefissata percentuale di questi ultimi;
- al raggiungimento del 100% dei carichi applicati;
- al raggiungimento di condizioni di mancanza di equilibrio.

## **AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

Sulle aste sono applicate direttamente le azioni concentrate (Forze e Momenti) già combinate secondo le indicazioni di Normativa; per ogni Combinazione di Carico è possibile indicare se trattasi di Combinazione statica o sismica. Nello specifico, per il caso in esame, sono state considerate come

azioni, le caratteristiche interne della sollecitazione sulle aste convergenti al nodo, in prossimità di esso ed estrapolate dall'analisi strutturale condotta sull'intera struttura. Tali azioni sono intese come da involuppo e poi combinate fra di loro in modo da ottenere la massima configurazione di sollecitazione. I nodi trave colonna sono sempre della medesima tipologia, al netto del fatto che per quelli in corrispondenza dei pilastri esterni, solo una delle due travi fornisce degli sforzi dimensionanti. Il modello pertanto rimane il medesimo, ma sono state previste delle combinazioni opportune a considerare tale constatazione.

## MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

La modellazione del materiale degli elementi in acciaio segue la classica teoria dell'elasticità lineare; per cui il materiale è caratterizzato da un modulo elastico (E) e un modulo tagliante (G) ad eccezione dei seguenti materiali:

Materiale generico per elementi pendolari del contatto: comportamento elastico lineare indefinito a sola compressione con opportuna pendenza proporzionale alle rigidezze delle piastre in contatto;

Materiale acciaio saldature: adopera un legame isotropo sulla base di quanto proposto da Lesik e Kennedy nel documento pubblicato su "Canadian Journal of Civil Engineerig" 17 del 1990, "Ultimate strength of fillet welded connections loaded in plane", e il suo andamento è immediatamente non lineare.

## COMBINAZIONE DI CARICO

| <i>Combinazione di carico</i> |                  |               |                    |
|-------------------------------|------------------|---------------|--------------------|
| <b>IdComb</b>                 | <b>SL</b>        | <b>TipCrc</b> | <b>Descrizione</b> |
| 1                             | SLU Fondamentale | senza sisma   | Comb_1             |
| 2                             | SLU Fondamentale | senza sisma   | Comb_2             |
| 3                             | SLU Fondamentale | senza sisma   | Comb_3             |

### LEGENDA

### Combinazione di carico

| <b>IdComb</b>      | <b>SL</b>                                                                                                                                | <b>TipCrc</b> | <b>Descrizione</b> |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|
| <b>IdComb</b>      | Identificativo della combinazione di carico.                                                                                             |               |                    |
| <b>SL</b>          | Stato Limite (SLU: stato limite ultimo, SLE: stato limite di esercizio, SLD: stato limite di danno). [-] = Informazione non disponibile. |               |                    |
| <b>TipCrc</b>      | Tipologia di carico: [V] = statico, [S] = sismico.                                                                                       |               |                    |
| <b>Descrizione</b> | Descrizione della combinazione di carico.                                                                                                |               |                    |

## PIASTRE

| <b>Piastre</b>           |            |             |            |
|--------------------------|------------|-------------|------------|
| <b>N<sub>plate</sub></b> | <b>Grp</b> | <b>Mtrl</b> | <b>Sps</b> |
|                          |            |             | [mm]       |
| P2-A                     | -          | S235        | 6          |
| P3-A                     | -          | S235        | 6          |
| P1-A                     | -          | S235        | 6          |

### LEGENDA

|                          |                                                       |
|--------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>N<sub>plate</sub></b> | Numero identificativo della piastra.                  |
| <b>Grp</b>               | Gruppo di appartenenza della piastra, se singola [-]. |
| <b>Mtrl</b>              | Identificativo del materiale.                         |
| <b>Sps</b>               | Spessore della piastra.                               |

## BULLONI

### Bulloni

| <b>N<sub>bull</sub></b> | <b>Classe</b> | <b>Piastre</b> | <b>d</b> | <b>d<sub>h</sub></b> | <b>d<sub>0</sub></b> | <b>d<sub>d</sub></b> | <b>A<sub>nom</sub></b> | <b>A<sub>Res</sub></b> |
|-------------------------|---------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
|                         |               |                | [mm]     | [mm]                 | [mm]                 | [mm]                 | [mm <sup>2</sup> ]     | [mm <sup>2</sup> ]     |
| B1-A                    | Classe 8.8    | P3-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |
| B3-A                    | Classe 8.8    | P3-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |
| B6-A                    | Classe 8.8    | P2-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |
| B2-A                    | Classe 8.8    | P3-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |
| B5-A                    | Classe 8.8    | P2-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |
| B4-A                    | Classe 8.8    | P2-A, P1-A     | 12.00    | 19.00                | 13.00                | 19.00                | 113.10                 | 84.00                  |

### LEGENDA

|                         |                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>N<sub>bull</sub></b> | Numero progressivo del bullone nel collegamento di appartenenza. |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|

## Bulloni

| N <sub>bull</sub>      | Classe                                                     | Piastre | d | d <sub>h</sub> | d <sub>0</sub> | d <sub>d</sub> | A <sub>nom</sub> | A <sub>Res</sub> |
|------------------------|------------------------------------------------------------|---------|---|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>Classe</b>          | Classe del bullone.                                        |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>Piastre</b>         | Identificativo delle piastre a cui è associato il bullone. |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>d</b>               | Diametro nominale del bullone                              |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>d<sub>h</sub></b>   | Diametro della testa del bullone.                          |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>d<sub>0</sub></b>   | Diametro del foro.                                         |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>d<sub>d</sub></b>   | Diametro del dado.                                         |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>A<sub>nom</sub></b> | Area nominale del bullone                                  |         |   |                |                |                |                  |                  |
| <b>A<sub>Res</sub></b> | Area Resistente del Bullone                                |         |   |                |                |                |                  |                  |

## GEOMETRIA CORDONI

### Geometria cordoni

| N <sub>Cor</sub> | Mtrl | Cat | TS | s    | a    | L    | β <sub>1</sub> | β <sub>2</sub> | β <sub>w</sub> |
|------------------|------|-----|----|------|------|------|----------------|----------------|----------------|
|                  |      |     |    | [mm] | [mm] | [mm] |                |                |                |
| S2-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 220  | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S1-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 220  | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S4-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 220  | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S5-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 76   | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S3-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 220  | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S7-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 76   | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S6-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 76   | 0.70           | 0.85           | 0.85           |
| S8-A             | 5    | 1   | 3  | 4    | 2.83 | 76   | 0.70           | 0.85           | 0.85           |

### LEGENDA

|                        |                                                                                     |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>N<sub>Cor</sub></b> | Numero progressivo del cordone di saldatura.                                        |
| <b>Mtrl</b>            | Identificativo del materiale.                                                       |
| <b>Cat</b>             | Categoria di saldatura: 1 = "d'angolo"; 2 = "a completa penetrazione".              |
| <b>TS</b>              | Tipo sezione di gola della saldatura: 1 = "Lineare"; 2 = "Concava"; 3 = "Convessa". |
| <b>s</b>               | Spessore del cordone.                                                               |
| <b>a</b>               | Altezza della sezione di gola.                                                      |
| <b>L</b>               | Lunghezza del cordone di saldatura.                                                 |
| <b>β<sub>1</sub></b>   | Coefficiente di efficienza della saldatura β <sub>1</sub> .                         |
| <b>β<sub>2</sub></b>   | Coefficiente di efficienza della saldatura β <sub>2</sub> .                         |

### Geometria cordoni

| N <sub>Cor</sub> | M <sub>trl</sub> | Cat | TS | s | a | L | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_w$ |
|------------------|------------------|-----|----|---|---|---|-----------|-----------|-----------|
|------------------|------------------|-----|----|---|---|---|-----------|-----------|-----------|

$\beta_w$  Fattore di correlazione.

