

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

BARTELLA MERCI E PRG BOSCHETTO

FABBRICATI TECNOLOGICI

GA1 PP/ACC BOSCHETTO – RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NM0Y 01 D 11 CL FA0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	IES	Maggio 2021	M.Milovanovic 	Maggio 2021	F.Perrone 	Maggio 2021	D.Maranzano Maggio 2021

File: NM0Y01D11CLFA010001A.doc

n. Elab.:

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> <b>FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>PROGETTO</b> NM0Y	<b>LOTTO</b> 01	<b>CODIFICA</b> D 11 CL	<b>DOCUMENTO</b> FA0100 001	<b>REV.</b> A

## INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
3.1	Calcestruzzo Strutture di Fondazione .....	8
3.2	Calcestruzzo Strutture in Elevazione .....	9
3.3	Acciaio da c.a. ....	10
4	FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 GA1 PP/ACC BOSCHETTO .....	11
4.1	Interventi previsti e descrizione delle preesistenze .....	11
4.2	Descrizione dell'intervento .....	13
4.2.1	Aspetti formali e distributivi .....	13
4.2.2	Struttura del fabbricato .....	16
4.3	Soluzioni tecniche .....	17
4.3.1	Solai Controterra .....	18
4.3.2	Solaio Piano Primo .....	19
4.3.3	Solaio Copertura .....	19
4.3.4	Tamponature Esterne e Interne .....	19
4.3.5	Infissi Esterni .....	20
4.3.6	Infissi Interni .....	21
4.3.7	Opere da lattoniere .....	22
4.4	Impianti di adduzione e scarico acque meteoriche e nere .....	22
4.5	Cabina di consegna MT .....	23
5	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	24
6	ANALISI MODALE .....	33
7	ANALISI DEI CARICHI .....	35
7.1	Peso Proprio degli Elementi Strutturali .....	35
7.2	Carichi Permanenti Non Strutturali .....	35
7.3	Carichi Variabili .....	39
7.4	Azione della Neve .....	40



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0100 001	A	3 DI 152

7.5	Azione del Vento .....	41
7.6	Azione Termica .....	43
7.7	Azioni Eccezionali – Urti da Traffico Ferroviario .....	45
7.8	Azione Sismica.....	46
8	COMBINAZIONI DI CARICO .....	52
9	SOLLECITAZIONI.....	56
9.1	Solai.....	56
9.2	Telaio Filo Fisso A.....	58
9.3	Telaio Filo Fisso B.....	62
9.4	Scala.....	67
9.5	Platea di Fondazione.....	70
9.6	Nervature Platea di Fondazione .....	74
10	VERIFICHE SUI SOLAI .....	76
10.1	Solaio di Piano .....	76
10.1.1	Dimensionamento Traliccio .....	76
10.1.2	Verifiche SLU Solaio.....	77
10.1.3	Verifiche SLE Solaio.....	78
10.2	Solaio Sottotetto.....	80
10.2.1	Dimensionamento Traliccio .....	80
10.2.2	Verifiche SLU Solaio.....	80
10.2.3	Verifiche SLE Solaio.....	82
10.3	Solaio di Copertura .....	84
10.3.1	Dimensionamento Traliccio .....	84
10.3.2	Verifiche SLU Solaio.....	85
10.3.3	Verifiche SLE Solaio.....	86
11	VERIFICHE TRAVE FILO FISSO B .....	88
11.1	Verifiche SLU – Flessione .....	90
11.2	Verifiche SLU – Taglio (gerarchia).....	92
11.3	Verifiche SLE – Tensione .....	93



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	01	D 11 CL	FA0100 001	A	4 DI 152

11.4	Verifiche SLE – Fessurazione .....	96
12	VERIFICHE PILASTRO B1 .....	100
12.1	Verifiche SLU – Pressoflessione Deviata .....	102
12.2	Verifiche SLU – Taglio.....	103
12.3	Verifiche SLE – Tensione .....	104
12.4	Verifiche SLE – Fessurazione .....	105
13	VERIFICHE SCALA .....	107
13.1	Verifiche SLU – Flessione .....	108
13.2	Verifiche SLU – Taglio.....	109
13.3	Verifiche SLE – Tensione .....	109
13.4	Verifiche SLE – Fessurazione .....	112
14	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI.....	115
15	VERIFICA SISMICA TAMPONAMENTI .....	118
16	VERIFICHE PLATEA DI FONDAZIONE .....	123
16.1	Verifiche SLU – Flessione .....	124
16.2	Verifiche SLU – Taglio.....	126
16.3	Verifiche SLE – Tensione .....	127
16.4	Verifiche SLE – Fessurazione .....	129
17	VERIFICHE NERVATURE PLATEA DI FONDAZIONE.....	131
17.1	Verifiche SLU – Flessione .....	131
17.2	Verifiche SLU – Taglio.....	133
17.3	Verifiche SLE – Tensione .....	134
17.4	Verifiche SLE – Fessurazione .....	137
18	CAPACITA' PORTANTE DELLA FONDAZIONE.....	139
18.1	PLATEA DI FONDAZIONE.....	143
19	CALCOLO DEI CEDIMENTI E DEL MODULO DI REAZIONE K.....	148
20	CONCLUSIONI .....	152

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le opere civili ricadenti nell'ambito del Progetto Definitivo del Nodo di Novara.

In particolare gli interventi ricadono nell'ambito dello scalo di Novara – Boschetto e fanno riferimento all'edificio tecnologico GA1, riconducibile alla WBS FA01, della tipologia T1 bi-piano, previsto alla progressiva km 64+524 da Alessandria, collocato immediatamente a nord dell'impianto ferroviario, a ridosso dell'ingresso della viabilità di progetto prevista per i mezzi su gomma che accedono all'area di sosta/servizi sul piazzale del terminale Autostrada Viaggiante. La nuova viabilità poi, così come riconfigurata in progetto, va ad innestarsi nella rete stradale esistente più a nord del terminale, in corrispondenza di via Mario Ge.

E' prevista dunque la costruzione del fabbricato GA1 per PP-ACC di Boschetto concepito per il contenimento di apparecchiature tecnologiche destinate al comando, controllo / sicurezza della circolazione ferroviaria nella tratta in oggetto, nel Comune di Novara.

La parte trattata in questa relazione si limita ai seguenti argomenti :

- Individuazione dell'area su cui dovranno essere realizzati il fabbricato tecnologico e la cabina di consegna MT.
- Descrizione dello stato di fatto e delle preesistenze dei vari siti.
- Descrizione delle opere principali / accessorie riconducibili alle OO.CC inclusi i piazzali di pertinenza.

Per i fabbricati la progettazione si è attenuta alle seguenti linee guida generali.

- a) Tutte le aree individuate per la costruzione dei nuovi fabbricati e delle cabine di consegna sono state ricercate in via prioritaria in ambiti di proprietà Rete Ferrovia Italiana S.p.A.
- b) Tutte le aree sono state concordate con la Committenza e, se interne alla proprietà ferroviaria, ricadono fuori da perimetri interessati da Scissioni (Aree Scisse)
- c) Tutti i manufatti saranno posti ad una distanza maggiore o uguale a 5 m dai confini delle proprietà adiacenti.
- d) Tutti i manufatti sono stati progettati in ottemperanza alle normative internazionali (UNI-EN), nazionali (NTC 2018 etc.), regionali (Piemonte) e locali, dove applicabili (PRG, NTA, RE etc. del Comune di Novara) vigenti in materia, meglio richiamate nelle singole Relazioni di ciascuna disciplina specialistica coinvolta (Geologia, Idraulica, Strutture, etc.).

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>00</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0100 001</td> <td>A</td> <td>6 DI 152</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	6 DI 152
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	6 DI 152								

- e) Il fabbricato oggetto di questa relazione è derivato da una serie di edifici tipologici, ampiamente collaudati ed ulteriormente perfezionati durante la redazione di questo progetto.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- D.M. Min. delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- UNI EN 1992-1-1:2015 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C – Manuale di progettazione delle opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo Strutture di Fondazione

Per la realizzazione della platea di fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) →  $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione → XC2 (condizioni ambientali ordinarie)
- Classe di Consistenza → S4/S5
- Resistenza Media a Compressione →  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico →  $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31.475 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza → 1.5
- Resistenza di Calcolo a Compressione →  $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media →  $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione →  $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo →  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) →  $\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) →  $\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza →  $f_{bk} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 2.82$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo →  $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 1.88 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura →  $\varepsilon_{cu} = 0.0035$

Per gli elementi strutturali della fondazione si assume un copriferro di 40 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab. 4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

- Combinazione delle Azioni Frequente →  $w_d \leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

- Combinazione delle Azioni Quasi Permanente  $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

### 3.2 Calcestruzzo Strutture in Elevazione

Per la realizzazione della struttura in elevazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C35/45 ( $R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ ), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione  $\rightarrow \text{XC3}$  (condizioni ambientali ordinarie)
- Classe di Consistenza  $\rightarrow \text{S4}$
- Resistenza Media a Compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34.625 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza  $\rightarrow 1.5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 22.41 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 16.81 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza  $\rightarrow f_{bk} = 2.25 \eta_1 \eta_2 f_{ctk} = 5.28$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo  $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3.52 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura  $\rightarrow \epsilon_{cu} = 0.0035$

Per gli elementi della struttura in elevazione si assume un copriferro di 30 mm (valutato al netto della staffa).

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab. 4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

- Combinazione delle Azioni Frequente  $\rightarrow w_d \leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
- Combinazione delle Azioni Quasi Permanente  $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

### 3.3 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione di snervamento caratteristica  $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura  $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio  $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione (Comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico  $\rightarrow E_a = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione di Snervamento di Progetto  $\rightarrow \varepsilon_{yd} = 0.0019$
- Densità  $\rightarrow \rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### 4 FABBRICATO TECNOLOGICO FA01 GA1 PP/ACC BOSCHETTO

##### 4.1 Interventi previsti e descrizione delle preesistenze

Per il fabbricato in esame si prevede di realizzare le seguenti opere e lavorazioni:

- Bonifica da ordigni esplosivi.
- Scavi per fondazioni, serbatoio interrato e piazzale.
- Fabbricato tecnologico a due piani fuori terra di dimensioni in pianta pari a 24.70x10.0 m.
- Piazzale di pertinenza dotato di gruppo elettrogeno esterno e serbatoio per gasolio interrato.
- Nuova cabina di consegna MT con annesso locale utente, di forma angolare di dimensioni in pianta di circa 7.0x5.0 m.
- Canalizzazioni, pozzetti e attrezzaggi tecnologici.

L'area individuata per la realizzazione del nuovo fabbricato tecnologico si trova all'interno dell'impianto ferroviario dello scalo di Novara – Boschetto, come visualizzato in Figura 1.

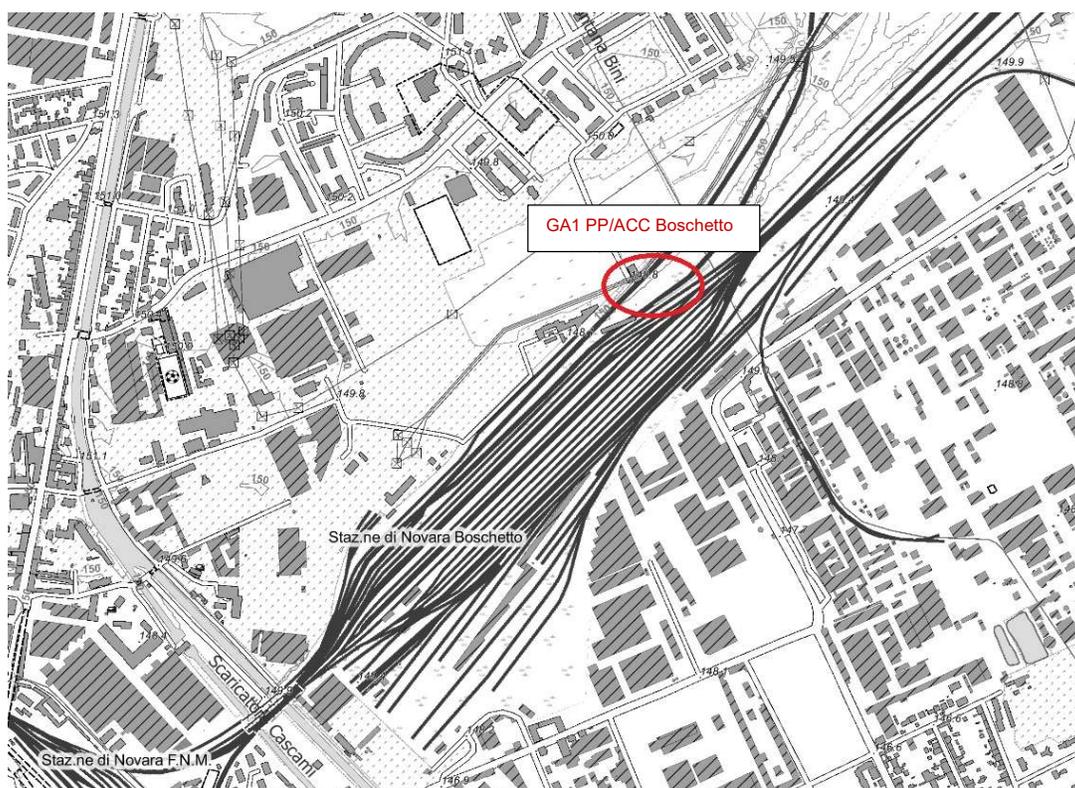


**Figura 1 - Inquadramento territoriale su foto aerea**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

L'area individuata, ricadente nella proprietà di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A., è attualmente occupata da binari previsti dismessi a progetto e si trova compresa tra il fascio di binari A/P Autostrada Viaggiante e la viabilità di accesso al terminal medesimo.

Si propone di seguito anche un estratto della Carta Tecnica Regionale Piemonte, con l'individuazione dell'area oggetto di costruzione del fabbricato tecnologico in oggetto.



**Figura 2 – Estratto CTR con individuazione area di progetto GA1**

Vista la natura “strategica” che riveste l'edificio che dovrà ospitare le nuove apparecchiature tecnologiche, ovvero essendo un fabbricato avente funzione di gestione e controllo della circolazione ferroviaria, per la definizione degli aspetti strutturali in campo sismico si è considerata la Classe d'uso IV (*Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile: “1. Edifici in tutto o in parte ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative (...), il cui utilizzo abbia luogo da parte dei seguenti soggetti istituzionali: (...) RFI”*).

Il nuovo fabbricato tecnologico verrebbe posizionato ad una quota di circa + 20 cm dal piano di campagna esterno.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 4.2 Descrizione dell'intervento

### 4.2.1 Aspetti formali e distributivi

Il Fabbricato Tecnologico sarà posizionato al Km 64+524 presso l'impianto di Novara – Boschetto, collocato immediatamente a nord dell'impianto ferroviario, a ridosso dell'ingresso della viabilità di progetto prevista per i mezzi su gomma che accedono all'area di sosta/servizi sul piazzale del terminale Autostrada Viaggiante.

Questo si svilupperà su due piani fuori terra con pianta rettangolare di dimensioni pari a 24.70x10.0 m.

L'edificio sarà caratterizzato da una copertura a padiglione la cui altezza massima in corrispondenza del colmo sarà circa pari a 9.96 m (altezza sotto gronda pari a 8.30 m) dal piano campagna, dotato di una serie di porte di varia dimensione su 3 lati, dotate tutte di sovralucente e di finestre a nastro di altezza pari a 80 cm ad esclusione del vano scale dove la finestra sarà verticale 0.80x3.20 m.

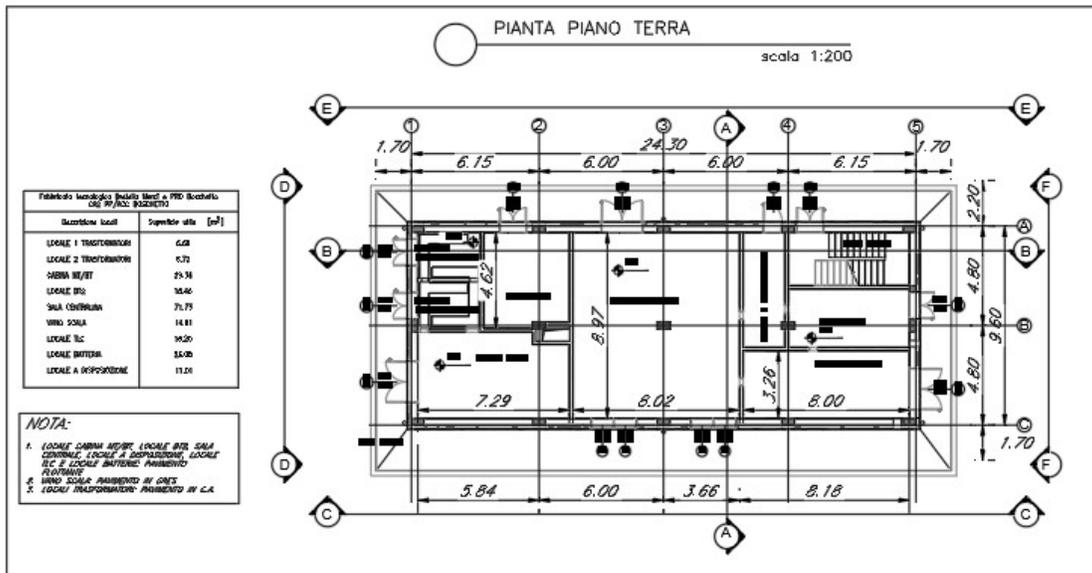
Al piano terra è prevista la Sala centralina IS, con adiacente Locale Batterie, un Locale TLC, i locali destinati ai trasformatori MT/BT, la Cabina MT/BT e il vano scala interno. Il piano primo vede la presenza dell'Ufficio Movimento, un locale igienico dotato di antibagno e la Sala ACC.