### FORZE APPLICATE

#### Forze applicate

| Id <sub>Comb</sub> | N <sub>beam</sub> | Sez | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
|--------------------|-------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                    |                   |     | [N]            | [N]            | [N]            | [Nm]           | [Nm]           | [Nm]           |
| 1                  | T1-A              | I   | 0              | 0              | -23            | -21            | 0              | 0              |
| 2                  | T1-A              | I   | 0              | 0              | 23             | 7              | 0              | 0              |
| 1                  | T1-A              | F   | 0              | 0              | -23            | 22             | 0              | 0              |
| 2                  | T1-A              | F   | 0              | 0              | 23             | -7             | 0              | 0              |
| 3                  | T1-A              | F   | 0              | 0              | 16             | -4             | 0              | 0              |

### LEGENDA

|                          |                                                                   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Id<sub>Comb</sub></b> | Identificativo della combinazione di carico.                      |
| <b>N<sub>beam</sub></b>  | Numero identificativo del profilato.                              |
| <b>Sez</b>               | Sezione di applicazione delle forze: [I]= Iniziale o [F]= Finale. |
| <b>F<sub>x</sub></b>     | Forza lungo l'asse X.                                             |
| <b>F<sub>y</sub></b>     | Forza lungo l'asse Y.                                             |
| <b>F<sub>z</sub></b>     | Forza lungo l'asse Z.                                             |
| <b>M<sub>x</sub></b>     | Momento intorno all'asse X.                                       |
| <b>M<sub>y</sub></b>     | Momento intorno all'asse Y.                                       |
| <b>M<sub>z</sub></b>     | Momento intorno all'asse Z.                                       |

### VERIFICA BULLONI

#### Verifica Bulloni

| N <sub>Bull</sub> | n <sub>sez,b</sub> | TP | Id <sub>C-V</sub> | F <sub>V,Ed2</sub> | F <sub>V,Ed3</sub> | F <sub>V,Ed</sub> | F <sub>V,Rd</sub> | CS <sub>V</sub> | Id <sub>C-T</sub> | F <sub>T,Ed</sub> | F <sub>T,Rd</sub> | CS <sub>T</sub> | Id <sub>C-VT</sub> | CS <sub>VT</sub> |
|-------------------|--------------------|----|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|
|                   |                    |    |                   | [N]                | [N]                | [N]               | [N]               |                 |                   | [N]               | [N]               |                 |                    |                  |
| B1-A              | 1                  | 2  | 1                 | -2                 | -5                 | 5                 | 43.429            | [NS]            | 2                 | 9                 | 48.384            | [NS]            | 2                  | [NS]             |
| B3-A              | 1                  | 2  | 1                 | -3                 | 5                  | 5                 | 43.429            | [NS]            | 2                 | 14                | 48.384            | [NS]            | 2                  | [NS]             |
| B6-A              | 1                  | 2  | 2                 | 4                  | -2                 | 4                 | 43.429            | [NS]            | 3                 | 0                 | 48.384            | [NS]            | 3                  | [NS]             |
| B2-A              | 1                  | 2  | 1                 | -5                 | 0                  | 5                 | 43.429            | [NS]            | 2                 | 21                | 48.384            | [NS]            | 2                  | [NS]             |
| B5-A              | 1                  | 2  | 2                 | 5                  | 0                  | 5                 | 43.429            | [NS]            | 3                 | 0                 | 48.384            | [NS]            | 2                  | [NS]             |

### Verifica Bulloni

| N <sub>Bull</sub> | n <sub>sez,b</sub> | TP | Id <sub>C-V</sub> | F <sub>V,Ed2</sub> | F <sub>V,Ed3</sub> | F <sub>V,Ed</sub> | F <sub>V,Rd</sub> | CS <sub>V</sub> | Id <sub>C-T</sub> | F <sub>T,Ed</sub> | F <sub>T,Rd</sub> | CS <sub>T</sub> | Id <sub>C-VT</sub> | CS <sub>VT</sub> |
|-------------------|--------------------|----|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| B4-A              | 1                  | 2  | 2                 | 3                  | 2                  | 4                 | 43.429            | [NS]            | 1                 | 0                 | 48.384            | [NS]            | 2                  | [NS]             |

### LEGENDA

|                          |                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>N<sub>Bull</sub></b>  | Numero progressivo del bullone nel collegamento di appartenenza.                                                                                                                          |
| <b>Id<sub>C</sub></b>    | Identificativo della combinazione di carico, V: per la verifica a taglio; T: per la verifica a trazione; VT: per la verifica combinata a taglio e trazione.                               |
| <b>n<sub>sez,b</sub></b> | Nel caso in cui il bullone sia interessato da più piani di taglio, indica l'indice della sezione più sollecitata (che ha dato il minimo coefficiente di sicurezza per taglio e trazione). |
| <b>TP</b>                | Tipologia della sezione di verifica a taglio: 1 = "Parte filettata"; 2 = "Parte non filettata (Gambo)".                                                                                   |
| <b>F<sub>V,Ed2</sub></b> | Forza di taglio sollecitante di progetto in direzione 2.                                                                                                                                  |
| <b>F<sub>V,Ed3</sub></b> | Forza di taglio sollecitante in direzione 3.                                                                                                                                              |
| <b>F<sub>V,Ed</sub></b>  | Forza di taglio sollecitante di progetto.                                                                                                                                                 |
| <b>F<sub>V,Rd</sub></b>  | Forza di taglio resistente di progetto.                                                                                                                                                   |
| <b>CS<sub>V</sub></b>    | Coefficiente di sicurezza a Taglio. ([NS] = Non significativo per valori di CS ≥ 100; [VNR] = Verifica non richiesta.)                                                                    |
| <b>F<sub>T,Ed</sub></b>  | Forza di trazione sollecitante di progetto.                                                                                                                                               |
| <b>F<sub>T,Rd</sub></b>  | Forza di trazione resistente di progetto.                                                                                                                                                 |
| <b>CS<sub>T</sub></b>    | Coefficiente di sicurezza a Trazione. ([NS] = Non significativo per valori di CS ≥ 100; [VNR] = Verifica non richiesta.)                                                                  |
| <b>CS<sub>VT</sub></b>   | Coefficiente di sicurezza della verifica combinata a Taglio e Trazione. ([NS] = Non significativo per valori di CS ≥ 100; [VNR] = Verifica non richiesta.)                                |

### VERIFICA A PUNZONAMENTO

#### Verifica a punzonamento

| Id <sub>Pst</sub> | Id <sub>Comb</sub> | N <sub>bull</sub> | d <sub>m</sub> | N <sub>Ed</sub> | B <sub>P,Rd</sub> | CS   |
|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|------|
|                   |                    |                   | [mm]           | [N]             | [N]               |      |
| P2                | -                  |                   | 0.00           | 0               | 0                 | -    |
| P3                | 2                  | B2-A              | 19.00          | 21              | 61.887            | [NS] |
| P1                | 2                  | B2-A              | 19.00          | 21              | 61.887            | [NS] |

### LEGENDA

|                          |                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Id<sub>Pst</sub></b>  | Identificativo della piastra.                |
| <b>Id<sub>Comb</sub></b> | Identificativo della combinazione di carico. |

### Verifica a punzonamento

| Id <sub>Pst</sub> | Id <sub>Comb</sub> | N <sub>bull</sub>                                                                                              | d <sub>m</sub> | N <sub>Ed</sub> | B <sub>P,Rd</sub> | CS |
|-------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|----|
| N <sub>bull</sub> |                    | Numero progressivo del bullone nel collegamento di appartenenza.                                               |                |                 |                   |    |
| d <sub>m</sub>    |                    | Diametro punzonante.                                                                                           |                |                 |                   |    |
| N <sub>Ed</sub>   |                    | Trazione sollecitante.                                                                                         |                |                 |                   |    |
| B <sub>P,Rd</sub> |                    | Resistenza a Punzonamento di Progetto                                                                          |                |                 |                   |    |
| CS                |                    | "Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta)." |                |                 |                   |    |

## VERIFICA A RIFOLLAMENTO

### Verifica a Rifollamento

| Id <sub>Pst</sub> | Id <sub>Comb</sub> | Dir | N <sub>Bull</sub> | V <sub>Ed</sub> | F <sub>b,Rd</sub> | e <sub>1</sub> | e <sub>2</sub> | p <sub>1</sub> | p <sub>2</sub> | α    | k    | CS   |
|-------------------|--------------------|-----|-------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|------|
|                   |                    |     |                   | [N]             | [N]               | [mm]           | [mm]           | [mm]           | [mm]           |      |      |      |
| P2                | 2                  | -   | B5-A              | 5               | 46.523            | 35             | -              | [NS]           | 75             | 0.90 | 2.50 | [NS] |
| P3                | 2                  | -   | B2-A              | 4               | 33.231            | 25             | -              | [NS]           | 75             | 0.64 | 2.50 | [NS] |
| P1                | 1                  | -   | B2-A              | 5               | 33.231            | 25             | -              | [NS]           | 75             | 0.64 | 2.50 | [NS] |

### LEGENDA

|                    |                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Id <sub>Pst</sub>  | Identificativo della piastra.                                                                                                                                                                                                 |
| Id <sub>Comb</sub> | Identificativo della combinazione di carico.                                                                                                                                                                                  |
| Dir                | Direzione di verifica: "1" o "2" rispetto agli assi del riferimento locale della piastra nel caso di verifica eseguita con i due tagli distinti; "-" nel caso di verifica effettuata lungo la somma vettoriale dei due tagli. |
| N <sub>Bull</sub>  | Numero progressivo del bullone nel collegamento di appartenenza.                                                                                                                                                              |
| V <sub>Ed</sub>    | Taglio Sollecitante di Progetto per la Verifica a Rifollamento                                                                                                                                                                |
| F <sub>b,Rd</sub>  | Forza Resistente a Rifollamento di Progetto                                                                                                                                                                                   |
| e <sub>1</sub>     | Distanza del foro dal bordo nella direzione di sollecitazione.                                                                                                                                                                |
| e <sub>2</sub>     | Distanza del foro dal bordo nella direzione ortogonale alla sollecitazione.                                                                                                                                                   |
| p <sub>1</sub>     | Interasse tra i bulloni nella direzione di sollecitazione.                                                                                                                                                                    |
| p <sub>2</sub>     | Interasse tra i bulloni nella direzione ortogonale alla sollecitazione.                                                                                                                                                       |
| α                  | Coefficiente α .                                                                                                                                                                                                              |
| k                  | Coefficiente k                                                                                                                                                                                                                |
| CS                 | "Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta)."                                                                                                                |

## VERIFICA TENSIONI

| IdComb | IdPst | $\sigma_d$           | $\sigma_{amm}$       | CS   |
|--------|-------|----------------------|----------------------|------|
|        |       | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |      |
| 1      | P2    | 0.15                 | 223.81               | [NS] |
| 2      | P3    | 0.45                 | 223.81               | [NS] |
| 3      | P1    | 0.47                 | 223.81               | [NS] |

### LEGENDA

|                                  |                                                                                                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IdComb</b>                    | Identificativo della combinazione di carico.                                                                        |
| <b>IdPst</b>                     | Identificativo della piastra.                                                                                       |
| <b><math>\sigma_d</math></b>     | Tensione di progetto.                                                                                               |
| <b><math>\sigma_{amm}</math></b> | Tensione ammissibile.                                                                                               |
| <b>CS</b>                        | "Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo per valori di CS $\geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta)." |

## VERIFICA SALDATURA (SEZIONE RIBALTATA)

### Verifica saldatura (Sezione Ribaltata)

| N <sub>Cor</sub> | n <sub>1</sub>       | t <sub>1</sub>       | t <sub>  </sub>      | IdComb1 | $\sigma_{Ed,1}$      | $\sigma_{Rd,1}$      | CS <sub>1</sub> | IdComb2 | $\sigma_{Ed,2}$      | $\sigma_{Rd,2}$      | CS <sub>2</sub> |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|-----------------|---------|----------------------|----------------------|-----------------|
|                  | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |                 |         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |                 |
| S4-A             | -0.10                | -0.07                | -0.01                | 1       | 0.19                 | 164.50               | [NS]            | 2       | 0.16                 | 199.75               | [NS]            |
| S5-A             | -0.07                | -0.21                | 0.08                 | 2       | 0.23                 | 164.50               | [NS]            | 2       | 0.28                 | 199.75               | [NS]            |
| S3-A             | -0.01                | 0.06                 | -0.08                | 1       | 0.11                 | 164.50               | [NS]            | 1       | 0.07                 | 199.75               | [NS]            |
| S7-A             | -0.01                | -0.31                | -0.10                | 3       | 0.32                 | 164.50               | [NS]            | 3       | 0.31                 | 199.75               | [NS]            |
| S6-A             | -0.05                | -0.32                | -0.10                | 2       | 0.34                 | 164.50               | [NS]            | 2       | 0.37                 | 199.75               | [NS]            |
| S8-A             | -0.09                | -0.52                | 0.16                 | 3       | 0.55                 | 164.50               | [NS]            | 3       | 0.61                 | 199.75               | [NS]            |
| S1-A             | 0.03                 | -0.11                | -0.02                | 1       | 0.11                 | 164.50               | [NS]            | 3       | 0.13                 | 199.75               | [NS]            |

### LEGENDA

|                                   |                                                                    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>N<sub>Cor</sub></b>            | Numero progressivo del cordone di saldatura.                       |
| <b>n<sub>1</sub></b>              | Tensione normale ortogonale all'asse del cordone di saldatura.     |
| <b>t<sub>1</sub></b>              | Tensione tangenziale ortogonale all'asse del cordone di saldatura. |
| <b>t<sub>  </sub></b>             | Tensione tangenziale parallela all'asse del cordone di saldatura.  |
| <b>IdComb1</b>                    | Identificativo della combinazione di carico per la condizione 1.   |
| <b><math>\sigma_{Ed,1}</math></b> | Tensione sollecitante per la condizione 1.                         |
| <b><math>\sigma_{Rd,1}</math></b> | Tensione resistente per la condizione 1.                           |

### Verifica saldatura (Sezione Ribaltata)

| N <sub>Cor</sub>        | n <sub>1</sub>                                                                                                                                            | t <sub>1</sub> | t <sub>  </sub> | IdComb1 | σ <sub>Ed,1</sub> | σ <sub>Rd,1</sub> | CS <sub>1</sub> | IdComb2 | σ <sub>Ed,2</sub> | σ <sub>Rd,2</sub> | CS <sub>2</sub> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------|
| <b>CS<sub>1</sub></b>   | Coefficiente di sicurezza per la condizione 1.                                                                                                            |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |
| <b>IdComb2</b>          | Identificativo della combinazione di carico per la condizione 2.                                                                                          |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |
| <b>σ<sub>Ed,2</sub></b> | Tensione sollecitante per la condizione 2.                                                                                                                |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |
| <b>σ<sub>Rd,2</sub></b> | Tensione resistente per la condizione 2.                                                                                                                  |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |
| <b>CS<sub>2</sub></b>   | Coefficiente di sicurezza per la condizione 2.                                                                                                            |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |
| <b>Nota:</b>            | Vengono riportate solo le tensioni (n <sub>1</sub> ; t <sub>1</sub> ; t <sub>  </sub> ) che hanno fornito il CS minore tra le due condizioni di verifica. |                |                 |         |                   |                   |                 |         |                   |                   |                 |

Si riportano di seguito i risultati di maggiore interesse.