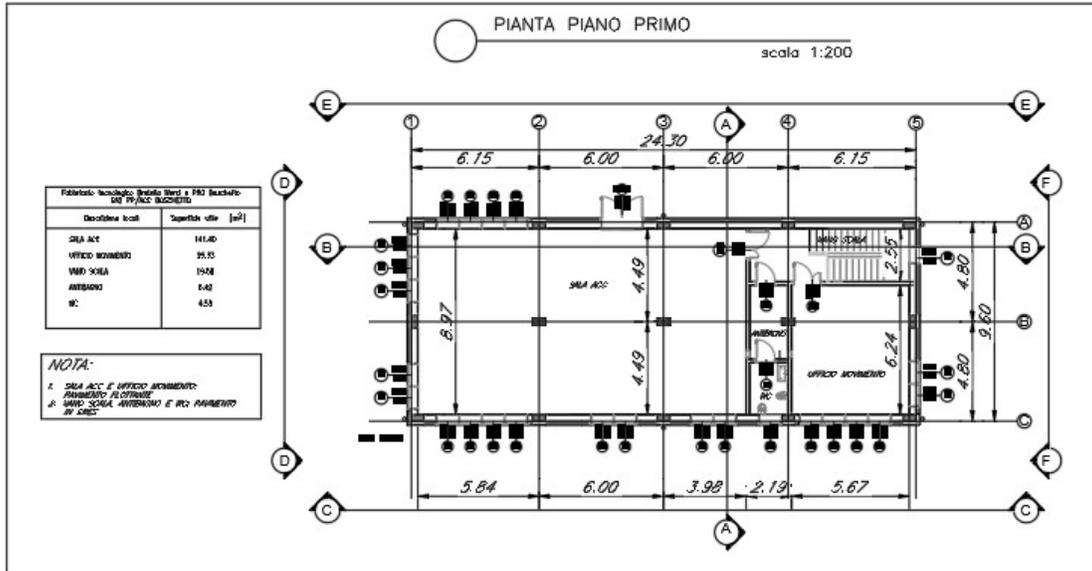
PIANO TERRA	
<i>Locale 1 trasformatori</i>	6.60 m <sup>2</sup>
<i>Locale 2 trasformatori</i>	6.72 m <sup>2</sup>
<i>Cabina MT/BT</i>	29.34 m <sup>2</sup>
<i>Locale BT2</i>	18.46 m <sup>2</sup>
<i>Sala Centralina</i>	71.73 m <sup>2</sup>
<i>Vano scala</i>	14.81 m <sup>2</sup>
<i>Locale TLC</i>	16.20 m <sup>2</sup>
<i>Locale Batteria</i>	26.08 m <sup>2</sup>
<i>Locale a disposizione</i>	11.01 m <sup>2</sup>
<b>Parziale 200.95 m<sup>2</sup></b>	

PIANO PRIMO	
Sala ACC	141.40 m <sup>2</sup>
Ufficio movimento	35.33 m <sup>2</sup>
Vano scala	19.58 m <sup>2</sup>
Antibagno	6.42 m <sup>2</sup>
WC	4.58 m <sup>2</sup>
	<b>Parziale 207.31 m<sup>2</sup></b>
	<b>Totale : 408.26 m<sup>2</sup></b>

**Tabella 1- Dimensione dei locali**

Come si evince dalla pianta di seguito riportata, tutti i locali del piano terra saranno dotati di accessi indipendenti dall'esterno al fine di consentire un più agevole svolgimento degli interventi manutentivi, limitando l'accessibilità al solo personale addetto all'attività specifica.





**Figura 3 - Pianta Piano Terra e Piano Primo**

L'illuminazione e la ventilazione naturale dei locali del piano terra saranno parzialmente garantite attraverso delle finestre a nastro nella Sala Centralina e dai sopraluce delle porte esterne di accesso per tutti gli altri ambienti.

Tutti locali del piano primo saranno dotati di finestrate con apertura a vasistas; queste verranno collocate a +220 cm dal piano di calpestio interno, così da consentire di utilizzare la porzione di parete sottostante per la disposizione delle apparecchiature (in genere armadi contenenti schede elettroniche, quadri elettrici etc.).

Non sono previste compartimentazioni antincendio all'interno del fabbricato.

Il progetto prevede di articolare le lavorazioni - da approfondire nel progetto esecutivo - nel seguente modo:

- Esecuzione della BOE per le aree interessate dal piazzale di pertinenza.
- Scavo atto alla rimozione delle opere fondali del fabbricato demolito fino alla profondità di -1.55 m dal p.c..
- Scavo per la realizzazione delle fondazioni del fabbricato.
- Realizzazione delle opere di fondazione in c.a (platea).
- Realizzazione delle opere in elevazione in c.a (pilastrate, solaio di piano 1° e solaio di copertura).
- Esecuzione di vespai e massetti controterra.
- Esecuzione del manto di copertura sul solaio di coronamento e la relativa

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

impermeabilizzazione.

- Realizzazione dei tamponamenti esterni costituiti da un primo elemento in muratura tipo Poroton sp.30 cm, da uno strato di coibentazione pari a 10 cm e da un ultimo strato in muratura sp. 8 cm e realizzazione delle partizioni interne sp.15 cm.
- Esecuzione degli intonaci e i successivi tinteggi.
- Posa in opera degli infissi interni ed esterni, nonché delle relative griglie antintrusione.
- Esecuzione delle opere di finitura (pavimenti e rivestimenti di varia tipologia).
- Esecuzione dell'impianto idrico sanitario e dello smaltimento delle acque meteoriche del fabbricato e del piazzale tramite allacciamento alle reti esistenti in sito.
- Esecuzione a completamento del piazzale comprendente la realizzazione del serbatoio interrato, la piattaforma in c.a. per il generatore elettrico, la realizzazione delle pavimentazioni, recinzioni e finiture.

Tutti gli scavi profondi verranno eseguiti in presenza di "Assistenza Archeologica"

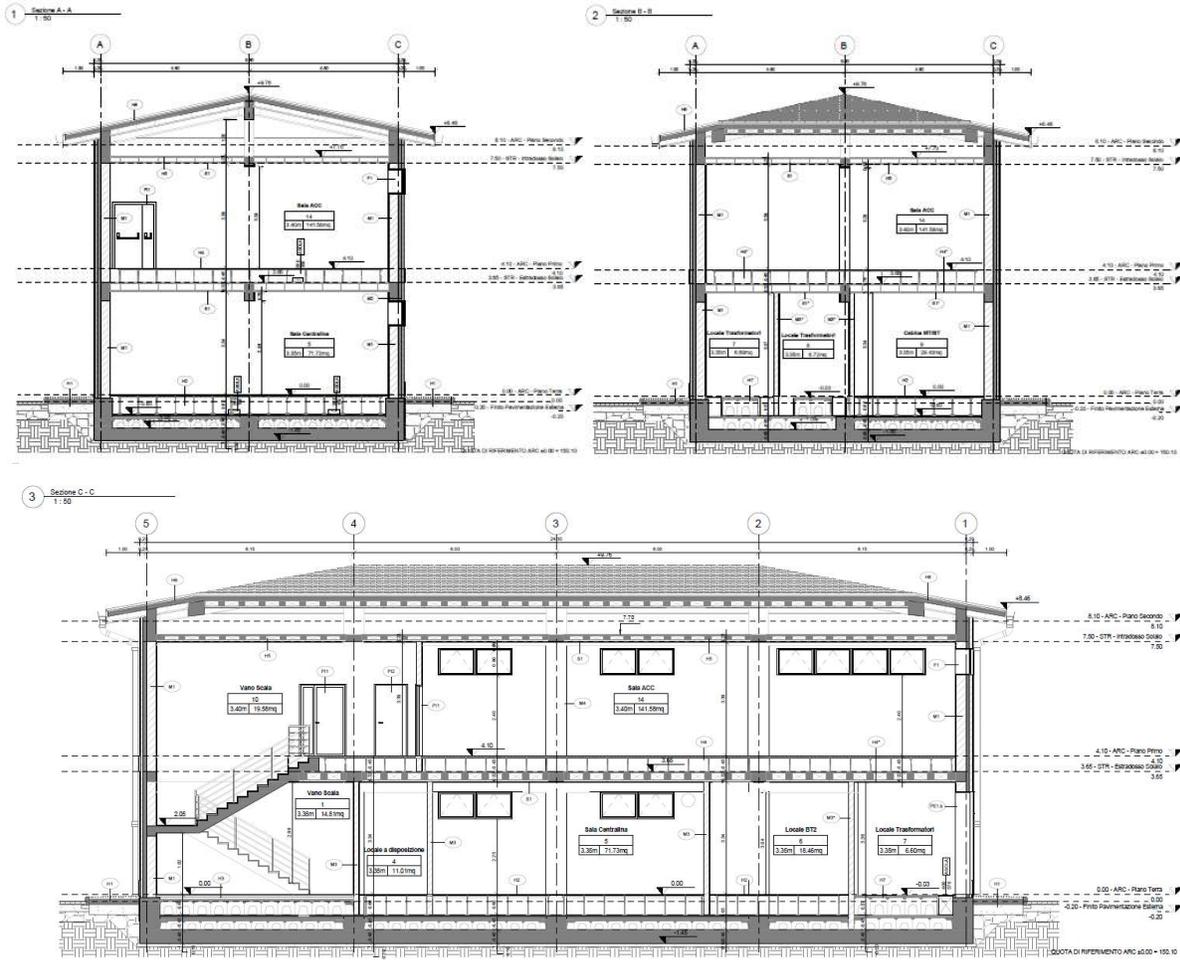
#### 4.2.2 *Struttura del fabbricato*

Per il Fabbricato Tecnologico si prevede una struttura intelaiata in cemento armato gettato in opera.

Gli elementi strutturali verticali sono costituiti da 15 pilastri di sezione 30x60 cm; le travi di piano hanno sezione di 30x60 cm e 30x30 cm, mentre quelle di copertura hanno sezione di 30x30 cm e 30x20 cm.

I solai sono realizzati con lastre parzialmente prefabbricate di tipo predalle, con blocchi di alleggerimento in polistirolo e getto di completamento realizzato in opera, per uno spessore totale rispettivamente di 30 cm (4+22+4) per il solaio di piano e di 20 cm (4+12+4) per i solai di sottotetto e di copertura.

La fondazione è realizzata con una platea di 40 cm di spessore, caratterizzata da nervature laterali alte 95 cm impostata a circa -125 cm dal piano campagna esistente.



**Figura 4 - Nuovo fabbricato tecnologico di GA1 PP/ACC Boschetto - Sezione longitudinale e trasversale**

### 4.3 Soluzioni tecniche

Il progetto architettonico del fabbricato è stato redatto in modo da garantire la funzionalità distributiva interna necessaria agli apparati tecnologici in esso contenuti.

Gli spazi e le finiture sono stati pertanto progettati congruentemente sia con la destinazione d'uso prettamente "tecnologica" sia in funzione dell'ambientazione del manufatto nel contesto di insediamento.

Le caratteristiche architettoniche, strutturali e funzionali dell'edificio sono, inoltre, coerenti rispetto all'altro fabbricato tecnologico da realizzarsi nell'ambito dell'intervento.

Vengono di seguito individuate e descritte le principali peculiarità costruttive del fabbricato.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### 4.3.1 Solai Controtterra

All'interno del locale Centralina IS, del locale Batterie e del locale TLC, il solaio controterra è costituito dalla seguente successione stratigrafica:

- Vespaio aerato realizzato con elementi a igloo in plastica riciclata con superiore soletta in c.a. armata con rete elettrosaldata Ø8/20x20 (sp. 5 cm) per uno spessore complessivo di 32 cm (portata amm. 1800daN/m<sup>2</sup>);
- Pannello isolante in XPS ad alta resistenza a compressione e densità pari a 33 kg/m<sup>3</sup> sp. 8 cm;
- Foglio separatore in polietilene (sp. 4 mm);
- Soletta in c.a di spessore pari a 5 cm armata con rete elettrosaldata Ø8mm/20x20 cm e trattamento superficiale antipolvere;
- Pavimento sopraelevato, costituito da pannelli in solfato di calcio monostrato dim. 60x60 cm su sostegno in acciaio stampato zincato, regolabile in altezza; finitura superficiale in lastre di gres porcellanato; altezza complessiva del pavimento pari a 60 cm, così da garantire un'altezza utile pari ad almeno 55 cm; portata del pavimento pari a 1500 daN/m<sup>2</sup>.

Per tutti gli altri locali (vano scala, locale a disposizione, locale trasformatori etc.) il solaio controterra è costituito da un doppio vespaio areato realizzato da elementi del tipo ad igloo secondo la seguente successione stratigrafica:

- Vespaio aerato realizzato con elementi a igloo in plastica riciclata con superiore soletta in c.a. armata con rete elettrosaldata Ø8/20x20 (sp. 5 cm) per uno spessore complessivo di 32 cm (portata amm. 1800 daN/m<sup>2</sup>);
- Pannello isolante in XPS ad alta resistenza a compressione e densità pari a 33 kg/m<sup>3</sup> sp. 8 cm;
- Foglio separatore in polietilene (sp. 4 mm);
- Soletta in c.a di spessore pari a 5 cm armata con rete elettrosaldata Ø8mm/20x20 cm e trattamento superficiale antipolvere;
- Vespaio aerato superiore realizzato con elementi a igloo in plastica riciclata con superiore soletta in c.a. armata con rete elettrosaldata Ø8/20x20 (sp. 5 cm) per uno spessore complessivo di 45 cm (portata amm. 1800 daN/m<sup>2</sup>);
- Massetto alleggerito in argilla espansa o perlite (sp. 8 cm);
- Massetto cementizio di posa (sp. 4 cm);

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

- Pavimentazione in piastrelle di Gres ceramico porcellanato in formato 30x30 cm posate a colla.

Nella stratigrafia, in particolare nello spessore costituito dal vespaio superiore e dagli strati ad esso soprastanti, sono ricavati appositi cunicoli impiantistici atti a consentire il passaggio dei cavi. I cunicoli in questione saranno poi chiusi superiormente mediante pannelli amovibili in grigliato elettrosaldato in acciaio. Tale stratigrafia risulta adeguata a carichi accidentali pari a 2000 daN/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2 *Solaio Piano Primo*

Sul solaio del piano primo, è realizzato un pavimento del tipo galleggiante che poggia sull'estradosso del solaio predalles, opportunamente livellato e trattato con trattamento antipolvere.

Il pavimento sopraelevato è anche in questo caso costituito da pannelli in solfato di calcio monostrato dim. 60x60 cm su sostegno in acciaio stampato zincato, regolabile in altezza, con finitura superficiale in lastre di gres porcellanato; l'altezza complessiva del pavimento è pari a 45 cm, così da garantire un'altezza utile pari ad almeno 40 cm per il passaggio dei cavi.

Il pavimento sopraelevato garantisce anche in questo caso una resistenza ai carichi accidentali non inferiore a 1000 daN/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.3 *Solaio Copertura*

Il solaio di copertura è costituito dalla seguente stratigrafia:

- Strato di finitura in tegole marsigliesi in laterizio.
- Guaina impermeabilizzante ardesiata.
- Massetto in calcestruzzo alleggerito sp. 4 cm.
- Strato coibentante in pannelli di EPS (densità 25 kg/m<sup>3</sup>) sp. 16 cm.

#### 4.3.4 *Tamponature Esterne e Interne*

I tamponamenti perimetrali esterni sono costituiti da murature in termolaterizio, caratterizzati dalla seguente stratigrafia:

- Intonaco civile e tinteggiatura con idropittura sul lato interno.
- Blocco in termolaterizio tipo poroton con spessore pari a 30 cm.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

- Coibentazione in pannelli di EPS densità pari a 25 kg/m<sup>3</sup>, sp.10 cm.
- Blocco in termolaterizio tipo poroton con spessore pari a 8 cm.
- Intonaco per esterni e tinteggiatura a base di resina silossanica sul lato esterno.

La parete, per un'altezza pari a 0.45 m sulla fascia inferiore esterna, è rivestita da lastre di pietra locale di dimensioni indicative pari a 30x45 cm.

Le pareti divisorie interne sono anch'esse realizzate con blocchi forati, con finitura intonacata e tinteggiata.

Per quanto riguarda il servizio igienico, su tutte le tipologie di parete che lo delimitano sarà realizzato un rivestimento in piastrelle di gres porcellanato per un'altezza pari a 220 cm.

#### 4.3.5 Infissi Esterni

Le finestre sono realizzate mediante profili estrusi in lega di alluminio a taglio termico. I profili sono preverniciati mediante polveri termoindurenti.

Le specchiature vetrate sono costituite da una vetrata isolante termico-acustica di sicurezza, composta da: due lastre di cristallo Float dello spessore complessivo di 7 mm poste all'esterno, unite mediante interposizione di foglio di polivinilbutirale, e lastra lucida di mezzo cristallo dello spessore di 5mm posta all'interno, opportunamente accoppiate e sigillate, aventi fra loro una intercapedine dello spessore di 12 mm a vuoto o costituita da aria disidratata al cento per cento o con adeguato gas.

Le prestazioni garantite dal punto di vista energetico sono le seguenti:

$$U_g = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g = 50\%$$

Gli infissi possiedono classe di sicurezza antieffrazione RC 3 ai sensi delle norme UNI ENV 1627-1628-1629-1630.

In corrispondenza di tutte le specchiature vetrate sono installate apposite grate in acciaio antieffrazione RC 4 costituite da barre in tondini di acciaio di diametro pari ad 8 mm fissate ad un telaio perimetrale costituito da un piatto in acciaio zancato alla muratura.

I davanzali di tutte le finestre sono costituiti da lastre in granito di spessore pari a cm 3.

Le porte esterne sono realizzate anch'esse mediante telai in profilati estrusi in lega di alluminio di spessore pari a 65 mm preverniciati mediante polveri termoindurenti.

Tutte le porte sono caratterizzate da tamponamenti ciechi costituiti da pannelli sandwich in lamiera e coibente con sopra-luce vetrato la cui specchiatura è analoga a quanto detto in precedenza per i serramenti vetrati. In corrispondenza del sopra-luce sono previste grate anti-effrazione fisse costituite da barre in tondini di acciaio di diametro pari ad 8 mm fissate ad un telaio perimetrale costituito da un piatto in acciaio zancato alla muratura. Anche la parte inferiore dell'infisso è protetta da grate metalliche apribili verso l'esterno dotate di serratura di sicurezza.



**Figura 5 - Nuovo fabbricato GA1 PP/ACC Boschetto – Prospetti**

#### 4.3.6 Infissi Interni

Gli infissi interni, ad anta singola al piano terra e anta doppia al piano primo, sono caratterizzati da intelaiatura in profili estrusi di alluminio anodizzato (sp. 10/10 mm, preverniciati nel colore a scelta della D.LL.) con tamponamento costituito da pannellatura in truciolare con interposta struttura a nido d'ape e rivestimento in laminato plastico melaminico.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### 4.3.7 Opere da lattoniere

Le opere di lattoneria sono costituite da n. 4 pluviali in lamierino di acciaio sp. 8/10 mm protette nella parte terminale da tubi di ghisa ancorati alle pareti di altezza pari a 1.5 m. Anche la gronda perimetrale sarà in lamierino di acciaio sp. 8/10.

#### 4.4 Impianti di adduzione e scarico acque meteoriche e nere

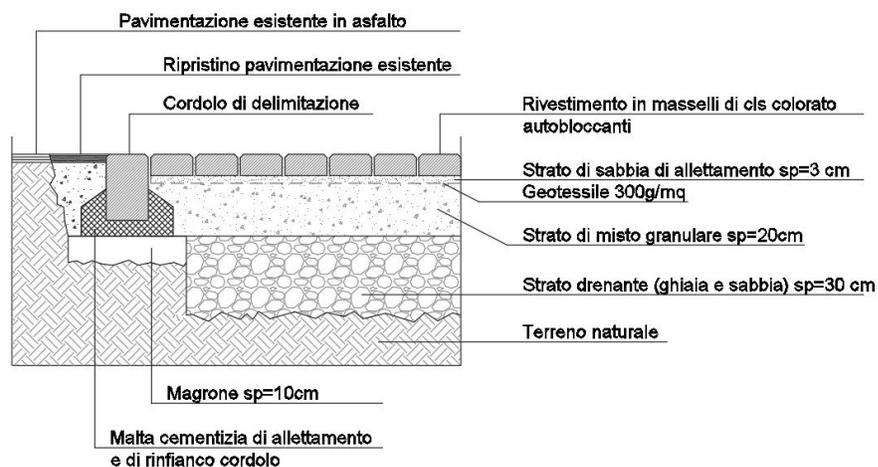
Il fabbricato in progetto si colloca nel Distretto Idrografico Padano; secondo il Piano di Gestione Rischio Alluvioni vigente la zona di interesse ricade in area con una probabilità di alluvione scarsa (con tempo di ritorno dell'evento compreso tra 200 e 500 anni).

L'intervento però non comporta una riduzione apprezzabile della capacità di invaso e include vari accorgimenti tecnici al fine di mantenere le condizioni di drenaggio attuali dell'area.

Gli impianti previsti riguardano lo smaltimento di acque meteoriche del fabbricato e del piazzale, nonché la progettazione di reti di adduzione e scarico a servizio del bagno.

Il sistema di drenaggio previsto per il nuovo fabbricato tecnologico sarà costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici impermeabili il cui recapito finale sarà costituito dall'impianto di smaltimento esistente in situ.

Per tutte le superfici scoperte (piazzale e parcheggi) sarà prevista una pavimentazione che favorisce l'infiltrazione delle acque nel terreno a mezzo di una pavimentazione in autobloccanti.



**Figura 6 - Dettaglio pavimentazione drenante**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

In corrispondenza di ogni pluviale Ø100, è previsto un pozzetto 60x60 cm che invierà le acque raccolte nel recapito finale, costituito dalla dorsale presente nell'area limitrofa esistente, a sua volta collegata al sistema di smaltimento pubblico. Per la determinazione della quantità d'acqua meteorica di calcolo si rimanda alla relazione specialistica.

Per il trattamento dei liquami provenienti dagli scarichi dell'unico servizio igienico presente nel nuovo fabbricato verrà realizzata ad una vasca biologica opportunamente dimensionata in funzione del carico di inquinanti secondo i requisiti presenti nel Regolamento Edilizio, a sua volta collegata alla rete fognaria comunale esistente.

#### 4.5 Cabina di consegna MT

Per garantire l'alimentazione degli apparati presenti nel fabbricato e quelli del piazzale ferroviario, si rende necessaria una nuova fornitura in media tensione da parte dell'Ente gestore.

La cabina di fornitura, alloggiata in un manufatto prefabbricato in cemento di forma angolare, con dimensioni in pianta di circa 7.0x5.0 m, verrà posizionata nel piazzale in adiacenza al fabbricato del GA1, garantendo che il locale Enel abbia accesso dalla viabilità pubblica.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 5 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

L'analisi della struttura è condotta con il programma agli elementi finiti SAP2000 versione 20.2.0, seguendo quanto specificato dalle NTC 2018 al § 7.2.6.

In particolare, vengono realizzati due distinti modelli agli elementi finiti per l'individuazione delle sollecitazioni che interessano rispettivamente la struttura in elevazione e le fondazioni del fabbricato.

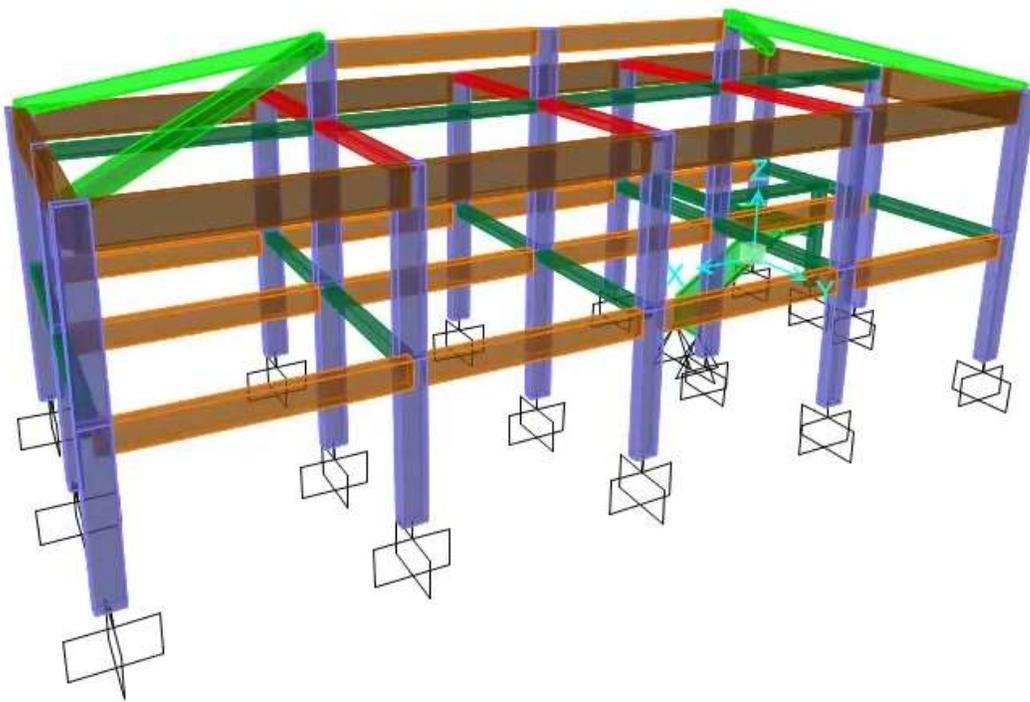
Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura in elevazione, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali (travi e pilastri modellati con elementi finiti monodimensionali tipo *frame*, scala invece con elementi bidimensionali tipo *shell thin*). In questo modello la fondazione non è rappresentata e i pilastri sono vincolati alla base con un vincolo di tipo incastro. Le tamponature e i solai non vengono modellati direttamente, ma sono rappresentati unicamente in termini di massa; dal momento che gli orizzontamenti realizzati in cemento armato possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano (NTC 2018, § 7.2.6), nel modello viene inserito un vincolo di piano rigido (*Diaphragm Constraint*) in corrispondenza del solaio di piano primo e di sottotetto. Non essendo prevista la realizzazione di una soletta di ripartizione dei carichi per il solaio di copertura, nel modello di calcolo non viene inserito alcun vincolo di piano rigido per questo solaio.

Infine, data la natura monodimensionale degli elementi *frame*, nei collegamenti non viene tenuto conto degli effettivi ingombri degli elementi strutturali, che hanno una lunghezza reale inferiore alla distanza fra i loro nodi estremali nello schema di calcolo. È possibile risolvere questo problema assegnando a questi elementi dei *End (Length) Offset* che consentono di identificare un tratto di rigidità infinita intorno a ogni nodo, la cui lunghezza è calcolata in automatico dal software, sulla base della geometria degli elementi che si intersecano nel nodo stesso. In questo modo i valori massimi delle sollecitazioni delle travi in corrispondenza degli appoggi non vengono letti esattamente in asse al nodo ma a una distanza che corrisponde a metà dell'altezza della sezione del pilastro convergente nel nodo stesso.

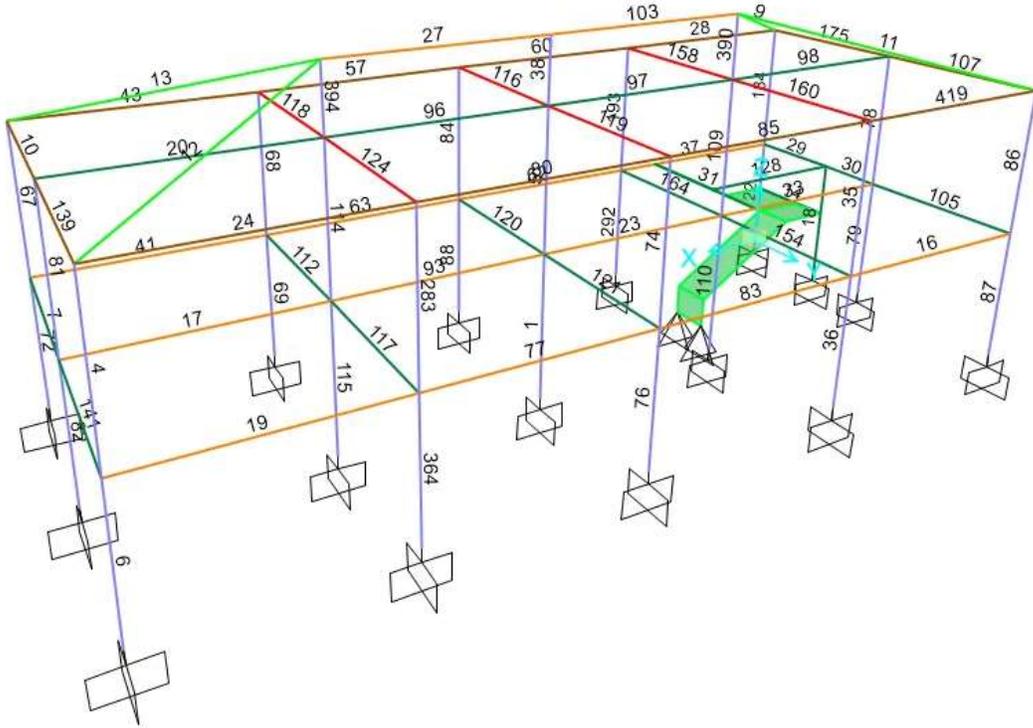
Nel secondo modello viene invece rappresentata la platea di fondazione con le nervature interne e di bordo, modellate con elementi tipo *shell* e poggiate su suolo elastico la cui costante di Winkler è assunta pari a  $k_v = 4000 \text{ kN/m}^3$  in direzione verticale e  $k_n = 1500 \text{ kN/m}^3$  in direzione orizzontale, cautelativamente rispetto alle indicazioni contenute nella "Relazione Geotecnica" relativa al Fabbricato.

	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

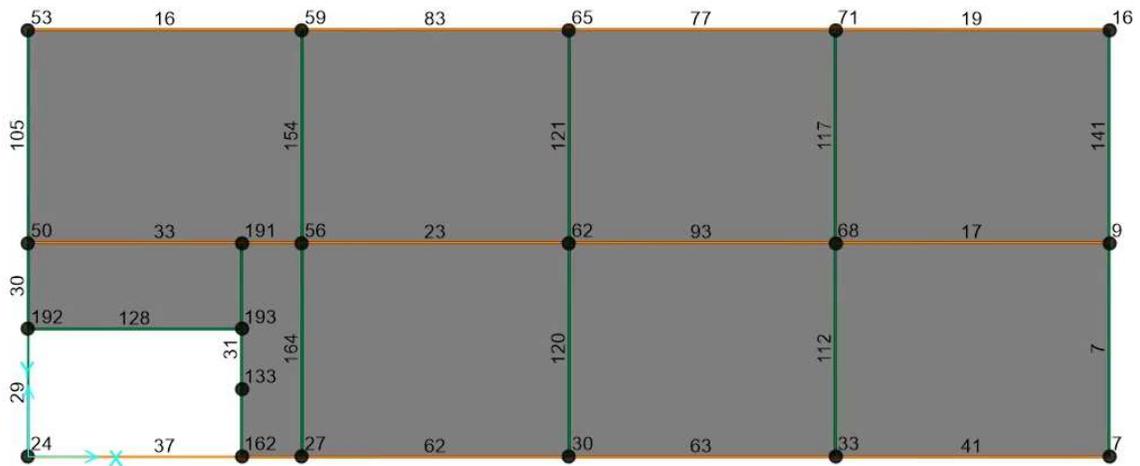
Su tale platea, oltre ai carichi agenti al piano terra del fabbricato, vengono applicate anche le reazioni di base dei pilastri ottenute dal modello della struttura in elevazione per ognuna delle combinazioni di carico considerate, cambiate di segno. Tenendo conto delle indicazioni riportate al § 7.2.5 delle NTC 2018, le azioni trasmesse dalla struttura in elevazione in combinazione sismica sono amplificate di un  $\gamma_{Rd} = 1.1$ , assumendo che la struttura si trovi in Classe di Duttilità Bassa (vedi § 7.8).



**Figura 5.1 - Vista assometrica modello struttura in elevazione - elementi estrusi**



**Figura 5.2 – Vista assometrica modello struttura in elevazione - numerazione elementi frame**



**Figura 5.3 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Piano 1 z = 3.65 - numerazione elementi frame, joint e shell**

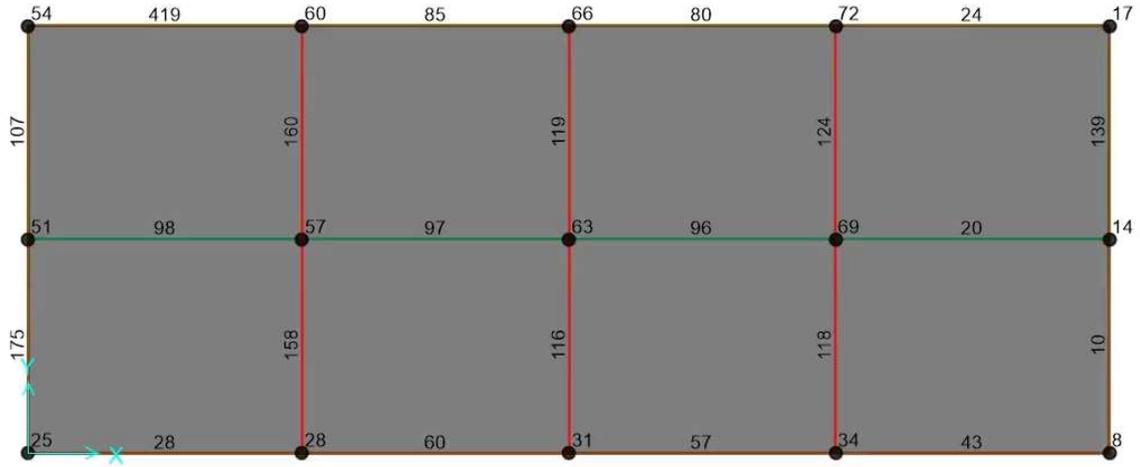


Figura 5.4 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Sottotetto z = 7.70 - numerazione elementi frame, joint e shell

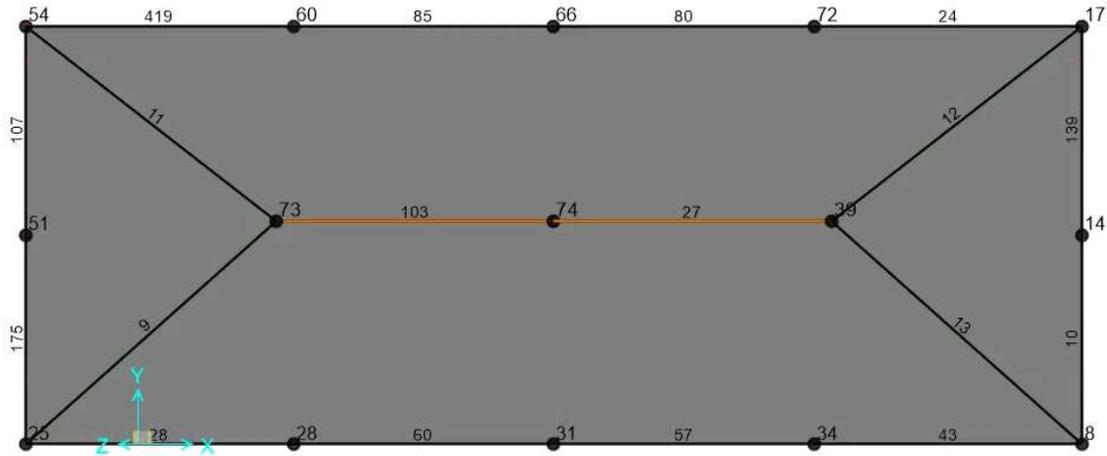
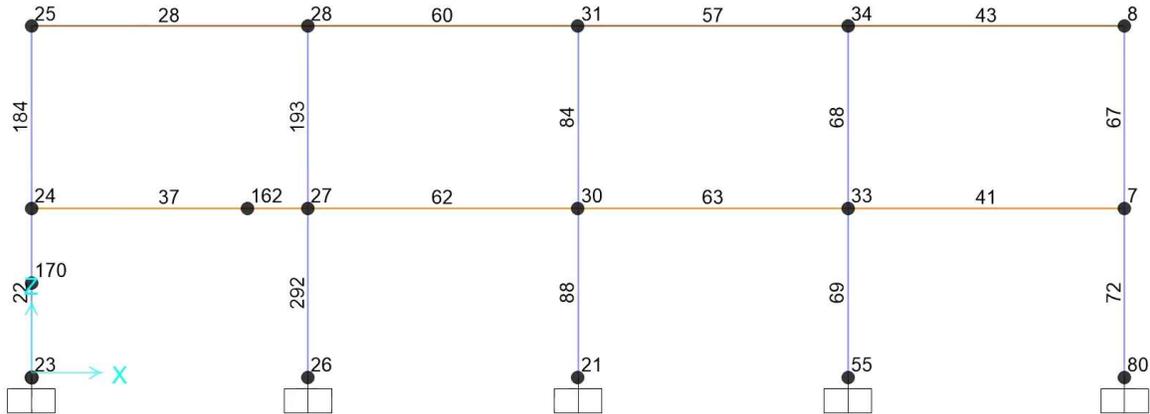
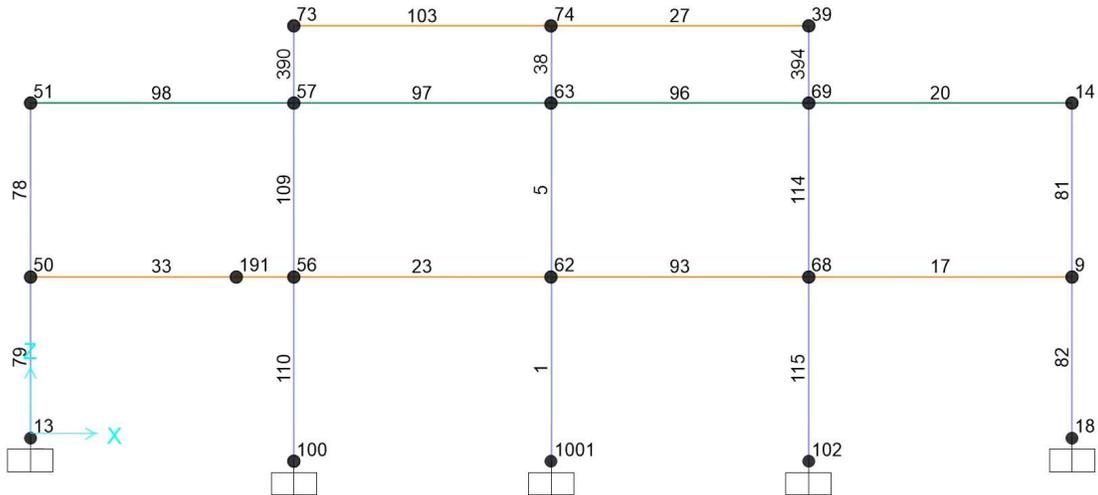