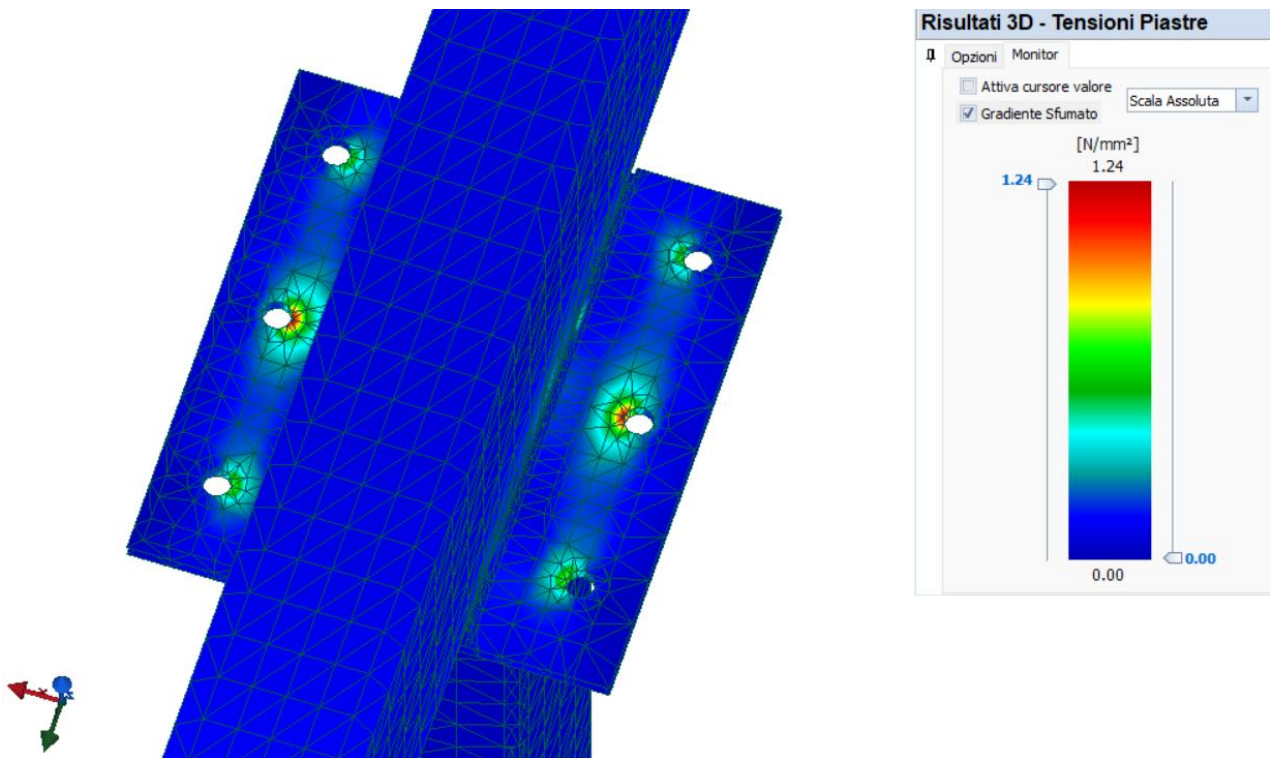


Figura 52 - Tensione piastre alla Von Mises Comb. 2

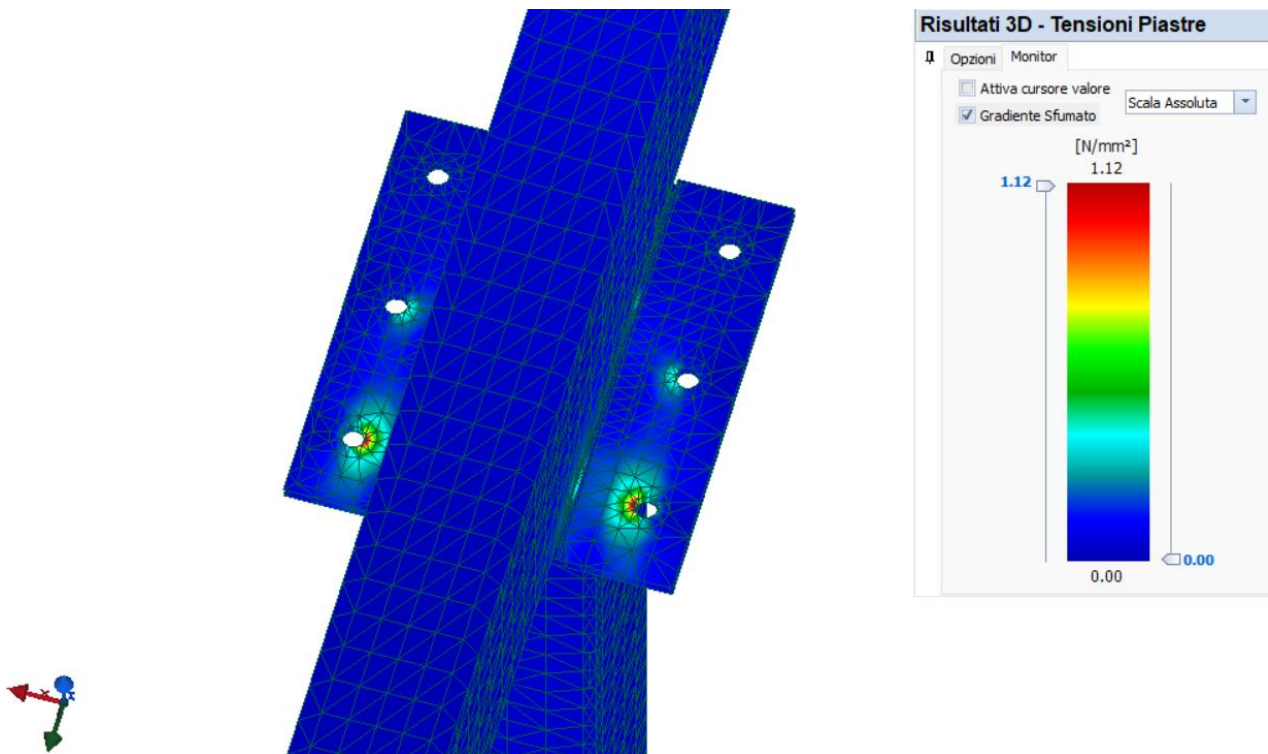


Figura 53 - Tensione piastre alla Von Mises Comb. 3.