Figura 5.5 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Copertura z = 9.50 - numerazione elementi frame, joint e shell



**Figura 5.6 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo A - numerazione elementi frame, joint e shell**



**Figura 5.7 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo B - numerazione elementi frame, joint e shell**

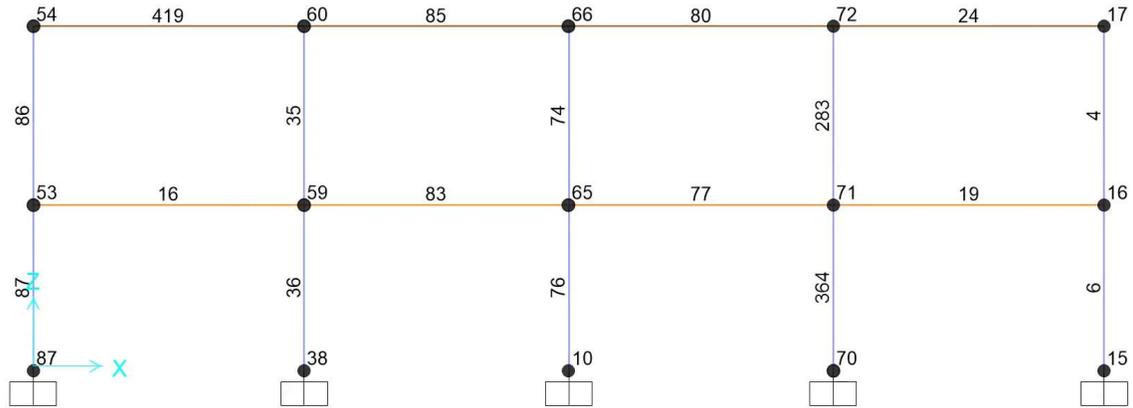


Figura 5.8 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo C - numerazione elementi frame, joint e shell

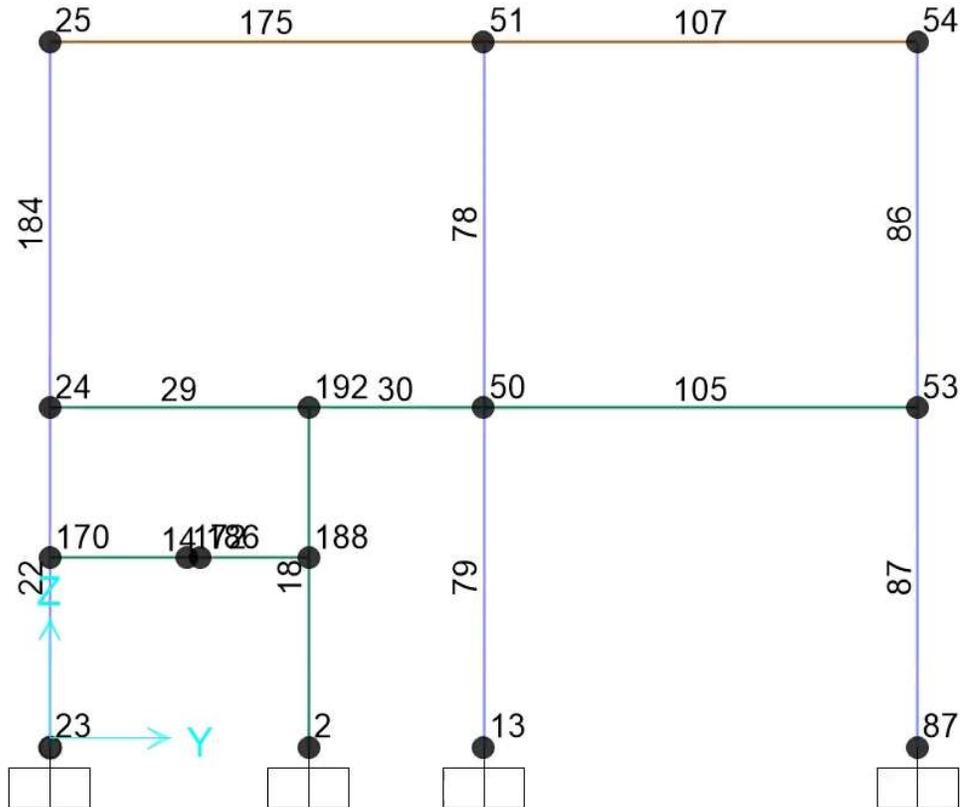
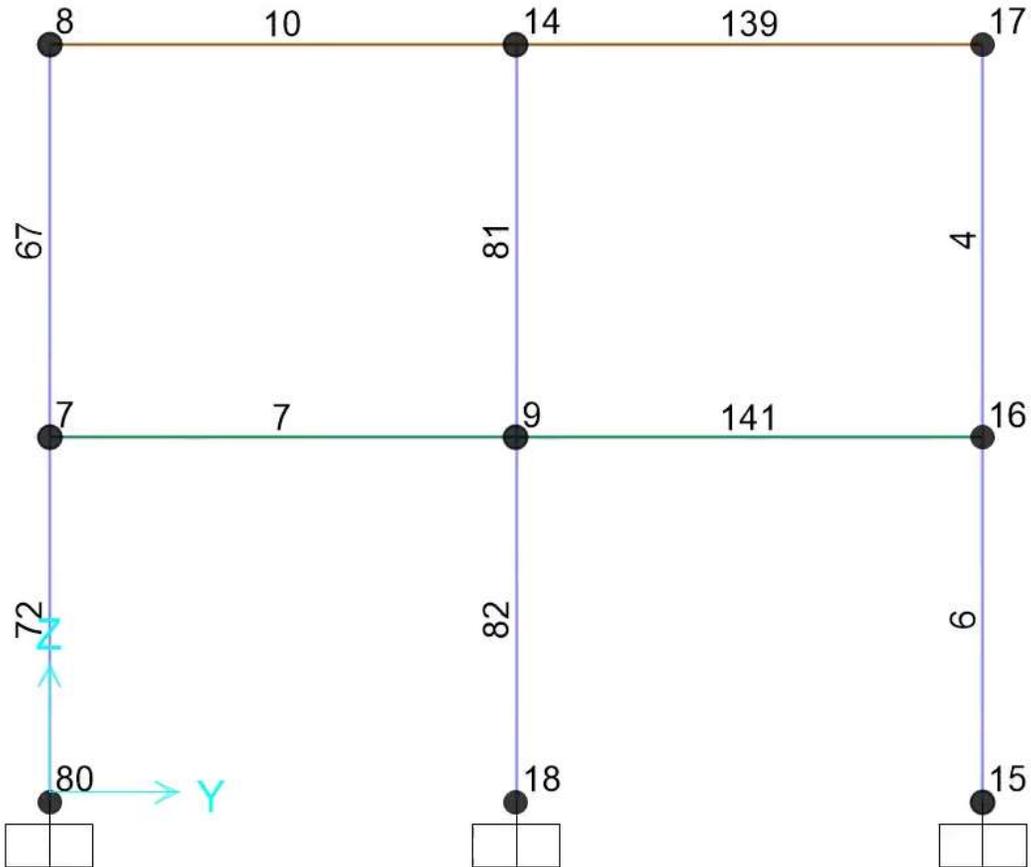


Figura 5.9 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 1 - numerazione elementi frame, joint e shell



*Figura 5.10 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 5 - numerazione elementi frame, joint e shell*

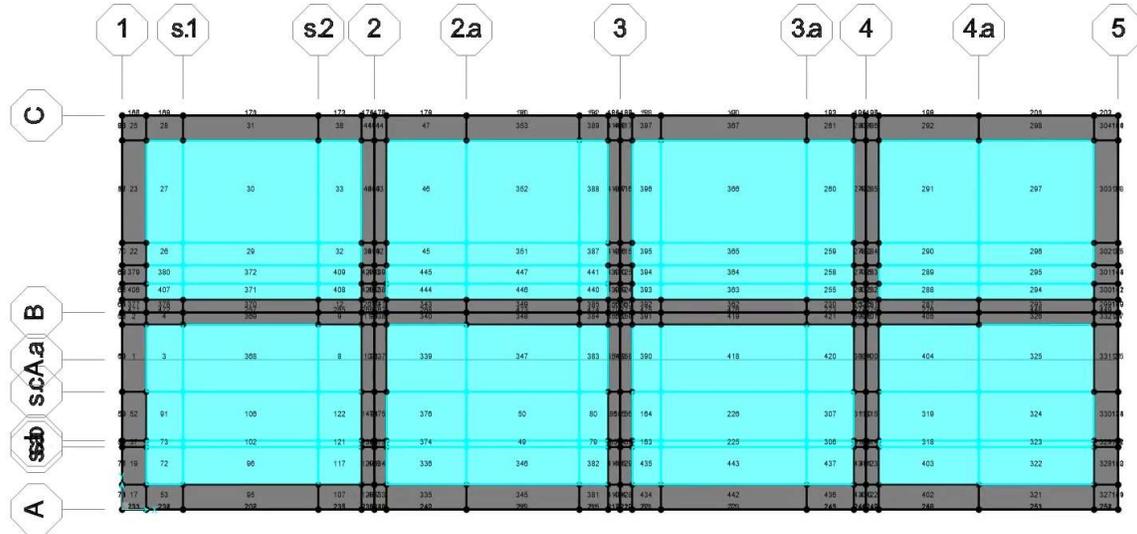


Figura 5.11 – Pianta del modello di analisi della platea di fondazione – numerazione elementi shell e frame

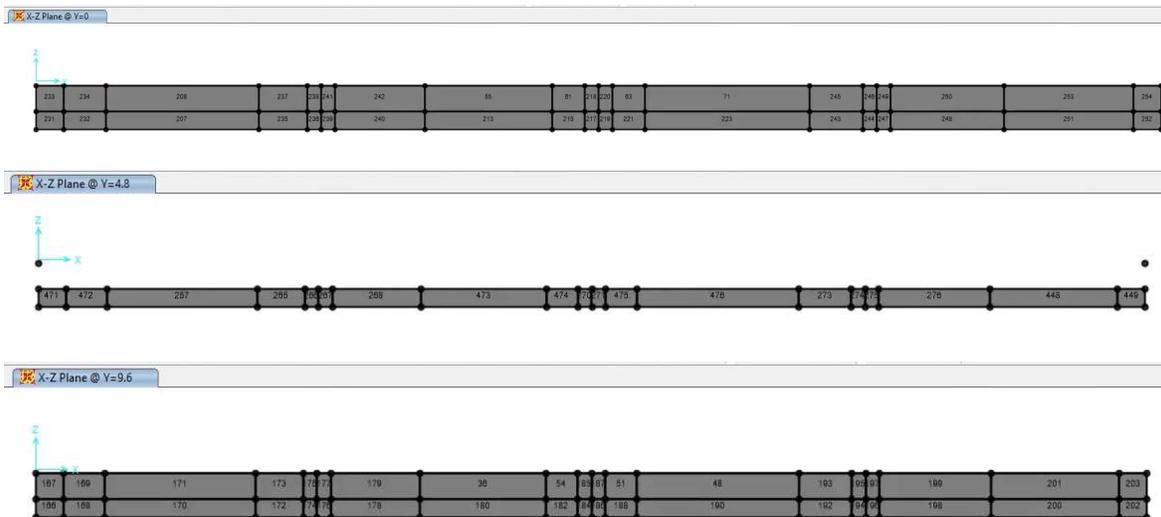


Figura 5.12 – Sezioni delle nervature longitudinali del modello di analisi della platea di fondazione – numerazione elementi shell

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A



**Figura 5.13 – Sezioni delle nervature trasversali del modello di analisi della platea di fondazione – numerazione elementi shell**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 6 ANALISI MODALE

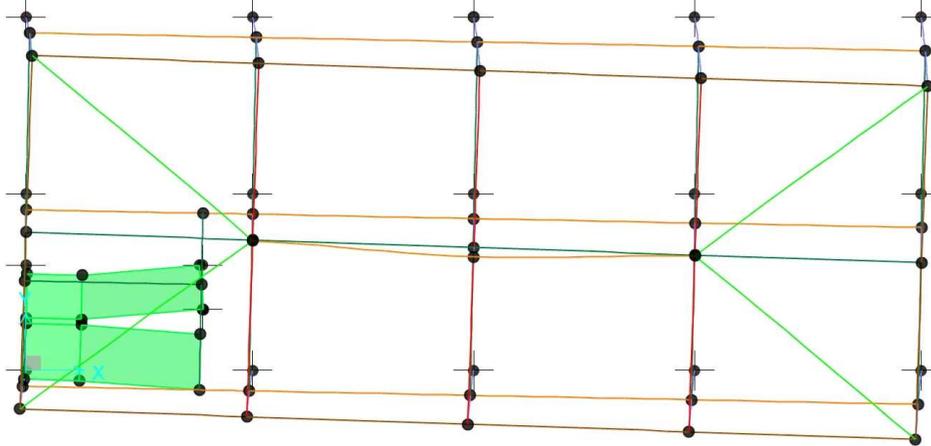
L'analisi modale consente di individuare i modi propri di vibrare della struttura, indipendentemente dalle forzanti che agiscono sulla stessa. Essa permette inoltre di conoscere, per ogni modo di vibrare della struttura, il periodo e la massa partecipante, ovvero la percentuale di massa attivata nella i-esima forma modale. Per una corretta progettazione sismica sono desiderabili periodi di vibrazione piuttosto bassi (tra 0.4 e 2 secondi); inoltre, è auspicabile che le prime tre forme modali siano quanto più possibile “pure”: in particolare, idealmente, le prime due forme modali dovrebbero essere di traslazione, e la terza di rotazione. La condizione di forma traslazionale in direzione Ux o Uy si realizza quando si ha una massa partecipante nella data direzione Ux o Uy maggiore del 70% e una massa attivata nella rotazione Rz pressoché nulla. Al contrario, la condizione di forma puramente rotazionale si verifica quando le masse attivate nella traslazione Ux e Uy sono trascurabili e si ha una percentuale superiore al 70% di massa attivata nella rotazione Rz.

Secondo quanto riportato al § 7.3.3 delle NTC 2018, devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

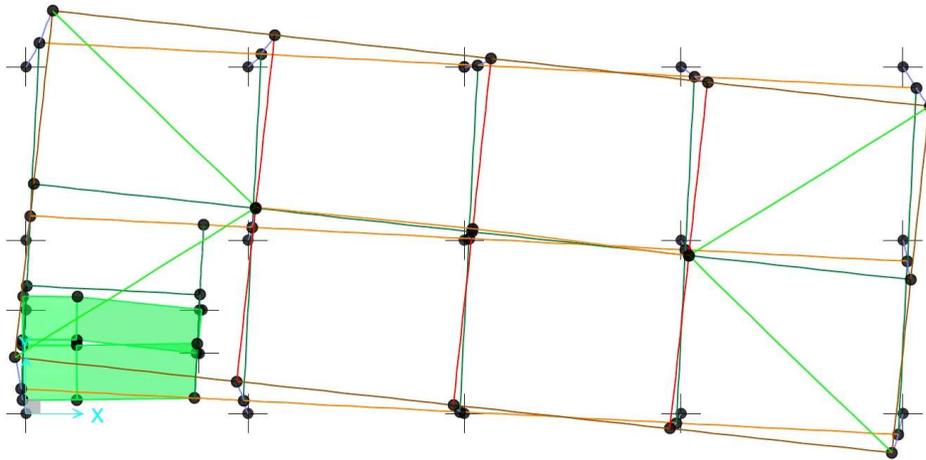
Si riportano di seguito la tabella riassuntiva di periodo e masse partecipanti relative ai primi dieci modi di vibrare e le immagini relative ai primi tre modi di vibrare della struttura.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless											
MODAL	Mode	1	0.623687	0.00%	81.52%	0.00%	0.00%	81.52%	0.00%	4.53%	0.00%	4.63%	4.53%	0.00%	4.63%
MODAL	Mode	2	0.405656	4.79%	2.95%	0.00%	4.79%	84.46%	0.00%	0.45%	0.04%	77.62%	4.97%	0.04%	82.25%
MODAL	Mode	3	0.331845	83.38%	0.09%	0.00%	88.17%	84.55%	0.00%	0.04%	1.15%	3.96%	5.01%	1.19%	86.21%
MODAL	Mode	4	0.209496	0.01%	14.04%	0.00%	88.18%	98.59%	0.00%	20.10%	0.00%	0.14%	25.11%	1.19%	86.35%
MODAL	Mode	5	0.156053	0.00%	0.50%	0.00%	88.18%	99.09%	0.00%	0.64%	0.00%	0.01%	25.74%	1.19%	86.36%
MODAL	Mode	6	0.141882	0.04%	0.23%	0.00%	88.22%	99.32%	0.00%	0.10%	0.11%	12.64%	25.85%	1.30%	99.00%
MODAL	Mode	7	0.129222	11.41%	0.01%	0.00%	99.63%	99.32%	0.00%	0.00%	6.07%	0.30%	25.85%	7.37%	99.30%
MODAL	Mode	8	0.069294	0.00%	0.09%	5.99%	99.63%	99.41%	5.99%	0.50%	4.76%	0.11%	26.35%	12.13%	99.41%
MODAL	Mode	9	0.05814	0.00%	0.02%	2.26%	99.63%	99.43%	8.26%	0.35%	1.27%	0.03%	26.70%	13.40%	99.44%
MODAL	Mode	10	0.050154	0.08%	0.00%	8.83%	99.71%	99.43%	17.09%	0.10%	6.60%	0.00%	26.79%	20.00%	99.44%
MODAL	Mode	11	0.049944	0.24%	0.01%	8.80%	99.95%	99.44%	25.88%	0.29%	0.16%	0.01%	27.08%	20.16%	99.45%
MODAL	Mode	12	0.048538	0.00%	0.00%	3.81%	99.95%	99.44%	29.70%	0.00%	0.45%	0.00%	27.08%	20.61%	99.45%

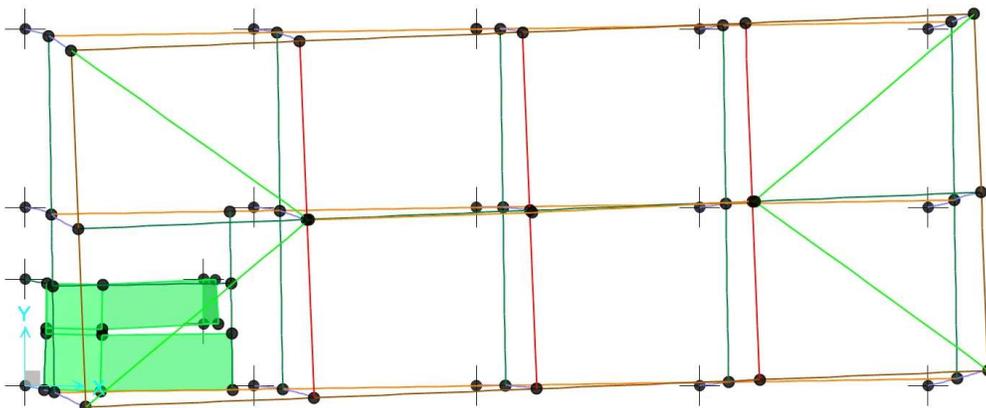
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1, T = 0.62369, f = 1.60337



Deformed Shape (MODAL) - Mode 2, T = 0.40566, f = 2.46514



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3, T = 0.33185, f = 3.01345



	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC 2018, sono state considerate agenti sulla struttura diverse condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali.

Per il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali è stato impiegato il programma di calcolo SAP2000.

### 7.1 Peso Proprio degli Elementi Strutturali

Il peso degli elementi strutturali modellati (travi, pilastri, pareti, soletta della scala) viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato, assumendo  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

I solai di piano e di copertura vengono realizzati con lastre prefabbricate di tipo predalle, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente. Come già detto, per il solaio di copertura non è prevista soletta superiore di ripartizione dei carichi.

Tipologia Solaio	Spessore Strati [cm]	Spessore Totale [cm]	Peso Solaio – G <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio di Piano	(4+22+4)	30	4.20
Solaio Sottotetto	(4+12+4)	20	3.20
Solaio Copertura	(16+4)	20	2.60

### 7.2 Carichi Permanenti Non Strutturali

- Tamponatura Esterna M1

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Intonaco e tinteggiatura	2.0	1400	0.28
Blocco in Termolaterizio tipo Poroton	8.0	760	0.61
Isolamento EPS	10.0	18	0.02
Blocco in Termolaterizio tipo Poroton	30.0	760	2.28
Intonaco civile liscio	1.5	1400	0.21
<b>TOTALE</b>	<b>51.5</b>		<b>3.40</b>

Considerando che l'altezza interpiano è  $H_{int} = 4.05 \text{ m}$  e assumendo uno spessore del solaio di sottotetto pari a 20 cm, si può considerare un'altezza complessiva del tamponamento esterno pari a  $H_{tamp} = 3.85 \text{ m}$ .

Il carico agente sulle travi di bordo può essere in definitiva assunto pari a:

$$G_{2\_Tamp} = 13.07 \text{ kN/m}$$

 <b>ITALFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

- Solaio di Fondazione

Sulla platea di fondazione sono previste tre tipologie di pacchetti di finitura, in funzione delle diverse destinazioni d'uso dei locali, come descritto nelle tabelle seguenti:

### H2 - SOLAIO A TERRA PAVIMENTO GALLEGGIANTE E IGLOO

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Pavimento Galleggiante	60		0.80
Soletta in c.a.	5	2500	1.25
Foglio separatore in polietilene			
Isolamento XPS	8	50	0.04
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Intercapedine cupolex	27		0.04
Incidenza Tramezzi			2.00
<b>TOTALE</b>	<b>105</b>		<b>5.38</b>

### H3 - SOLAIO A TERRA LOCALI SPOGLIATOIO E WC

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Pavimento in Gres Porcellanato	3	2300	0.69
Massetto di posa Pavimentazione	4	1200	0.48
Massetto alleggerito in argilla espansa o perlite	8	1200	0.96
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Intercapedine cupolex NON Aerata	40		0.06
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Foglio separatore in polietilene			
Isolamento XPS	8	50	0.04
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Intercapedine cupolex	27		0.04
Incidenza Tramezzi			2.00
<b>TOTALE</b>	<b>105</b>		<b>8.02</b>

 <b>ITALFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### H7 - SOLAIO A TERRA LOCALI TRASFORMATORI

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Soletta in c.a.	7	2500	1.75
Intercapedine cupolex NON	50		0.05
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Foglio separatore in polietilene			
Soletta c.a.	5	2500	1.25
Intercapedine cupolex	35		0.05
Incidenza Tramezzi			2,00
<b>TOTALE</b>	<b>103</b>		<b>6.36</b>

- Solaio Piano Primo

Sul solaio di piano primo grava prevalentemente il carico della pavimentazione flottante e dell'intonaco di intradosso, i cui valori sono esemplificati nella tabella seguente.

#### H4 - SOLAIO INTERPIANO

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Intonaco	1.5	1400	0.21
Pavimentazione Flottante	45		0.80
<b>TOTALE</b>	<b>46.5</b>		<b>1.01</b>

Nei locali destinati ai servizi igienici il pacchetto di finiture è invece il seguente:

#### H8 - SOLAIO INTERPIANO LOCALI SPOGLIATOIO E WC

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Pavimento in Gres Porcellanato	3	2300	0.69
Massetto di posa	4	1200	0.48
Massetto alleggerito in argilla	7	1200	0.84
Soletta c.a.	4	2500	1.00
Intercapedine cupolex NON	27		0.04
<b>TOTALE</b>	<b>105</b>		<b>3.05</b>

 <b>ITOLFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Visto che la maggior parte del piano primo è riservato alla Sala ACC, all'interno della quale non sono previste ulteriori partizioni, si prevede un carico dovuto alla presenza dei tramezzi interni applicato sui campi di solaio compresi fra i fili 1 e 3. Il peso dei tramezzi, assunto uniformemente distribuito sul solaio, è pari a:

Carico Tramezzi Interni            2.00 kN/m<sup>2</sup>

- Scala

Sulla scala si considerano agenti i seguenti carichi determinati rispettivamente da gradini e finiture:

G<sub>2\_Gradini</sub>    2.10 kN/m<sup>2</sup>

G<sub>2\_Finiture</sub>    1.85 kN/m<sup>2</sup>

- Solaio di Copertura

I carichi associati alle finiture di copertura sono riassunti nella tabella seguente:

#### H5 - SOLAIO SOTTOTETTO

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Intonaco	1.5	1400	0.21
<b>TOTALE</b>	<b>1.5</b>		<b>0.21</b>

#### H6 - SOLAIO COPERTURA

Descrizione	Spessore [cm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Carico – G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Manto di copertura in	1.5		0.52
Guaina	0.2	219	0.00
Massetto in cls	4	1200	0.48
Isolamento in EPS	12	50	0.06
<b>TOTALE</b>	<b>17.7</b>		<b>1.06</b>

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 7.3 Carichi Variabili

	Categoria	Denominazione	Qk [kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio di Copertura	Categoria H1 - Coperture Accessibili per sola Manutenzione	Q_H	0.5
Solaio Sottotetto	Cat. E2 - Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso	Q_E	1
Solaio di Piano	Cat. E2 - Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso	Q_E	10
	Cat. E2 - Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso – LOCALE CENTRALINA IS E BATTERIE	Q_SIAP Q_Batterie	18
Solaio di Fondazione	Cat. E2 - Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso – LOCALI TRASFORMATORI	Q_Trasformatori	30
	Cat. E2 - Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso – TUTTI GLI ALTRI AMBIENTI	Q_TLC Q_UM Q_Cabina_MT/BT	10
Scala	Categoria C2 - Ambienti suscettibili di affollamento	Q_C	4

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

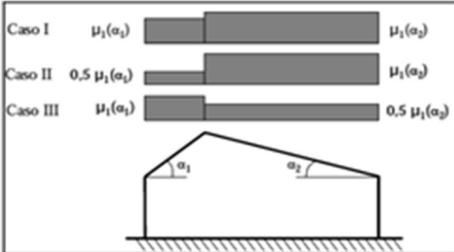
#### 7.4 Azione della Neve

L'azione della neve è stata valutata in conformità alle prescrizioni contenute nelle NTC 2018. Di seguito viene riportato il dettaglio del calcolo.

Regione: Piemonte

Provincia: Novara

Comune: Novara

CALCOLO AZIONE DELLA NEVE - NTC 2018 §3.4						
<i>Caratteristiche del Sito</i>	Zona	NTC 2018 §3.4.2		I		
	Altitudine s.l.m.			$a_s =$	162	m
	Valore di riferimento del carico neve al suolo			$q_{sk} =$	<b>1.50</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
	$q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2, a_s \leq 200 \text{ m s.l.m.}$					
	$q_{sk} = 1.35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2, a_s > 200 \text{ m s.l.m.}$					
<i>Coefficiente di esposizione</i>		NTC 2018 §3.4.4 Tab. 3.4.I		$C_E =$	<b>1</b>	
<i>Coefficiente Termico</i>		NTC 2018 §3.4.5		$C_t =$	<b>1</b>	
<i>Coefficiente di Forma</i>	Angolo di Inclinazione della Falda	NTC 2018 §3.4.3		$\alpha$	12.25°	
				$\mu_1(\alpha)$	0.8	
				$0.5^* \mu_1(\alpha)$	0.4	
						

Per considerare le condizioni più gravose indotte dal carico neve sui diversi elementi strutturali, si fa riferimento ai tre casi descritti nella figura soprastante.

Carico Neve

$$Q_{k\_Neve} = \mu_1(\alpha) q_{sk} C_E C_t = 1.20 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Caso I – Caso II Falda II – Caso III Falda I}$$

$$Q_{k\_Neve} = 0.5 \mu_1(\alpha) q_{sk} C_E C_t = 0.60 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Caso II Falda I - Caso III Falda II}$$

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 7.5 Azione del Vento

L'azione del vento è stata valutata in conformità con le prescrizioni contenute nelle NTC 2018. Di seguito viene riportato il dettaglio del calcolo.

Regione: Piemonte

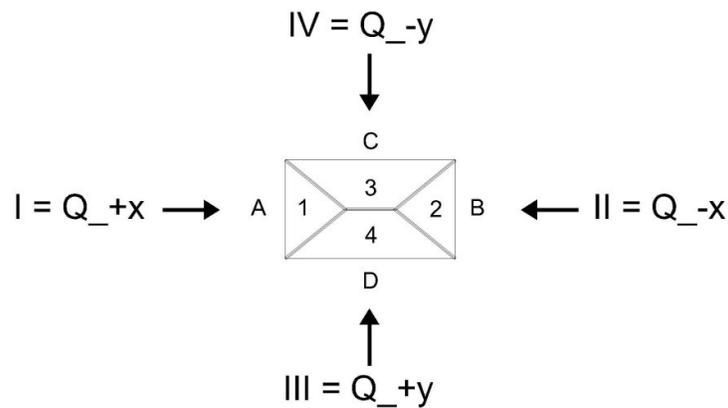
Provincia: Novara

Comune: Novara

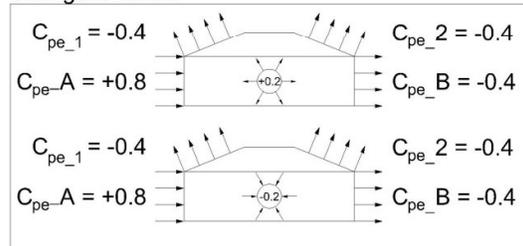
CALCOLO AZIONE DEL VENTO - NTC §3.3						
<i>Velocità base di riferimento</i>	Zona	NTC 2018	tab. 3.3.I		1	
	Altitudine s.l.m.			$a_s =$	162	m
		NTC 2018	tab. 3.3.I	$a_0 =$	1000	m
		NTC 2018	tab. 3.3.I	$v_{b,0} =$	25	m/s
		NTC 2018	tab. 3.3.I	$k_s =$	0.40	
		Coefficiente di Altitudine	NTC 2018	§3.3.1	$c_a$	1.00
	$c_a = 1$			$a_s \leq a_0$		
	$c_a = 1 + k_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$			$a_0 < a_s < 1500$ m		
	Velocità Base di Riferimento					
	10 m dal suolo, 10 min., cat. II, 50 anni			$v_b = v_{b,0} \cdot c_a =$	25	m/s
<i>Velocità di riferimento</i>	Periodo di riferimento	NTC 2018	§3.3.2	$T_r =$	50	anni
	Coefficiente di ritorno	NTC 2018	§3.3.2	$c_r =$	1.00	
	Velocità di riferimento	NTC 2018	§3.3.2	$v_r = v_b \cdot c_r =$	25.02	m/s
<i>Pressione del vento</i>	Pressione cinetica di riferimento	NTC 2018	§3.3.6	$q_r(v_r) =$	390.6	N/m <sup>2</sup>
	$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$					
<i>Coefficiente di esposizione</i>	Classe di rugosità del terreno	NTC 2018	tab. 3.3.III		B	
	Terra oltre 30km e h<500m					
	Categoria di esposizione del sito:	NTC 2018	fig. 3.3.2		IV	
		NTC 2018	tab. 3.3.II	$k_r =$	0.22	
		NTC 2018	tab. 3.3.II	$z_0 =$	0.30	m
		NTC 2018	tab. 3.3.II	$z_{min} =$	8.00	m
	Coefficiente topografico	NTC 2018	§3.3.7	$c_t =$	1.00	
	Coefficiente di esposizione a $z_{min}$	NTC 2018	§3.3.7			
	$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$			$z \geq z_{min}$	$c_e(z) =$	1.72
	$c_e(z) = c_e(z_{min})$			$z < z_{min}$	$c_e(z_{min}) =$	1.63
<i>Coefficiente dinamico</i>	Coefficiente dinamico	NTC 2018	§3.3.9	$c_d =$	1.0	
<i>Coefficiente di pressione</i>	Coefficiente di Pressione Sopravento	NTC 2018	§3.3.8	$C_{pe}$	±0.8	
	Coefficiente di Pressione Sottovento			$C_{pi}$	±0.2	
				$C_p$	1.00	

Pressione di calcolo  $p(z_{min}) = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 672.25$  N/m<sup>2</sup>

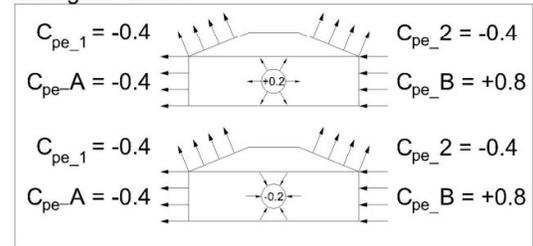
Per considerare le condizioni più gravose indotte dal carico vento sui diversi elementi strutturali, si fa riferimento alle configurazioni riportate nella figura seguente, che considerano 4 scenari a seconda che il vento spiri in direzione  $\pm X$  o  $\pm Y$  e per ciascuno di essi valutano le differenti combinazioni possibili di Coefficiente di Forma interno e esterno su ogni facciata lambita.



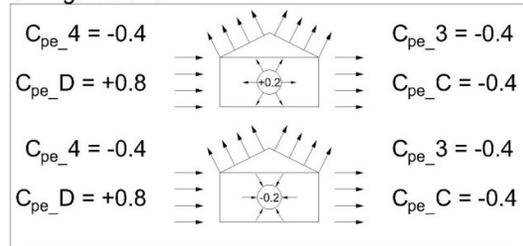
Configurazione I



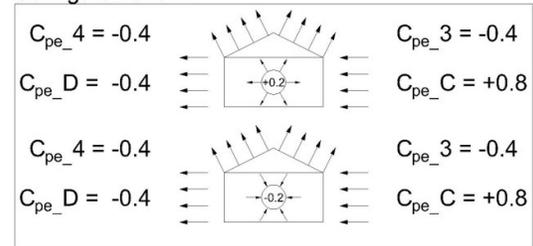
Configurazione II



Configurazione III



Configurazione IV



In copertura il vento agisce come azione di sollevamento e per questo viene trascurato.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 7.6 Azione Termica

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 al § 3.5.5, nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente uniforme di variazione termica  $\Delta T_u$ , esprimibile come segue:

$$\Delta T_u = T - T_0$$

in cui:

T = Temperatura media attuale

$T_0$  = Temperatura iniziale alla data della costruzione  $T_0$ .