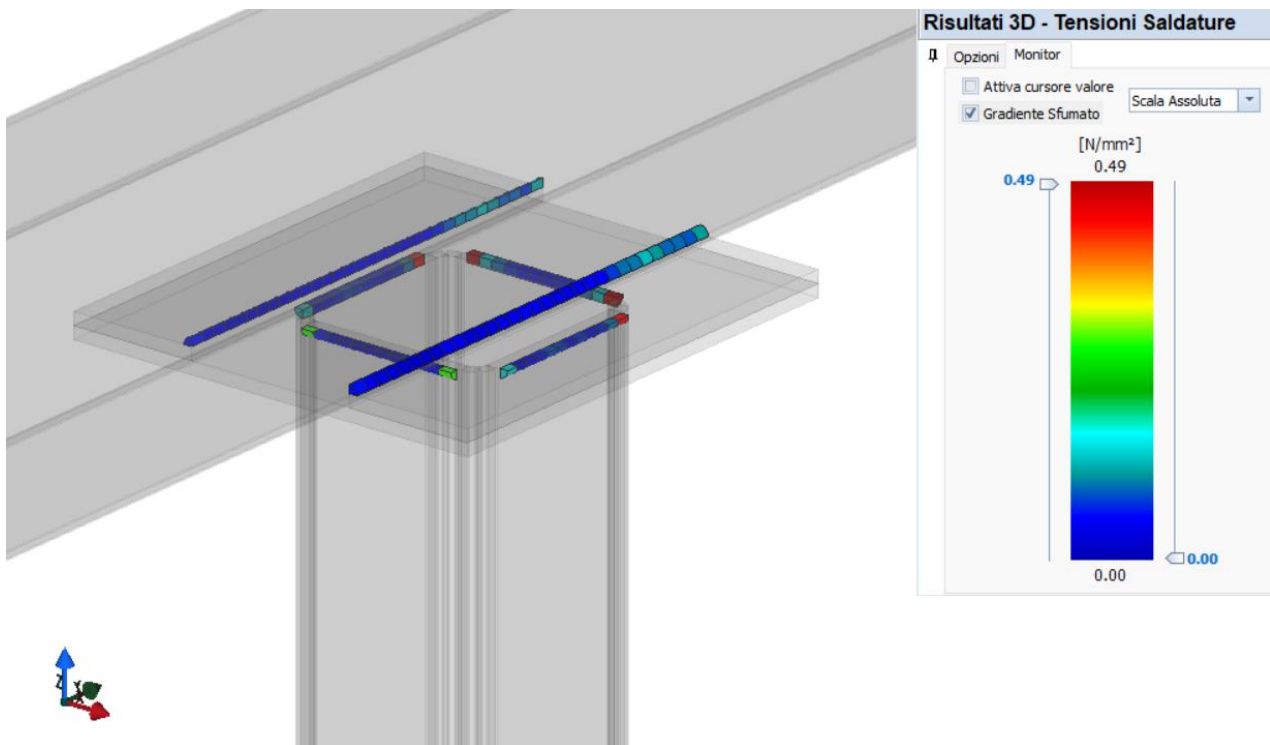


**Figura 54 - Tensioni saldature Comb. 3**

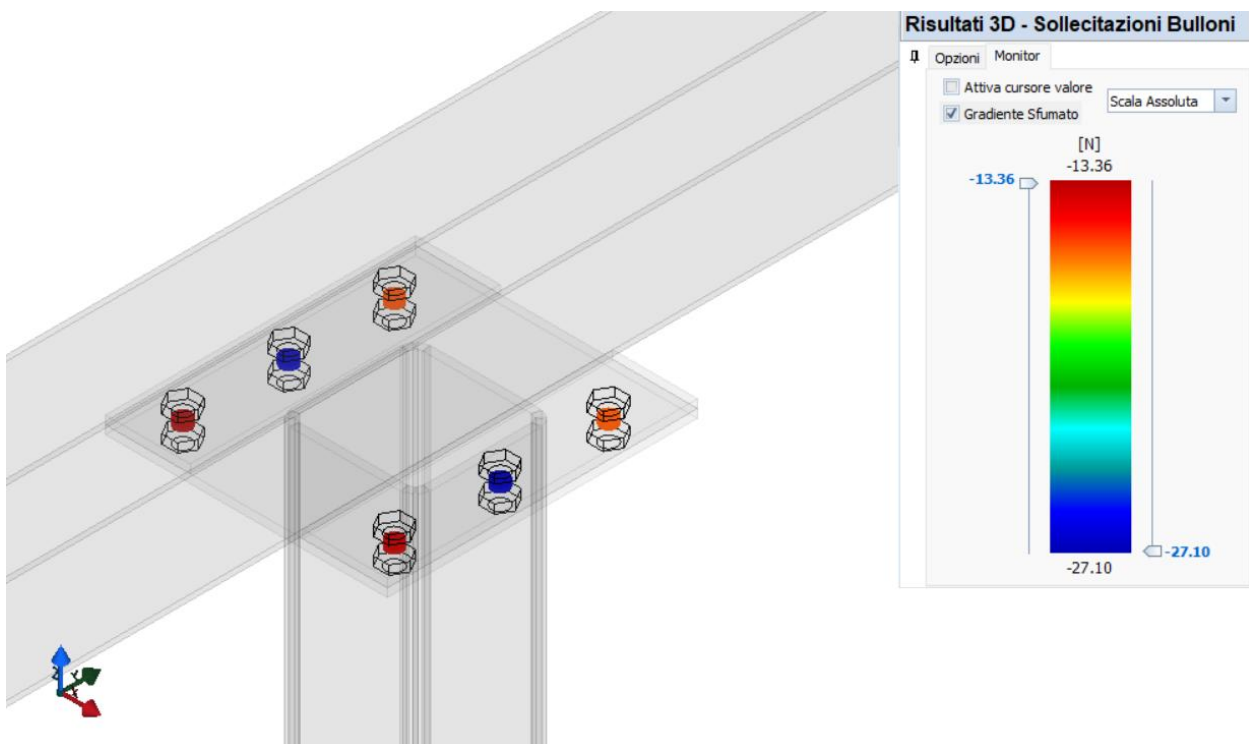


**Figura 55 – Sforzo normale sui bulloni Comb.2**

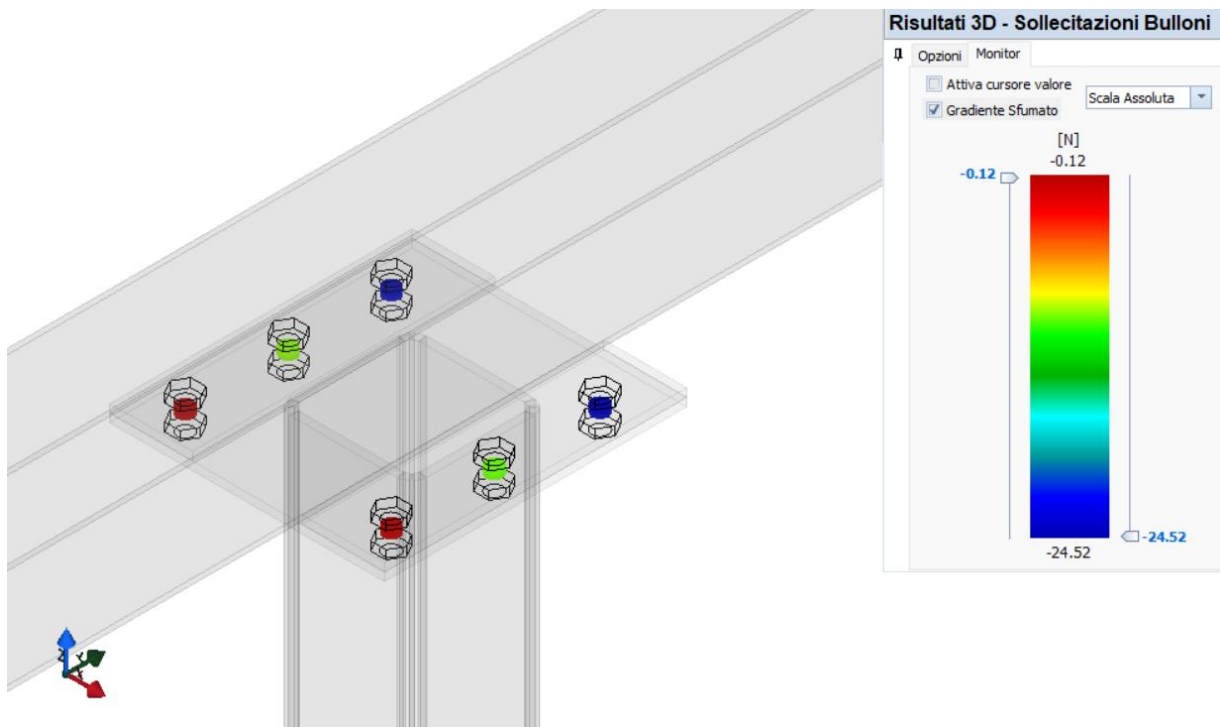


**Figura 56 - Sforzo normale sui bulloni Comb.3**

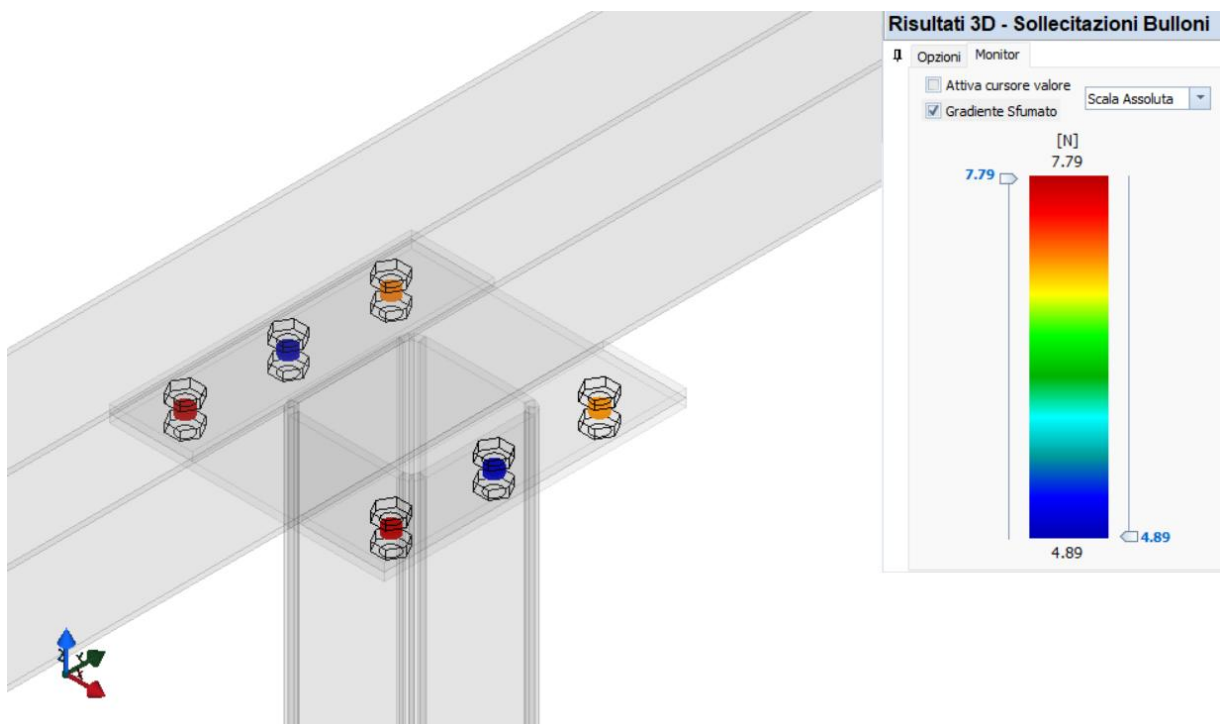


**Figura 57 - Taglio sui bulloni Comb.3**

---

## **CODICE DI CALCOLO**

---

Il codice di calcolo utilizzato in fase di analisi strutturale e verifica è Robot Structural Analysis della casa Autodesk.



Comune  
**Noceto**  
Provincia  
**Parma**



Opera:

## Realizzazione di una tettoia metallica nel Centro di raccolta rifiuti differenziati del comune di Noceto in Via F.lli Canvelli

Codice di sito-Codice di impianto:

-

Livello di progettazione:

**ESECUTIVO**

Codice di sistema:

-

Tipologia e disciplina:

**STR - RM**

Progressivo e revisione:

-

Formato di stampa:

**A4**

Scala:

-

ID Progetto:

26 - 004 Noceto (PR)

Codifica documento:

Titolo documento (estensione file):

**RELAZIONE SUI MATERIALI**

|      |             |                 |                  |             |           |
|------|-------------|-----------------|------------------|-------------|-----------|
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
| #    | Aprile 2026 | PRIMA EMISSIONE | Ferrarini Andrea | C.U.        | C.U.      |
| Rev. | Data        | Descrizione     | Redatto          | Controllato | Approvato |

Committenza:



IREN Ambiente S.p.A.  
Sede Legale: Strada Borgoforte, 22, 29122 Piacenza  
Tel: 0523.605026 / Fax 0523. 505128 e-mail: iren@gruppoiren.it

Redatto:



Dati societari:

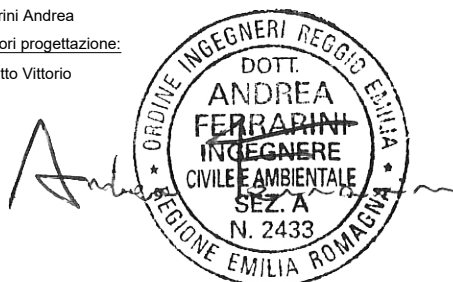
Alfa Solutions S.p.A.  
Viale B. Ramazzini, 39/D - 42124 Reggio Emilia RE - Italy  
P.IVA IT 02863660359 - C.F. 01425830351 - SDI: UWR7WJY  
T. 0522 550905 - [www.alfa-solutions.it](http://www.alfa-solutions.it) - [info@alfa-solutions.it](mailto:info@alfa-solutions.it)  
Reg. Imprese CCIAA di RE n. 01425830351 - REA n: 184111  
Società sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A.