Il valore di  $\Delta T_u$  può essere ricavato dalla Tabella 3.5.11 della stessa norma e per costruzioni in cemento armato protette può essere assunto pari a  $\pm 10^\circ\text{C}$ . Per tener conto del fatto che questo fenomeno avviene in modo prolungato nel tempo e sarà quindi soggetto all'effetto della viscosità del calcestruzzo, per la valutazione delle sollecitazioni indotte sulla struttura si abbatta il modulo elastico a un terzo del valore medio.

Tuttavia, l'edificio in esame è caratterizzato da un regime di temperatura interna particolare: la maggior parte degli ambienti è infatti caratterizzata dalla presenza di apparati che da un lato sono responsabili di elevati carichi termici e dall'altro, trattandosi di macchinari a range esteso, sono in grado di operare a temperature molto elevate. Per questo, quasi tutti gli ambienti non sono dotati di impianto di condizionamento ma solo di un sistema di ventilazione forzata che garantisce il ricambio dell'aria interna.

Alla luce di queste considerazioni, viste le elevate dispersioni termiche di cui sono responsabili questi macchinari, si ipotizza che la temperatura degli ambienti interni oscilli intorno a un valore medio di  $25^\circ\text{C}$ , con punte massime estive di  $45^\circ\text{C}$  e minime invernali di  $15^\circ\text{C}$ . Sulla base di questa ipotesi, per l'edificio in esame la variazione stagionale di temperatura può essere considerata la seguente:

$$\text{Periodo Estivo} \quad 45^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = +20^\circ\text{C}$$

$$\text{Periodo Invernale} \quad 15^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = -10^\circ\text{C}$$

Questi sono i valori assunti come riferimento per la valutazione delle azioni termiche agenti sulla struttura, poiché risultano più restrittivi rispetto a quelli generali prescritti dalla norma. Anche in questo caso, trattandosi di un fenomeno lento, i suoi effetti potranno essere considerati abbattendo il modulo elastico del calcestruzzo a un terzo del valore medio.

	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

L'effetto di queste variazioni termiche è stato valutato in un modello di analisi realizzato ad hoc, nel quale non sono stati inseriti vincoli di piano rigido in corrispondenza degli implacati, in modo da consentire agli elementi strutturali di deformarsi sotto l'azione delle variazioni termiche.

I risultati ottenuti dall'analisi della struttura soggetta alla sola azione termica sono riportati nella tabella seguente:

$\Delta T = + 20^{\circ}\text{C}$

Travi	Nasce Sforzo Normale di Compressione, che ha un effetto benefico sugli elementi strutturali ed è pertanto trascurabile ai fini del loro dimensionamento
Pilastr	Nascono Momenti Flettenti e Sforzi di Taglio con valori massimi rispettivamente di circa 40 kNm e 20 kN. È tuttavia necessario sottolineare che, ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali, le azioni indotte dalle variazioni termiche si combinano con le altre azioni gravanti sulla struttura solo nelle Combinazioni di Carico SLU, poiché assumono valore nullo in combinazione sismica, essendo $\psi_2(\Delta T) = 0$ . Un incremento dei Momenti Flettenti e degli Sforzi di Taglio allo SLU non risulta tuttavia rilevante per il dimensionamento dei pilastr, che per questo Stato Limite sono caratterizzati da rapporti D/C di circa 0,3, e per i quali la combinazione di carico dimensionante è sempre la combinazione sismica SLV, nella quale si registrano Momenti Flettenti e Sforzi di Taglio massimi e Sforzi Normali minimi.

$\Delta T = - 10^{\circ}\text{C}$

Travi	Nasce Sforzo Normale di Trazione con valori massimi di circa 25 kN. Uno sforzo Normale di questa entità richiede un incremento di armatura di circa $65 \text{ mm}^2 (= 25.000/391,30)$ , corrispondenti a circa il 4% dell'area totale di armatura tesa presente nelle sezioni maggiormente sollecitate (4 $\phi$ 24 in appoggio nelle travi di spina). Visto il basso incremento richiesto, si assume trascurabile l'effetto di tale azione ai fini del dimensionamento delle travi del telaio strutturale.
Pilastr	Nascono Momenti Flettenti e Sforzi di Taglio con valori massimi rispettivamente di circa 20 kNm e 10 kN. Valgono le considerazioni esposte per la variazione termica $\Delta T = + 20^{\circ}\text{C}$ .

Alla luce di quanto riportato nella tabella, si decide di trascurare il contributo delle variazioni termiche stagionali ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 7.7 Azioni Eccezionali – Urti da Traffico Ferroviario

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 al § 3.6.3.4, all'occorrenza di un deragliamento può verificarsi il rischio di collisione fra i veicoli deragliati e le strutture adiacenti la ferrovia. Queste ultime dovranno essere progettate in modo da resistere alle azioni conseguenti ad una tale evenienza.

Dette azioni devono determinarsi sulla base di una specifica analisi di rischio, tenendo conto della presenza di eventuali elementi protettivi o sacrificali (respingenti) ovvero di condizioni di impianto che possano ridurre il rischio di accadimento dell'evento (marciapiedi, controrotaie, ecc.).

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza  $d$  degli elementi esposti dall'asse del binario:

- per  $d \leq 5$  m:
  - 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $5 \text{ m} < d \leq 15$  m:
  - 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $d > 15$  m pari a zero in entrambe le direzioni.

Queste forze devono essere applicate a 1.80 m dal piano del ferro e non devono essere considerate agenti simultaneamente.

Nel caso in esame, l'edificio si trova a una distanza inferiore a 15 m dall'asse binario più vicino; tuttavia, secondo le disposizioni contenute nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 C, Parte II, Sezione 3, § 3.12.3.5), trattandosi di un Fabbricato Tecnologico lungo linea ove non è normalmente prevista la presenza di persone, non è necessario adottare azioni mitigative e pertanto nel dimensionamento degli elementi strutturali viene trascurato il contributo dell'azione in oggetto.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 7.8 Azione Sismica

Nell'analisi dinamica lineare di un edificio soggetto a sisma l'azione sismica è rappresentata dallo spettro di risposta di progetto. La definizione di quest'ultimo avviene direttamente all'interno del software SAP2000, il quale fornisce gli spettri di risposta di riferimento per la verifica allo SLO, SLD e SLV, determinati conformemente a quanto prescritto dalla norma.

Per fornire gli spettri richiesti, il software richiede l'inserimento di alcuni parametri caratteristici della struttura in esame e del sito in cui si trova. In particolare, oltre alle coordinate geografiche, il programma richiede di specificare la Vita Nominale  $V_N$  dell'edificio e il suo Coefficiente d'Uso  $C_U$ , al fine di poter calcolare il periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R = V_N \cdot C_U$

Per la definizione della **Vita Nominale** da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di un'infrastruttura ferroviaria si rimanda alla Tabella 2.5.1.1.1-1 *Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie* contenuta nel "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE 2 SEZIONE II – Ponti e Strutture" (RFI DTC SI PS MA IFS 001 C) e di seguito riportata.

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale $V_N$ [Anni] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Tab. 2.5.1.1.1-1 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

**Figura 7.1 – RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Tabella 2.5.1.1.1-1 Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie**

L'oggetto della presente relazione rientra nell'ambito di "altre opere nuove a velocità  $v < 250$  km/h", dunque le strutture di progetto avranno vita nominale  $V_N = 75$  anni.

Il valore del Coefficiente d'Uso  $C_U$  varia in relazione alla **Classe d'Uso** dell'edificio, come riportato nella Tabella 2.4.11 delle NTC 2018 (Figura 7.2). Le NTC 2018 prevedono quattro diverse Classi d'Uso; per i fabbricati tecnologici si fa riferimento alla *Classe IV* "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità", alla quale corrisponde un Coefficiente d'Uso  $C_U$  pari a 2.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1.0	1.5	2.0

Figura 7.2 – NTC 2018, Coefficiente d'Uso degli edifici

Si ottiene dunque un valore del Periodo di Riferimento per l'azione sismica pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 2 = 150 \text{ anni}$$

È inoltre necessario precisare la **Categoria di Sottosuolo** e la **Categoria Topografica** cui appartiene il sito in esame; queste informazioni sono reperibili dalla relazione geotecnica, che prescrive l'assunzione di una Categoria di Sottosuolo B e una Categoria Topografica  $T_1$ .

Per la determinazione dello spettro di risposta di progetto è anche necessario precisare il valore adottato per il **Fattore di Comportamento  $q$**  nell'ambito di ciascuno stato limite considerato. Secondo quanto riportato al § 7.3 delle NTC 2018, nel caso di analisi lineare, infatti, la domanda sismica per le strutture può essere ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento  $q$ , che tiene implicitamente conto della capacità dissipativa delle stesse. I valori attribuibili a  $q$  variano in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

Le NTC 2018 forniscono i seguenti valori massimi per il valore di  $q$  da assumere per ogni stato limite, in funzione del comportamento strutturale assunto.

Tab. 7.3.I – Limiti su  $q$  e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Figura 7.3 - NTC 2018, valori limite per il fattore di comportamento  $q$

Secondo quanto riportato al § 7.3.1 delle NTC 2018, nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento  $q$ , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Il limite superiore  $q_{lim}$  del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R$$

dove:

$K_R$  = fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0.8 per costruzioni non regolari in altezza.

$q_0$  = valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente  $\lambda$  di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.

I valori di  $q_0$  da assumere per le strutture in cemento armato, al variare delle tipologie strutturali e della Classe di Duttilità scelta, sono riassunti nella Tabella 7.3.II, di seguito riportata.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base  $q_0$  del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	$q_0$	
	CD" A"	CD" B"
<b>Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)</b>		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 $\alpha_u/\alpha_1$	3,0 $\alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 $\alpha_u/\alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Figura 7.4 – NTC 2018, Valori di  $q_0$  per strutture in cemento armato

Assumendo che la struttura si trovi in Classe di Duttilità Bassa ("CDB"), per le strutture miste telaio-pareti si ha  $q_0 = 3.0\alpha_u/\alpha_1$ .

Per le costruzioni in cemento armato regolari in pianta, qualora non si proceda a un'analisi non lineare finalizzata alla sua valutazione, per il rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$ , possono essere adottati i valori indicati al paragrafo 7.4.3.2. In particolare, il valore del rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  dipende dalla tipologia strutturale. La struttura in esame rientra nella tipologia strutturale "Strutture a telaio", nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base  $\geq 65\%$  della resistenza a taglio totale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

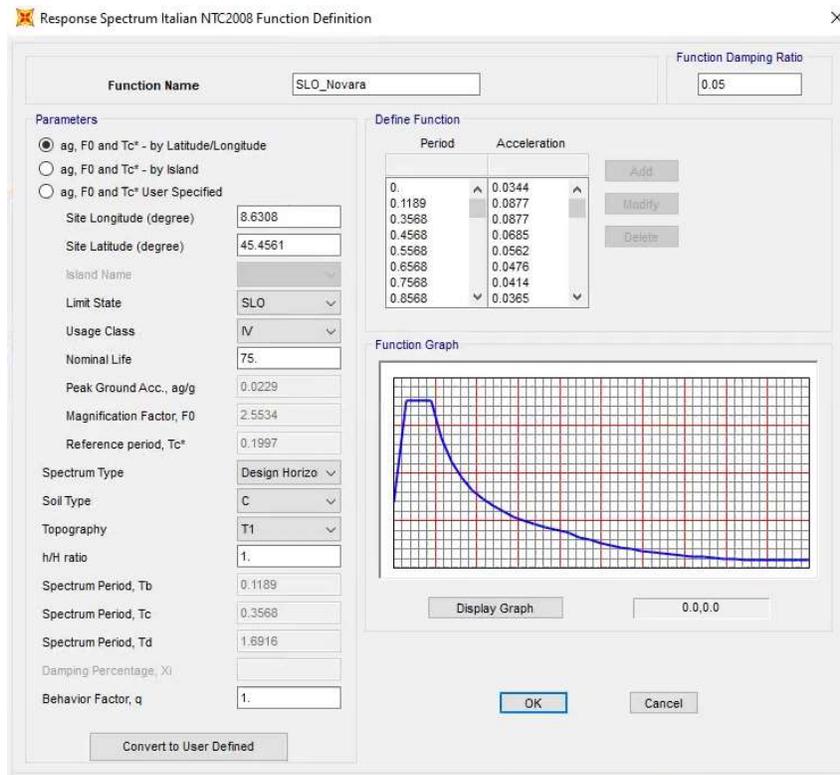
Dunque, per determinare il valore del rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  si assume che la struttura in oggetto ricada nel punto a) descritto dalla normativa al § 7.4.3.2 “*Strutture a telaio o miste equivalenti a telai*”; in particolare, per *strutture a telaio con più piani e più campate* la norma prescrive un valore di  $\alpha_u/\alpha_1$  pari a 1.3.

In definitiva, il valore massimo attribuibile al fattore q, assumendo la struttura regolare in altezza e quindi  $K_R = 1$ , sarà pari a

$$q = q_0 \cdot K_R = 3.9.$$

Per il caso in esame si decide tuttavia di assumere cautelativamente  $q_{SLV} = 3.0$ . Per lo Stato Limite di Danno, in conformità con quanto prescritto in Tab. 7.3.1 NTC2018, si assume  $q_{SLD} = 1.5$ .

Infine, è necessario specificare anche lo Stato Limite di analisi, poiché lo spettro di risposta varia in relazione allo Stato Limite considerato. In particolare, per le analisi richieste, è necessario individuare lo spettro di risposta all'SLO, all'SLD e all'SLV.



**Figura 7.5 - Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 per la località di Novara allo SLO**

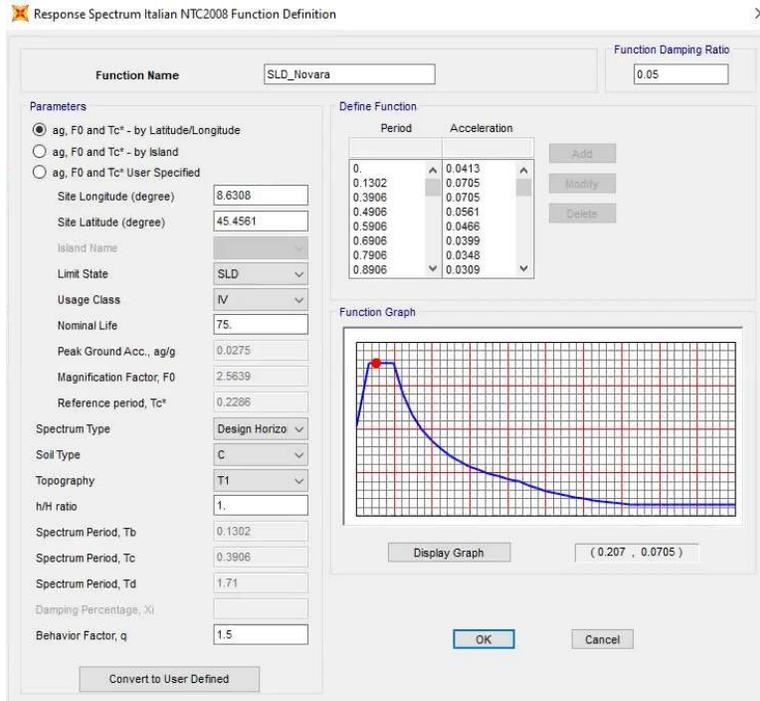


Figura 7.6 – Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 per la località di Novara allo SLD

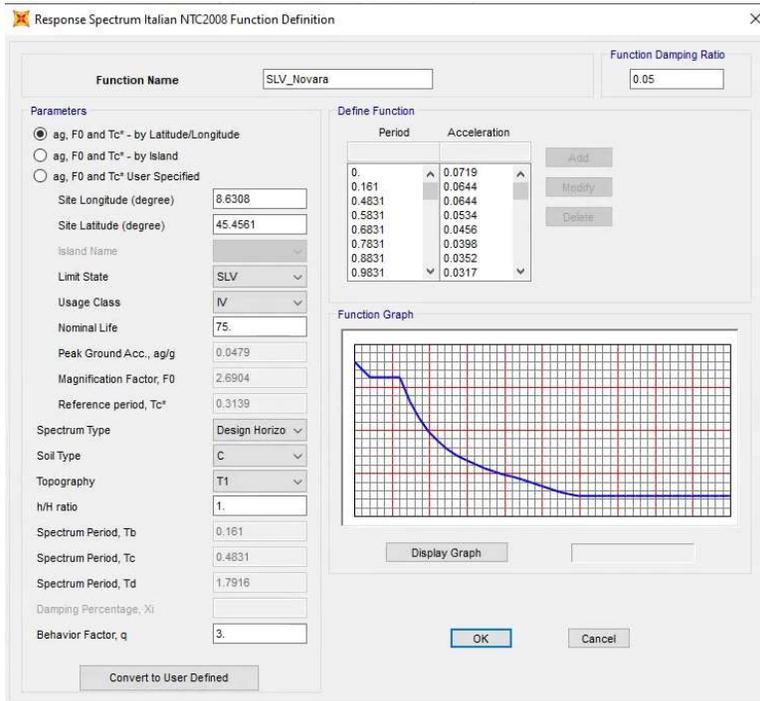


Figura 7.7 - Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 per la località di Novara allo SLV

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>00</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0100 001</td> <td>A</td> <td>51 DI 152</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	51 DI 152
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	51 DI 152								

Per eseguire un'analisi con spettro di risposta su SAP2000, una volta definite le funzioni spettro, è necessario creare un nuovo Load Case di tipo Response Spectrum, impostando come modal combination l'opzione CQC, inserendo nei carichi applicati la funzione Spettro allo SLV appena creata e impostando come tipo di carico l'accelerazione  $U_1$  con fattore di scala 9.81, poiché i valori di accelerazione riportati nello spettro sono normalizzati rispetto all'accelerazione di gravità  $g$ . Secondo quanto richiesto dalle NTC 2018, è necessario introdurre all'interno del modello le eccentricità delle azioni; infatti, al § 7.2.6 la normativa prescrive la necessità di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale, per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico nonché delle incertezze nella localizzazione delle masse. Questa operazione è fatta direttamente in questa fase, assegnando all'opzione "Eccentricity Ratio" il valore 0.05. Il caso di carico così creato rappresenta il sisma agente in direzione  $x$  allo SLV. Si prosegue in modo analogo creando in tutto 6 differenti Load Cases: SLO\_Ex, SLO\_Ey, SLD\_Ex, SLD\_Ey, SLV\_Ex, SLV\_Ey, che verranno combinati con le altre azioni verticali, secondo quanto prescritto dalla combinazione sismica definita dalla normativa e descritta al prossimo paragrafo.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche nei confronti dei diversi stati limite si adottano le combinazioni delle azioni tratte dal § 2.5.3 NTC 2018:

- Combinazione fondamentale SLU:

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

- Combinazione caratteristica (rara):

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

- Combinazione frequente:

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

- Combinazione quasi permanente:

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

- Combinazione sismica:

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

I valori dei coefficienti parziali per le azioni sono riportati nella tabella sottostante, tratti dalla Tabella 2.5.I in funzione delle diverse categorie di carico.

	Q_E	Q_C	Q_H	Q_Neve	Q_Vento	Q_SIAP	Q_Batterie	Q_Trasformatori	Q_TLC	Q_Cabina MT_BT	Q_UM
$\Psi_0$	1.00	0.70	0.00	0.50	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Psi_1$	0.90	0.70	0.00	0.20	0.20	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
$\Psi_2$	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si adotta l'*Approccio Progettuale 2*, in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC 2018, di seguito riportata.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche agli SLU

Azione		Coefficiente $\gamma_F$	A1 STR	A2 GEO
Carichi Permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	1.00	1.00
	Sfavorevoli		1.30	1.00
Carichi Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00
	Sfavorevoli		1.50	1.30
Carichi Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00
	Sfavorevoli		1.50	1.30

In base ai valori assunti dai coefficienti sopra definiti, si ottengono le seguenti combinazioni, per ciascuno degli Stati Limite Considerati.

**TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO PER MODELLO STRUTTURA IN ELEVAZIONE**

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>E</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>H</sub>	Q <sub>Neve</sub>	Q <sub>Vento</sub>	SLV <sub>X</sub>	SLV <sub>Y</sub>	SLD <sub>X</sub>	SLD <sub>Y</sub>	SLO <sub>X</sub>	SLO <sub>Y</sub>	
SLU_1	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	0.75	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLU_2	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	0.75	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLU_3	1.30	1.50	1.50	1.05	1.50	0.75	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLU_4	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	1.50	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLU_5	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	0.75	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLE_rara_1	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.50	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLE_rara_2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLE_rara_3	1.00	1.00	1.00	0.70	1.00	0.50	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLE_rara_4	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	1.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLE_rara_5	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLE_freq_1	1.00	1.00	0.90	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLE_freq_2	1.00	1.00	0.80	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLE_freq_3	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLE_freq_4	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLE_freq_5	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	54 DI 152

SLE_qp	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SLV_1	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	Sisma SLV Direz X
SLV_2	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Sisma SLV Direz Y
SLD_1	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.00	0.00	Sisma SLD Direz X
SLD_2	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.00	0.00	Sisma SLD Direz Y
SLO_1	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	Sisma SLO Direz X
SLO_2	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	Sisma SLO Direz Y



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	55 DI 152

Dove i simboli riportati nella tabella precedente hanno il seguente significato:

$$G2_{fond} = G2_{muri} + G2_{vespaio H2} + G2_{vespaio H3} + G2_{vespaio H7}$$

$$Q_{fond} = Q_{Trasformatori} + Q_{Cabina MT/BT} + Q_{Batterie} + Q_{SIAP} + Q_{TLC} + Q_{UM}$$

**TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO PER MODELLO STRUTTURA DI FONDAZIONE**

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>E</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>H</sub>	Q <sub>Neve</sub>	Q <sub>Vento</sub>	G <sub>2_fond</sub>	Q <sub>fond</sub>	SLV_X	SLV_Y	SLD_X	SLD_Y	SLO_X	SLO_Y	
SLU_1_fond_A1	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	0.75	0.90	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLU_2_fond_A1	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	0.75	0.90	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLU_3_fond_A1	1.30	1.50	1.50	1.05	1.50	0.75	0.90	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLU_4_fond_A1	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	1.50	0.90	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLU_5_fond_A1	1.30	1.50	1.50	1.05	0.00	0.75	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLU_1_fond_A2	1.00	1.30	1.30	0.91	0.00	0.65	0.78	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLU_2_fond_A2	1.00	1.30	1.30	1.30	0.00	0.65	0.78	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLU_3_fond_A2	1.00	1.30	1.30	0.91	1.30	0.65	0.78	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLU_4_fond_A2	1.00	1.30	1.30	0.91	0.00	1.30	0.78	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLU_5_fond_A2	1.00	1.30	1.30	0.91	0.00	0.65	1.30	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLE_rara_1_fond	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.50	0.60	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLE_rara_2_fond	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.50	0.60	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLE_rara_3_fond	1.00	1.00	1.00	0.70	1.00	0.50	0.60	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLE_rara_4_fond	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLE_rara_5_fond	1.00	1.00	1.00	0.70	0.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLE_freq_1_fond	1.00	1.00	0.90	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	E Principale
SLE_freq_2_fond	1.00	1.00	0.80	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C Principale
SLE_freq_3_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	H Principale
SLE_freq_4_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.20	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Neve Principale
SLE_freq_5_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.20	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Principale
SLE_qp_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SLV_1_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.80	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	Sisma SLV Direz X
SLV_2_fond	1.00	1.00	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.80	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Sisma SLV Direz Y

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 9 SOLLECITAZIONI

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 al § 7.3.6, per le costruzioni di Classe IV, se si vogliono limitare i danneggiamenti strutturali, per tutti gli elementi strutturali deve essere verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione ( $E_d$ ) calcolato in presenza delle azioni sismiche corrispondenti allo *SLD*, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto ( $R_d$ ), calcolato secondo le regole specifiche indicate per ciascun tipo strutturale nel Cap. 4.

Dal momento che l'azione sismica valutata per la località di Novara allo Stato Limite di Danno è di entità inferiore rispetto a quella considerata per le verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, gli elementi strutturali risulteranno certamente verificati all'*SLD* una volta condotte le verifiche all'*SLV*. Pertanto, si omette di riportare i valori delle sollecitazioni nei diversi elementi strutturali corrispondenti a tale combinazione di carico.

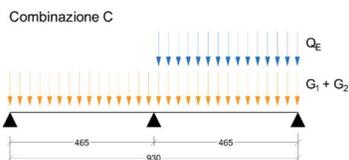
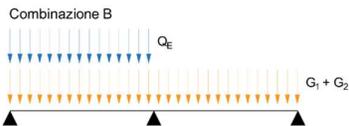
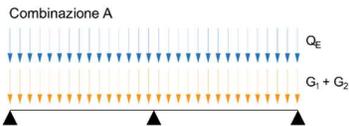
### 9.1 Solai

Per il calcolo delle sollecitazioni caratterizzanti i solai di piano e del sottotetto, orditi parallelamente al lato corto dell'edificio, si assume uno schema statico di trave continua su 3 appoggi; per il solaio di copertura invece, ordito parallelamente alla pendenza delle falde, si assume uno schema statico di trave doppiamente appoggiata con sbalzo pari all'aggetto della copertura stessa.

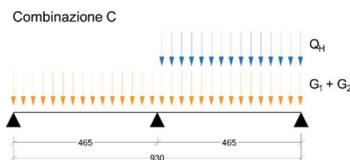
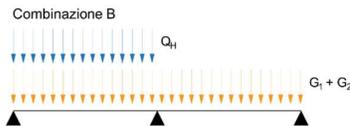
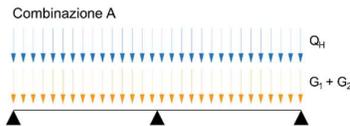
Per questi schemi di calcolo si considerano le diverse configurazioni di carico rappresentate nella figura seguente. Si precisa che le espressioni " $G_1 + G_2$ " e " $Q_H + Q_{snow}$ " sono da intendersi in senso generico e che per ciascuna delle combinazioni considerate (vedi § 8) verranno applicati i coefficienti  $\gamma$  e  $\psi$  richiesti dalla normativa.

**SOLAI - SCHEMI DI CALCOLO**

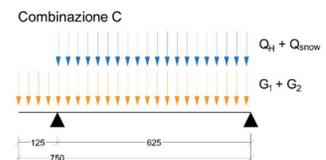
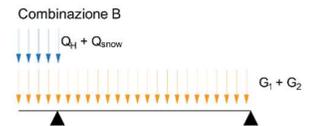
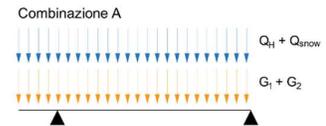
• SOLAIO INTERPIANO - H 30 cm (4+22+4)



• SOLAIO SOTTOTETTO - H 20 cm (4+12+4)



• SOLAIO COPERTURA - H 20 cm (4+16)



Si riportano nella seguente tabella i valori massimi delle sollecitazioni nelle diverse combinazioni di carico considerate per il solaio di copertura.

**Solaio di Piano**

	$M_{MAX\_Campata}$	$M_{MAX\_Appoggio}$	$V_{max}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]
SLU	24.85	35.61	38.25
SLE_rara	17.07	24.65	
SLE_frequente	15.83	23.03	
SLE_quasi permanente	14.59	21.41	

**Solaio Sottotetto**

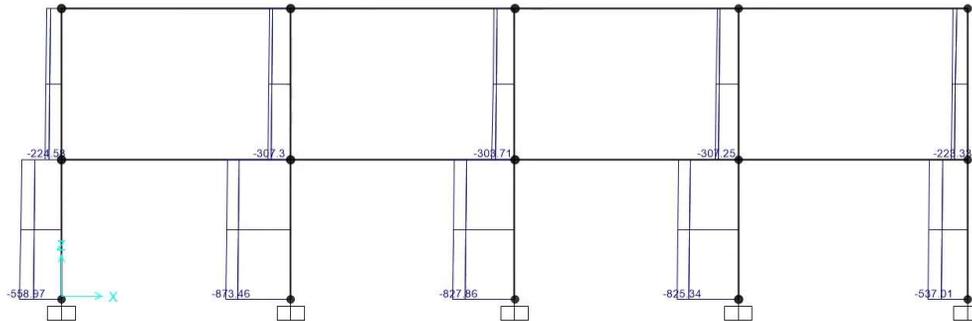
	$M_{MAX\_Campata}$	$M_{MAX\_Appoggio}$	$V_{max}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]
SLU	5.63	9.18	9.87
SLE_rara	4.14	6.81	
SLE_frequente	4.02	6.65	
SLE_quasi permanente	3.90	6.49	

**Solaio Copertura**

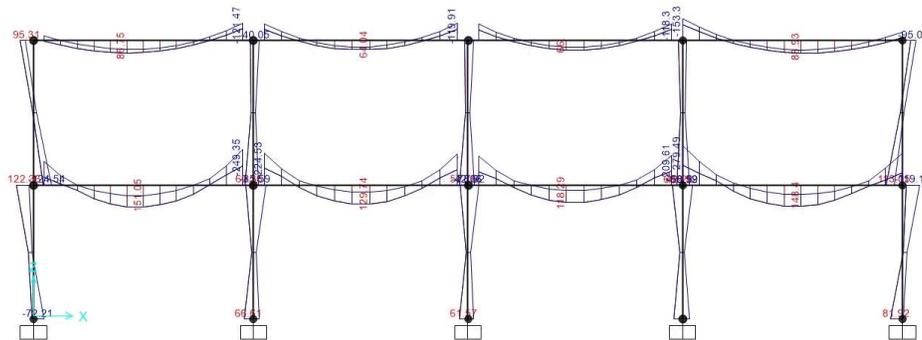
	$M_{MAX\_Campata}$	$M_{MAX\_Appoggio}$	$V_{max}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]
SLU	15.97	2.51	11.1
SLE_rara	11.6	1.82	
SLE_frequente	7.97	1.25	
SLE_quasi permanente	7.13	1.12	

## 9.2 Telaio Filo Fisso A

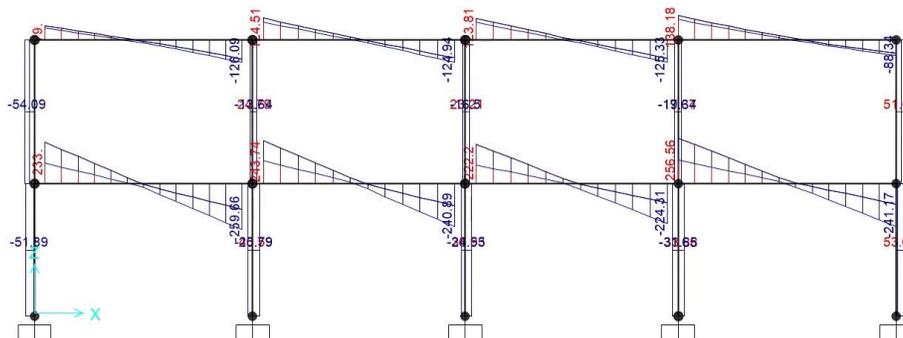
Di seguito si riportano alcune immagini che illustrano la distribuzione delle sollecitazioni negli elementi del telaio corrispondente al filo fisso A per le diverse combinazioni di carico considerate.



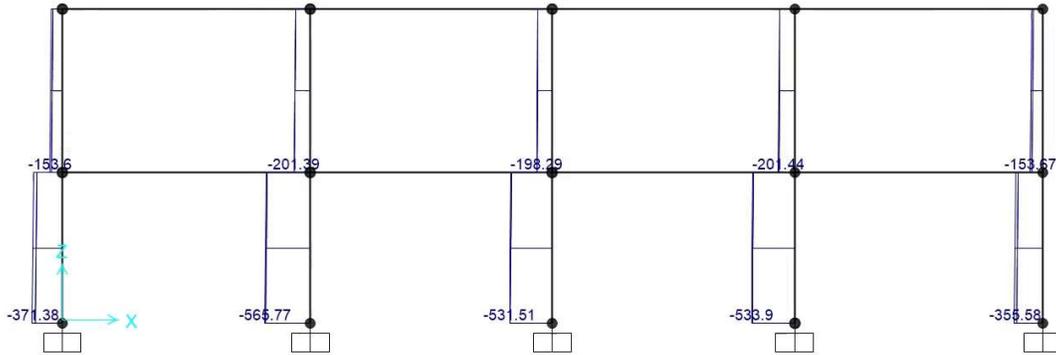
**Figura 9.1 – Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale**



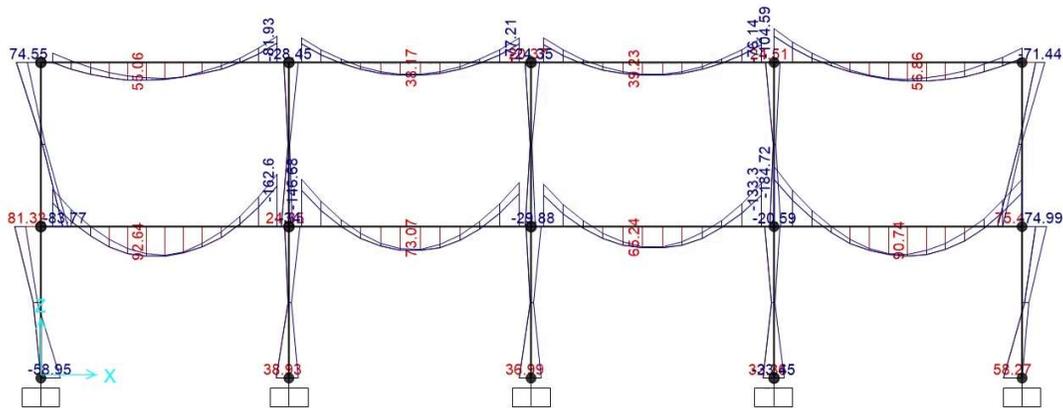
**Figura 9.2 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33**



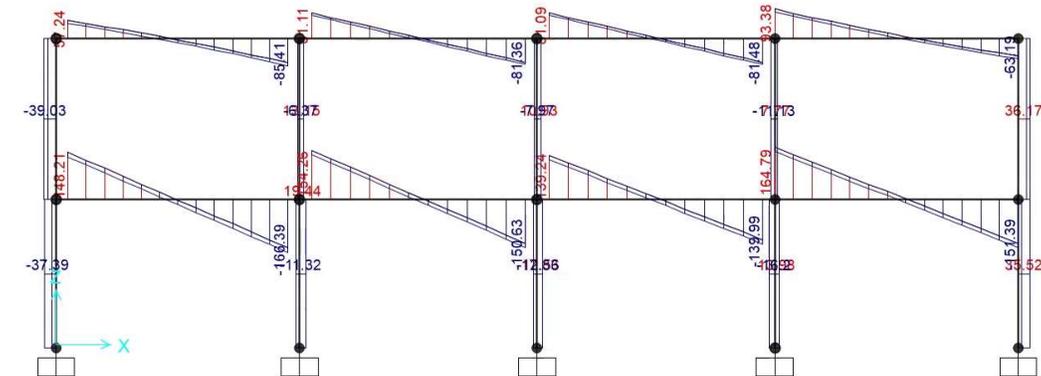
**Figura 9.3 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V22**



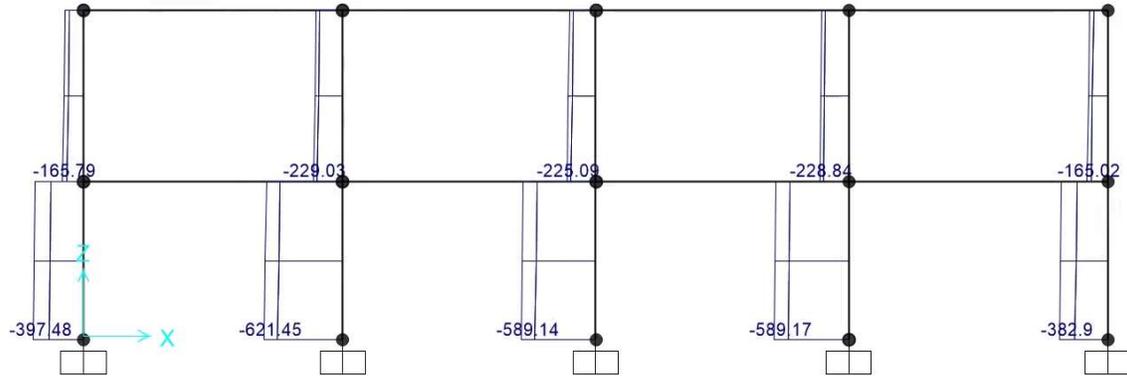
**Figura 9.4 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale**