Responsabile progetto:

Ing. Ferrarini Andrea

Collaboratori progettazione:

Ing. Leprotto Vittorio



## **RELAZIONE SUI MATERIALI**

## Sommario

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO .....</b>                      | <b>3</b>  |
| 1.1. ACCIAIO DA CARPENTERIA.....                                                 | 3         |
| 1.2. BULLONI .....                                                               | 4         |
| <b>2. SPECIFICHE ACCIAIO .....</b>                                               | <b>5</b>  |
| 2.1. CONTROLLI.....                                                              | 5         |
| 2.2. CONTROLLI DI PRODUZIONE IN STABILIMENTO E PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE ..... | 5         |
| 2.3. IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI .....           | 10        |
| 2.4. FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO .....                         | 12        |
| 2.5. CENTRI DI TRASFORMAZIONE .....                                              | 13        |
| <b>3. PRESCRIZIONI ESECUTIVE .....</b>                                           | <b>16</b> |
| 3.1. COLLEGAMENTI BULLONATI E SALDATI .....                                      | 16        |
| 3.2. ANCORAGGI ALLA FONDAZIONE ESISTENTE .....                                   | 16        |

## 1. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Di seguito si riportano le informazioni relative all'elenco dei materiali impiegati, alle loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, i cui valori dei parametri caratteristici sono di seguito elencati in forma tabellare e quindi estrapolati dagli applicativi per l'inserimento dei materiali, del software di calcolo utilizzato.

### 1.1. Acciaio da carpenteria

Per la struttura oggetto della presente verrà utilizzato come unico materiale l'acciaio S275.

Si riporta un estratto delle NTC 2018, in cui si indicano le resistenze meccaniche dei diversi acciai in funzione di range di spessori specifici.

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento |                               |                               |                               |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                           |                               | 40 mm < t ≤ 80 mm             |                               |
|                              | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]       | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
| UNI EN 10025-2               |                                     |                               |                               |                               |
| S 235                        | 235                                 | 360                           | 215                           | 360                           |
| S 275                        | 275                                 | 430                           | 255                           | 410                           |
| S 355                        | 355                                 | 510                           | 335                           | 470                           |
| S 450                        | 440                                 | 550                           | 420                           | 550                           |
| UNI EN 10025-3               |                                     |                               |                               |                               |
| S 275 N/NL                   | 275                                 | 390                           | 255                           | 370                           |
| S 355 N/NL                   | 355                                 | 490                           | 335                           | 470                           |
| S 420 N/NL                   | 420                                 | 520                           | 390                           | 520                           |
| S 460 N/NL                   | 460                                 | 540                           | 430                           | 540                           |
| UNI EN 10025-4               |                                     |                               |                               |                               |
| S 275 M/ML                   | 275                                 | 370                           | 255                           | 360                           |
| S 355 M/ML                   | 355                                 | 470                           | 335                           | 450                           |
| S 420 M/ML                   | 420                                 | 520                           | 390                           | 500                           |
| S 460 M/ML                   | 460                                 | 540                           | 430                           | 530                           |
| S460 Q/QL/QL1                | 460                                 | 570                           | 440                           | 580                           |
| UNI EN 10025-5               |                                     |                               |                               |                               |
| S 235 W                      | 235                                 | 360                           | 215                           | 340                           |
| S 355 W                      | 355                                 | 510                           | 335                           | 490                           |

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento |                               |                               |                               |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | t ≤ 40 mm                           |                               | 40 mm < t ≤ 80 mm             |                               |
|                              | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]       | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
| UNI EN 10210-1               |                                     |                               |                               |                               |
| S 235 H                      | 235                                 | 360                           | 215                           | 340                           |
| S 275 H                      | 275                                 | 430                           | 255                           | 410                           |
| S 355 H                      | 355                                 | 510                           | 335                           | 490                           |
| S 275 NH/NLH                 | 275                                 | 390                           | 255                           | 370                           |
| S 355 NH/NLH                 | 355                                 | 490                           | 335                           | 470                           |
| S 420 NH/NLH                 | 420                                 | 540                           | 390                           | 520                           |
| S 460 NH/NLH                 | 460                                 | 560                           | 430                           | 550                           |
| UNI EN 10219-1               |                                     |                               |                               |                               |
| S 235 H                      | 235                                 | 360                           |                               |                               |
| S 275 H                      | 275                                 | 430                           |                               |                               |
| S 355 H                      | 355                                 | 510                           |                               |                               |
| S 275 NH/NLH                 | 275                                 | 370                           |                               |                               |
| S 355 NH/NLH                 | 355                                 | 470                           |                               |                               |
| S 275 MH/MLH                 | 275                                 | 360                           |                               |                               |
| S 355 MH/MLH                 | 355                                 | 470                           |                               |                               |
| S 420 MH/MLH                 | 420                                 | 500                           |                               |                               |
| S460 MH/MLH                  | 460                                 | 530                           |                               |                               |
| S460 NH/NHL                  | 460                                 | 550                           |                               |                               |

In sede di progettazione si assumono in modo convenzionale i seguenti valori nominali per l'acciaio:

- Modulo elastico  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità tangenziale  $G = E/[2(1+\nu)] \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.3$
- Coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} (T < 100^\circ)$
- Densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**[12] – CARPENTERIA METALLICA**

| Acciaio Fe360 - S235 |   |                                   |                |
|----------------------|---|-----------------------------------|----------------|
| Id                   | - | -                                 | u.m.           |
| 12                   |   | < MATERIALE NUOVO >               |                |
|                      |   | Tensione ft                       | 3600.0 daN/cm2 |
|                      |   | Tensione fy                       | 2350.0 daN/cm2 |
|                      |   | Coefficiente gammaM0 (resistenza) | 1.05           |
|                      |   | Coefficiente gammaM1 (stabilità)  | 1.05           |
|                      |   | Coefficiente gammaM2 (frattura)   | 1.25           |

## 1.2. Bulloni

Per quanto riguarda i bulloni o le barre filettate, si assumono i medesimi valori convenzionali, ad eccezione della resistenza meccanica, per cui si riporta un apposito elenco.

| Classe di resistenza | Resistenza alla trazione in $\text{N/mm}^2$ | Limite di snervamento / di allungamento dello 0,2% in $\text{N/mm}^2$ |
|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 4.6                  | 400                                         | 240                                                                   |
| 4.8                  | 400                                         | 320                                                                   |
| 5.8                  | 500                                         | 400                                                                   |
| 6.8                  | 600                                         | 480                                                                   |
| 8.8                  | 800                                         | 640                                                                   |
| 9.8                  | 900                                         | 720                                                                   |
| 10.9                 | 1'000                                       | 900                                                                   |
| 12.9                 | 1'200                                       | 1'080                                                                 |

## 2. SPECIFICHE ACCIAIO

---

### 2.1. Controlli

Le vigenti norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018 prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.
- Forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- Lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

### 2.2. Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione

Tutti gli acciai, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del Regolamento UE305/2011, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- copia della certificazione del sistema di gestione della qualità;
- indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- modalità di marchiatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito;
- descrizione delle condizioni generali di fabbricazione del prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, lamiere, laminati, ecc.);
- copia del manuale di qualità aziendale, coerente alla norma UNI EN ISO 9001;
- nel caso in cui il fabbricante non sia stabilito sul territorio dell'Unione europea, copia della nomina, mediante mandato scritto, del mandatario.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso.

Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura di un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR
- n. 380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del fabbricante secondo le procedure di cui al §11.3.1.4;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al
- 
- Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso pubblicamente disponibile;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile

depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane comunque l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda barre e rotoli.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo e, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è

responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti Norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

### **2.3. Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato. Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane comunque l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda barre e rotoli.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo e, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i

documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti Norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

## **2.4. Forniture e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla Norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" di cui al Regolamento UE 305/2011, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Il riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del fabbricante.

## **2.5. Centri di trasformazione**

Si definisce Centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al §11.3.1.5.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari previste dalle presenti norme.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi delle presenti Norme, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario. I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni riportate nel seguito per ciascuna tipologia di acciaio lavorato.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare, il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile. Il Direttore Tecnico dello stabilimento, nominato dal Centro di Trasformazione, dovrà essere abilitato all'esercizio di idonea professione tecnica. I centri di

trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando le tipologie di prodotti trasformati, l'organizzazione, i procedimenti di lavorazione, nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione. Ogni centro di trasformazione deve inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso; il sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve essere certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1. Nella dichiarazione di attività al Servizio Tecnico Centrale deve essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico del centro di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi delle presenti norme, sui controlli sui materiali. Il Servizio Tecnico Centrale, con il rilascio del relativo Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.

I centri di trasformazione sono tenuti a comunicare ogni variazione rispetto a quanto dichiarato in sede di presentazione della denuncia di attività. Il Servizio Tecnico Centrale provvede ad aggiornare l'elenco della documentazione necessaria ad ottenere l'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", in base ai progressi tecnici ed agli aggiornamenti normativi che dovessero successivamente intervenire.

I Centri di Trasformazione devono far eseguire da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 le prove indicate negli specifici paragrafi relativi a ciascun prodotto in acciaio (§11.3.2.10.3, § 11.3.3.5.3, § 11.3.4.11.2) e devono comunicare al Servizio Tecnico Centrale le eventuali variazioni apportate al processo di produzione depositato.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati, proveniente da un Centro di trasformazione, deve essere accompagnata:

a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

b) dall'attestazione inerente all'esecuzione delle prove di controllo interno di cui ai paragrafi specifici relativi a ciascun prodotto (§ 11.3.2.10.3, § 11.3.3.5.3, § 11.3.4.11.2), fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, può prendere visione del Registro di cui al § 11.3.2.10.3;

c) da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante ai sensi del §11.3.1.5 in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del Centro di trasformazione. Gli atti di cui sopra sono consegnati al collaudatore che, tra l'altro, riporta nel Certificato di collaudo gli estremi del Centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

Il Centro di trasformazione fornisce copia della documentazione di cui ai precedenti punti b) e c) in caso di richiesta delle competenti autorità di vigilanza. È prevista la sospensione o, nei casi più gravi o di recidiva, la revoca dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione" qualora il Servizio Tecnico Centrale accerti difformità fra i documenti forniti e l'attività effettivamente svolta, la non veridicità delle dichiarazioni prestate oppure la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica. I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal Servizio Tecnico Centrale.

### **3. PRESCRIZIONI ESECUTIVE**

---

#### **3.1. Collegamenti bullonati e saldati**

I collegamenti tra gli elementi in acciaio saranno eseguiti per saldatura e per bullonatura.

La realizzazione delle saldature è prevista a cordone d'angolo, con materiale d'apporto avente resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Le saldature saranno di classe I come definite nella UNI EN1011-2009, di riferimento secondo NTC18, punto 11.3.4.5, o equivalente prescrizione delle stesse NTC18. Saranno seguite le indicazioni di progetto e le prescrizioni di cui alla norma UNI EN ISO 4063:2001.

Per il metodo di saldatura ad elettrodo deve essere garantita la qualificazione del procedimento e del saldatore. In questo caso si prevede il controllo visivo sul 100% dei giunti, ed il controllo dei saldatori che entreranno in cantiere, i quali devono essere provvisti di regolare patentino.

I bulloni di classe 8.8, tipo variabile da M12 a M16, ad alta resistenza, sono previsti conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO4016-2002 e UNI 5592-1968, recanti la marchiatura CE. Viti e dadi saranno conformi alle prescrizioni della Tab. 11.3.XII.b delle Norme Tecniche ed associati come indicato nella Tab. 11.3.XII.a delle stesse Norme Tecniche.

Tolleranze dimensionali UNI EN 40/2 - UNI EN 10051. Protezione contro la corrosione mediante zincatura a caldo, ottenuta con il seguente ciclo: grassaggio; decapaggio; lavaggio; flussaggio; preriscaldamento; zincatura in zinco fuso a 440÷450 gradi centigradi, con percentuale minima di zinco nel bagno di zincatura  $\geq 98.5\%$ . Rivestimento ottenuto conforme alla norma UNI EN ISO 1461 con spessori minimi di 55 micron e medi di 70microns.

Saranno particolarmente protetti i collegamenti bullonati, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento. Anche gli elementi destinati ad essere incorporati nel getto di calcestruzzo saranno zincati a caldo.

Per la zincatura delle parti in acciaio, valgono le prescrizioni della norma EC 1-2010 UNI EN ISO 1461-2009, con materiale previsto dalla UNI EN 1179-2005.

#### **3.2. Ancoraggi alla fondazione esistente**

I collegamenti devono essere eseguiti con ANCORANTE CHIMICO accompagnato da Marcatura CE e Dichiarazione di Prestazione DoP. I collegamenti devono essere approvati dalla D.L. prima di iniziare i

lavori. In questa fase si prevede l'utilizzo di ancorante con WIT-UH 300 (Würth) o similari e barre d'ancoraggio a metro/S M16. L'Appaltatore deve seguire le modalità di posa riportate nella scheda tecnica ovvero a quanto indicato sul libretto delle istruzioni presente in ogni confezione della resina.



Comune  
**Noceto**  
Provincia  
**Parma**



Opera:

## Realizzazione di una tettoia metallica nel Centro di raccolta rifiuti differenziati del comune di Noceto in Via F.lli Canvelli

Codice di sito-Codice di impianto:

-

Livello di progettazione:

**ESECUTIVO**

Codice di sistema:

-

Tipologia e disciplina:

**STR - PdM**

Progressivo e revisione:

-

Formato di stampa:

**A4**

Scala:

-

ID Progetto:

26 - 004 Noceto (PR)

Codifica documento:

Titolo documento (estensione file):

**PIANO DI MANUTENZIONE**

|      |             |                 |                  |             |           |
|------|-------------|-----------------|------------------|-------------|-----------|
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
| #    | Aprile 2026 | PRIMA EMISSIONE | Ferrarini Andrea | C.U.        | C.U.      |
| Rev. | Data        | Descrizione     | Redatto          | Controllato | Approvato |

Committenza:



IREN Ambiente S.p.A.  
Sede Legale: Strada Borgoforte, 22, 29122 Piacenza  
Tel: 0523.605026 / Fax 0523. 505128 e-mail: iren@gruppoiren.it

Redatto:



Dati societari:

Alfa Solutions S.p.A.  
Viale B. Ramazzini, 39/D - 42124 Reggio Emilia RE - Italy  
P.IVA IT 02863660359 - C.F. 01425830351 - SDI: UWR7WJY  
T. 0522 550905 - [www.alfa-solutions.it](http://www.alfa-solutions.it) - [info@alfa-solutions.it](mailto:info@alfa-solutions.it)  
Reg. Imprese CCIAA di RE n. 01425830351 - REA n. 184111  
Società sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A.

Responsabile progetto:

Ing. Ferrarini Andrea

Collaboratori progettazione:

Ing. Leprotto Vittorio



# PIANO DI MANUTENZIONE

RELATIVO ALLE STRUTTURE

Comune di Noceto  
Provincia di Parma

|                               |                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>descrizione dell'opera</b> | Realizzazione di nuova tettoia metallica<br>nel CDR di Noceto |
| <b>indirizzo</b>              | Via F.lli Canvelli                                            |
| <b>committente</b>            | Iren Ambiente S.p.a.                                          |
| <b>progettista</b>            | Ing. Ferrarini Andrea                                         |
| <b>direttore dei lavori</b>   | Ing. Ferrarini Andrea                                         |
| <b>impresa</b>                | Giacomo Ghillani                                              |

Reggio nell'Emilia 01/04/2026

Il committente  
Iren Ambiente S.p.a.

Il progettista  
Ing. Ferrarini Andrea

---

---

Studio tecnico di progettazione  
Polaris engineering

|                              |                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| ELEMENTO<br>TECNICO          | Colonne in acciaio                                                                                                |                                                                                                               |                                                                                             |
|                              | descrizione                                                                                                       | Strutture verticali realizzate in profilo metallico.                                                          |                                                                                             |
| modalità uso                 | Trasferire le sollecitazioni statiche e sismiche trasmesse dai piani della sovrastruttura al piano di fondazione. |                                                                                                               |                                                                                             |
| anomalie possibili           | Corrosione acciaio                                                                                                |                                                                                                               |                                                                                             |
|                              | guasti                                                                                                            | Degrado che implica l'evolversi di un processo chimico con esfoliazione della superficie dell'elemento.       |                                                                                             |
|                              | controlli                                                                                                         | Distacco superficiale e formazione di colature di ruggine, aspetto degradato.                                 |                                                                                             |
|                              | cause                                                                                                             | Fattori esterni ambientali o climatici, incompatibilità dei materiali e dei componenti, mancata manutenzione. |                                                                                             |
|                              | intervento                                                                                                        | Rimozione della ruggine. Protezione con idoneo passivante e verniciatura anti ruggine.                        |                                                                                             |
| periodicità<br>dei controlli | Visiva                                                                                                            |                                                                                                               |                                                                                             |
|                              | descrizione                                                                                                       | Valutazione visiva per determinare presenza e dimensioni di anomalie.                                         |                                                                                             |
| interventi                   | frequenza                                                                                                         | quando occorre                                                                                                | <input checked="" type="checkbox"/> utente <input type="checkbox"/> personale specializzato |
|                              | Tinteggiatura                                                                                                     |                                                                                                               |                                                                                             |
|                              | descrizione                                                                                                       | Rinnovo finitura protettiva.                                                                                  |                                                                                             |
|                              | frequenza                                                                                                         | 5 anni                                                                                                        | <input type="checkbox"/> utente <input checked="" type="checkbox"/> personale specializzato |

Studio tecnico di progettazione  
Polaris engineering

|                     |                              |                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ELEMENTO<br>TECNICO |                              | Travi in acciaio                                                                                                                                                                                                                           |
|                     | descrizione                  | Strutture orizzontali o inclinate che trasferiscono i carichi a pilastri o pareti realizzate con profilati metallici.                                                                                                                      |
|                     | modalità uso                 | Trasferire i carichi dei solai alle strutture verticali. Gli elementi non devono essere manomessi in alcun modo pena la loro stabilità. E' vietata l'apertura di fori di qualsiasi genere se non predisposte direttamente in stabilimento. |
|                     | anomalie possibili           | Corrosione acciaio                                                                                                                                                                                                                         |
|                     | <i>guasti</i>                | Degrado che implica l'evolversi di un processo chimico con esfoliazione della superficie dell'elemento.                                                                                                                                    |
|                     | <i>controlli</i>             | Distacco superficiale e formazione di colature di ruggine, aspetto degradato.                                                                                                                                                              |
|                     | <i>cause</i>                 | Fattori esterni ambientali o climatici, incompatibilità dei materiali e dei componenti, mancata manutenzione.                                                                                                                              |
|                     | <i>intervento</i>            | Rimozione della ruggine. Protezione con idoneo passivante e verniciatura anti ruggine.                                                                                                                                                     |
|                     | periodicità<br>dei controlli | Visiva                                                                                                                                                                                                                                     |
|                     | <i>descrizione</i>           | Valutazione visiva per determinare presenza e dimensioni di anomalie.                                                                                                                                                                      |
|                     | <i>frequenza</i>             | quando occorre <input checked="" type="checkbox"/> utente <input type="checkbox"/> personale specializzato                                                                                                                                 |
|                     | interventi                   | Tinteggiatura                                                                                                                                                                                                                              |
|                     | <i>descrizione</i>           | Rinnovo finitura protettiva.                                                                                                                                                                                                               |
|                     | <i>frequenza</i>             | 5 anni <input type="checkbox"/> utente <input checked="" type="checkbox"/> personale specializzato                                                                                                                                         |



Comune  
**Noceto**  
Provincia  
**Parma**



Opera:

# Realizzazione di una tettoia metallica nel Centro di raccolta rifiuti differenziati del comune di Noceto in Via F.lli Canvelli

Codice di sito-Codice di impianto:

-

Livello di progettazione:

**ESECUTIVO**

Codice di sistema:

-

Tipologia e disciplina:

**STR - CME**

Progressivo e revisione:

-

Formato di stampa:

**A4**

Scala:

-

ID Progetto:

26 - 004 Noceto (PR)

Codifica documento:

Titolo documento (estensione file):

**COMPUTO METRICO**

|      |             |                 |                  |             |           |
|------|-------------|-----------------|------------------|-------------|-----------|
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
|      |             |                 |                  |             |           |
| #    | Aprile 2026 | PRIMA EMISSIONE | Ferrarini Andrea | C.U.        | C.U.      |
| Rev. | Data        | Descrizione     | Redatto          | Controllato | Approvato |

Committenza:



IREN Ambiente S.p.A.  
Sede Legale: Strada Borgoforte, 22, 29122 Piacenza  
Tel: 0523.605026 / Fax 0523. 505128 e-mail: iren@gruppoiren.it

Redatto:



Dati societari:

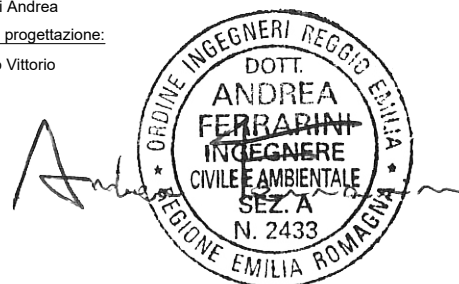
Alfa Solutions S.p.A.  
Viale B. Ramazzini, 39/D - 42124 Reggio Emilia RE - Italy  
P.IVA IT 02863660359 - C.F. 01425830351 - SDI: UWR7WJY  
T. 0522 550905 - [www.alfa-solutions.it](http://www.alfa-solutions.it) - [info@alfa-solutions.it](mailto:info@alfa-solutions.it)  
Reg. Imprese CCIAA di RE n. 01425830351 - REA n: 184111  
Società sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A.

Responsabile progetto:

Ing. Ferrarini Andrea

Collaboratori progettazione:

Ing. Leprotto Vittorio



| Nr. Ord. | TARIFFA   | DESIGNAZIONE DEI LAVORI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | MISURAZIONI: |       |       |        | Quantità | IMPORTI  |        |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|-------|--------|----------|----------|--------|
|          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Par.ug       | Lung. | Larg. | H/peso |          | unitario | TOTALE |
| 1        | IREN 2.04 | CARPENTERIA METALLICA - OPERE IN ACCIAIO E ALTRI MATERIALI (solo fornitura e costruzione in officina): Fornitura di carpenteria metallica leggera - acciaio comune<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>< |              |       |       |        |          |          |        |

|    |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |      |  |  |       |       |          |
|----|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|--|--|-------|-------|----------|
| 8  | IREN 1.02             | MANODOPERA PER LAVORI NON VALUTABILI A MISURA: Tariffa oraria operaio qualificato (4° liv. CCNL metalmeccanico o equivalente)                                                                                                                                                                                                                   |       |      |  |  |       |       |          |
|    |                       | MISURAZIONI:<br>Manodopera per montaggio                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 80.00 |      |  |  | 80.00 |       |          |
|    |                       | SOMMANO mc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |      |  |  | 80.00 | 34.73 | 2778.40  |
| 9  | IREN 1.01             | MANODOPERA PER LAVORI NON VALUTABILI A MISURA: Tariffa oraria operaio generico (3° liv. CCNL metalmeccanico o equivalente)                                                                                                                                                                                                                      |       |      |  |  |       |       |          |
|    |                       | MISURAZIONI:<br>Manodopera per opere generiche                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 80.00 |      |  |  | 80.00 |       |          |
|    |                       | SOMMANO mc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |      |  |  | 80.00 | 31.58 | 2526.32  |
| 10 | E.R.<br>N04.013.010   | NOLI DI MEZZI DI SOLLEVAMENTO: Piattaforma semovente con braccio telescopico - altezza 18 m                                                                                                                                                                                                                                                     |       |      |  |  |       |       |          |
|    |                       | MISURAZIONI:<br>Nolo di piattaforma per montaggio                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 40.00 |      |  |  | 40.00 |       |          |
|    |                       | SOMMANO ora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |      |  |  | 40.00 | 69.63 | 2785.02  |
| 11 | E.R.<br>B02.004.050.b | PERFORAZIONI, GIUNTI E TIRANTI: Fornitura e posa in opera di tassello e/o barra filettata con ancoraggio chimico o malta cementizia espansiva per fissaggi o simili, compresa la formazione del foro e sua pulizia. Il prezzo è riferito ad ogni decimetro di lunghezza del tassello o della barra fornita e posata - diametro da 12 mm a 16 mm |       |      |  |  |       |       |          |
|    |                       | MISURAZIONI:<br>Ancoraggio tirafondi in corrispondenza delle piastre di base                                                                                                                                                                                                                                                                    | 36.00 | 2.35 |  |  | 84.60 |       |          |
|    |                       | SOMMANO dm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |      |  |  | 84.60 | 7.77  | 657.68   |
|    |                       | TOTALE euro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |      |  |  |       |       | 20548.63 |
|    |                       | AGGIUNGE NUOVA VOCE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |      |  |  |       |       |          |