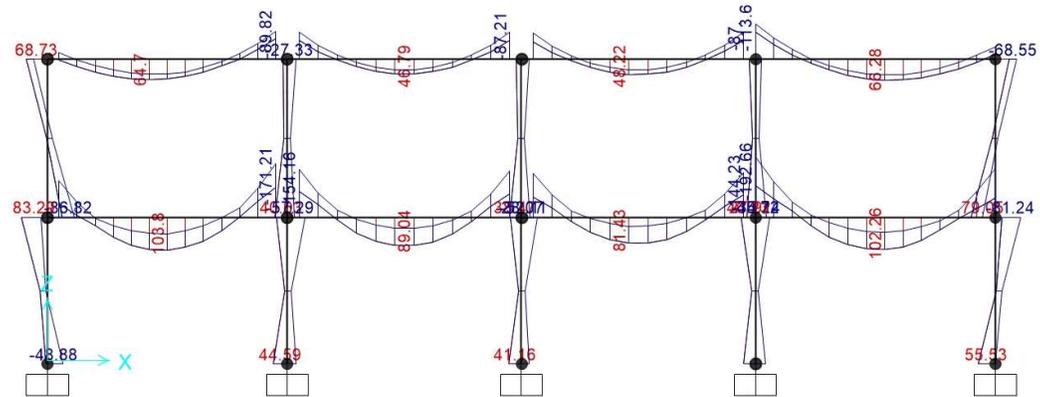
**Figura 9.5 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33**



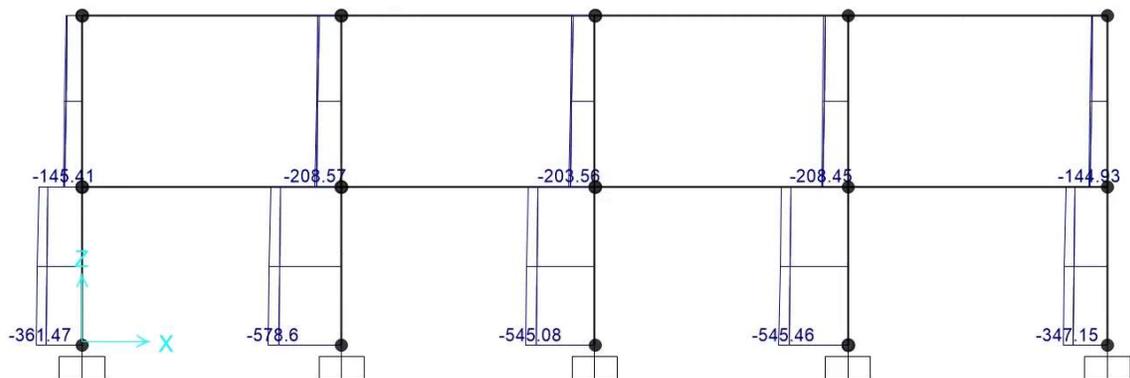
**Figura 9.6 - Combinazione SLV – Valori Sforzo di Taglio V22**



**Figura 9.7 - Combinazione SLE rara – Valori di Sforzo Normale**



**Figura 9.8 - Combinazione SLE rara – Valori di Momento Flettente M33**



**Figura 9.9 - Combinazione SLE frequente – Valori di Sforzo Normale**

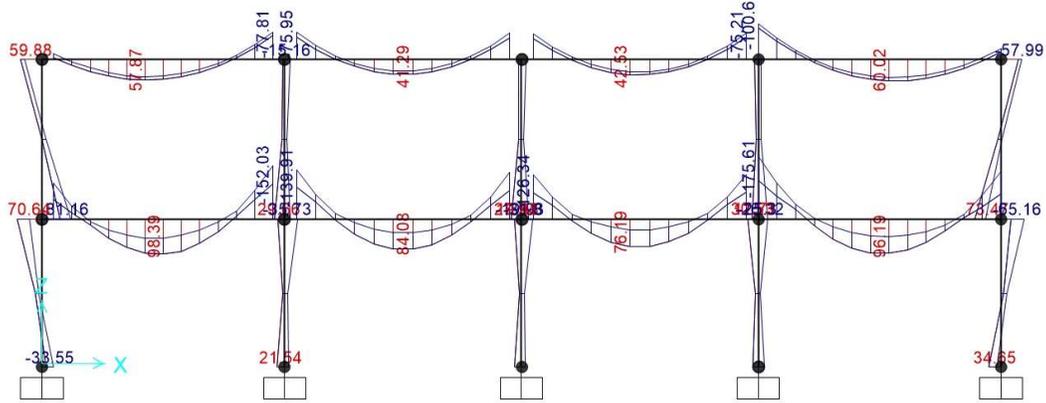


Figura 9.10 - Combinazione SLE frequente – Valori di Momento Flettente M33

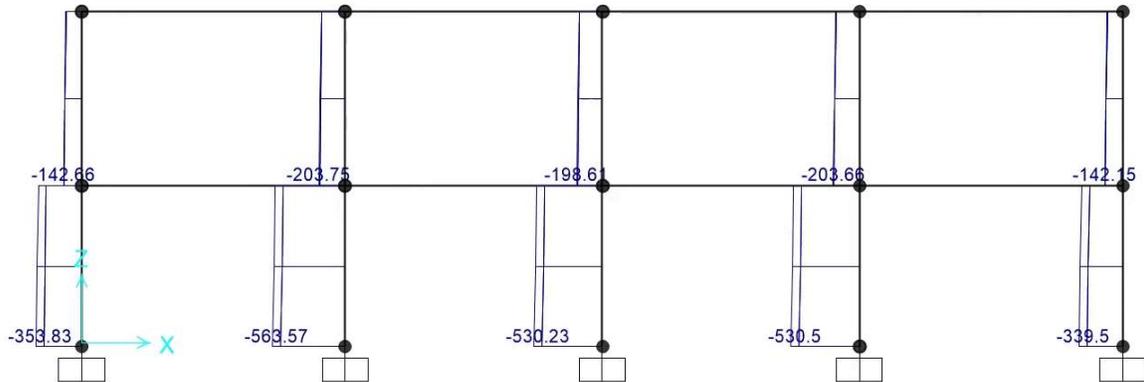


Figura 9.11 - Combinazione SLE quasi permanente – Valori di Sforzo Normale

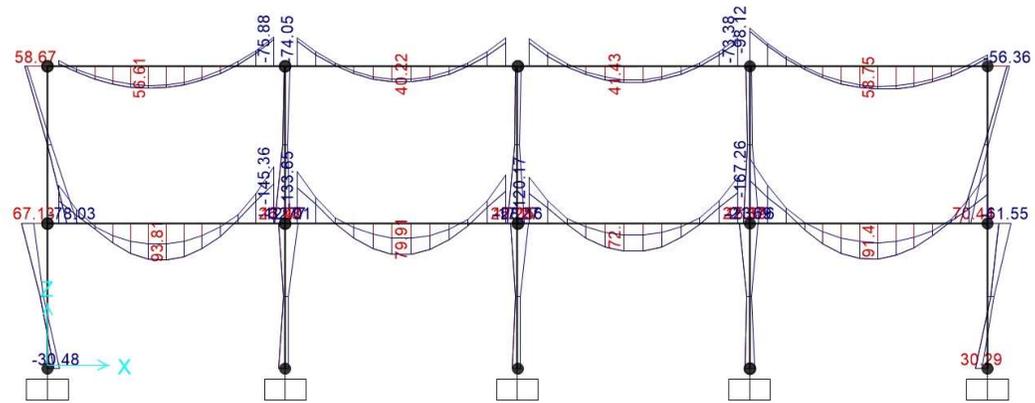
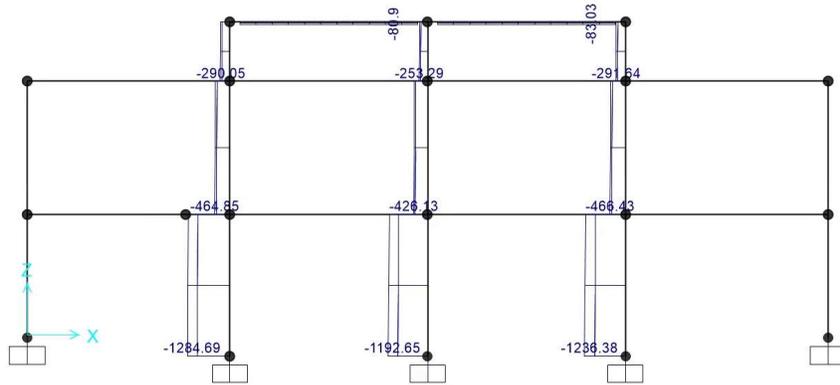


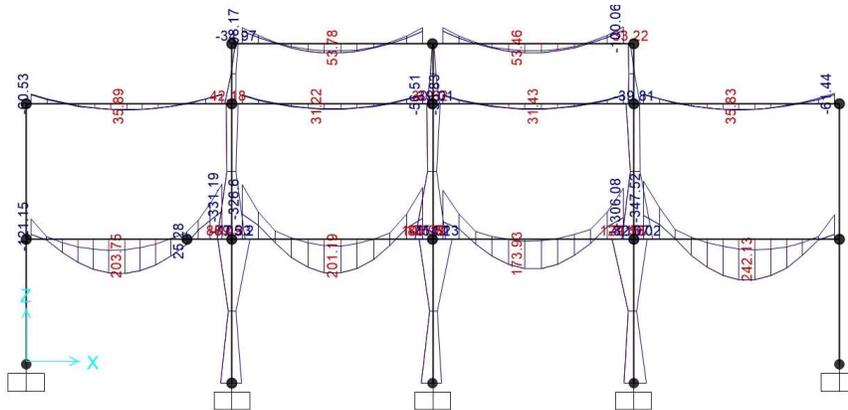
Figura 9.12 - Combinazione SLE quasi permanente – Valori di Momento Flettente M33

### 9.3 Telaio Filo Fisso B

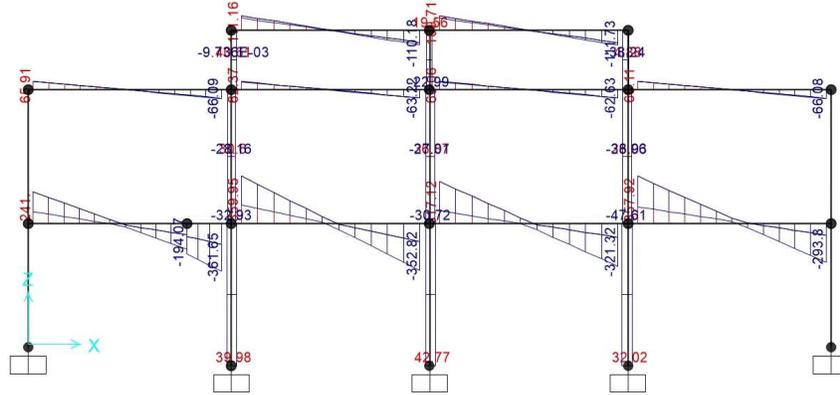
Di seguito si riportano alcune immagini che illustrano la distribuzione delle sollecitazioni negli elementi del telaio corrispondente al filo fisso B per le diverse combinazioni di carico considerate.



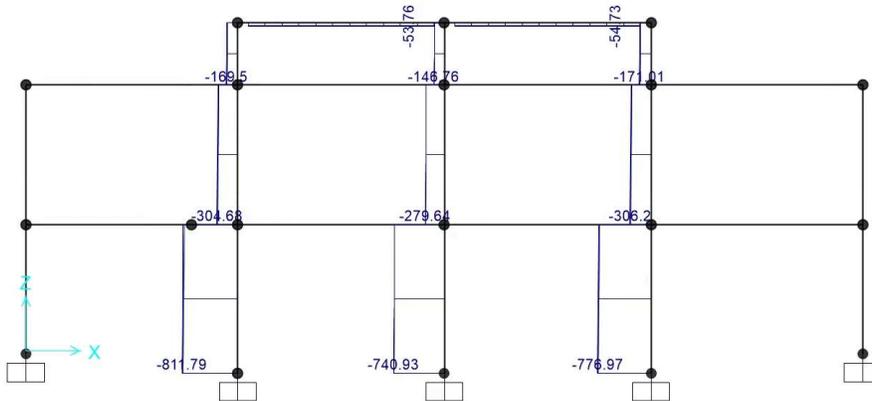
**Figura 9.13 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale N**



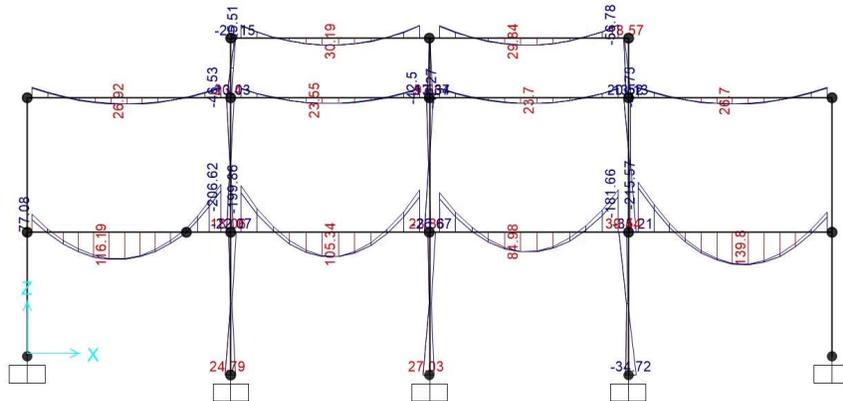
**Figura 9.14 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33**



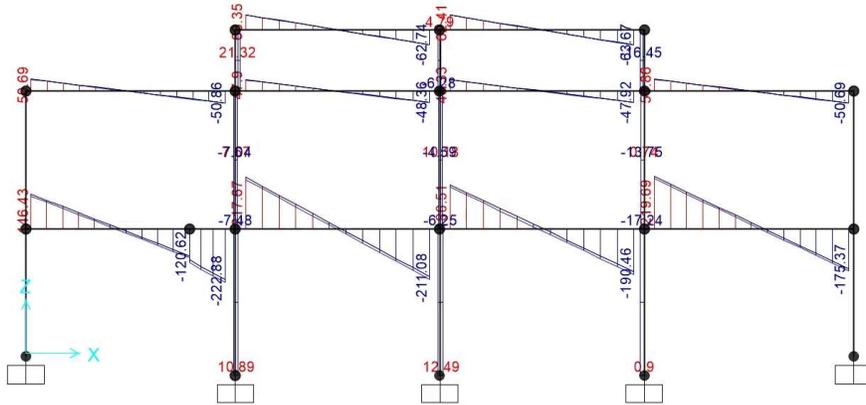
**Figura 9.15 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V22**



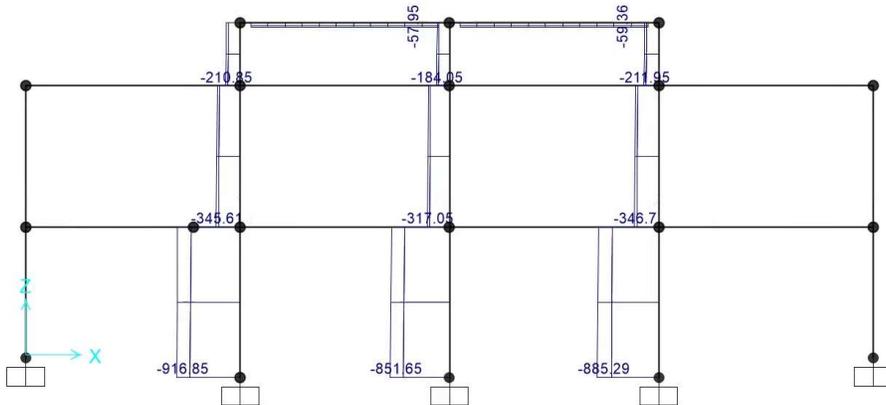
**Figura 9.16 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale N**



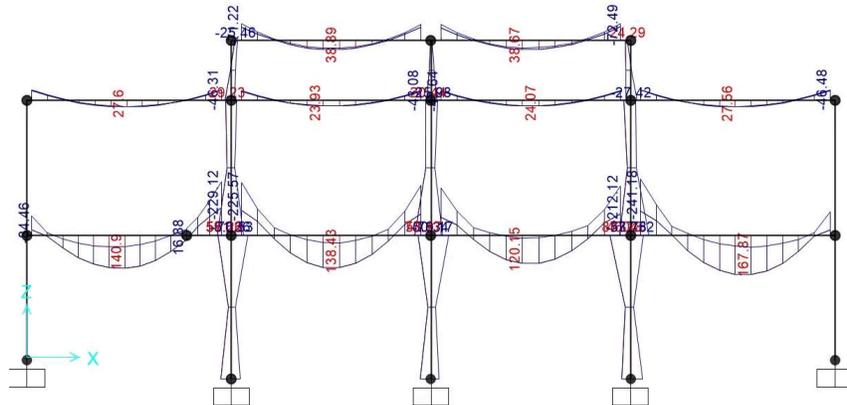
**Figura 9.17 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33**



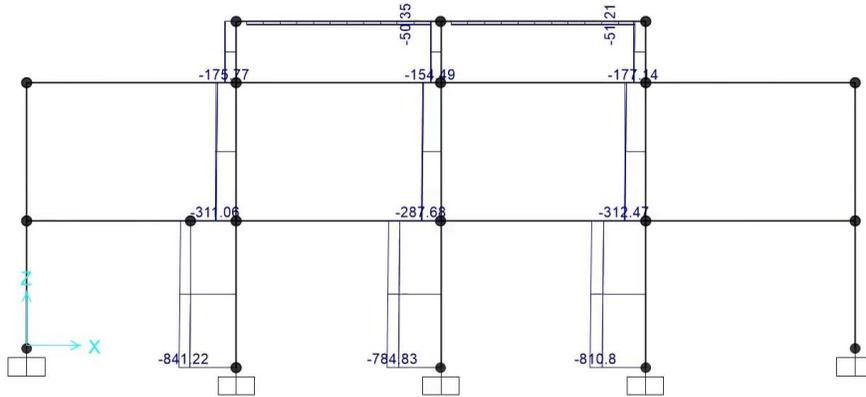
**Figura 9.18 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V22**



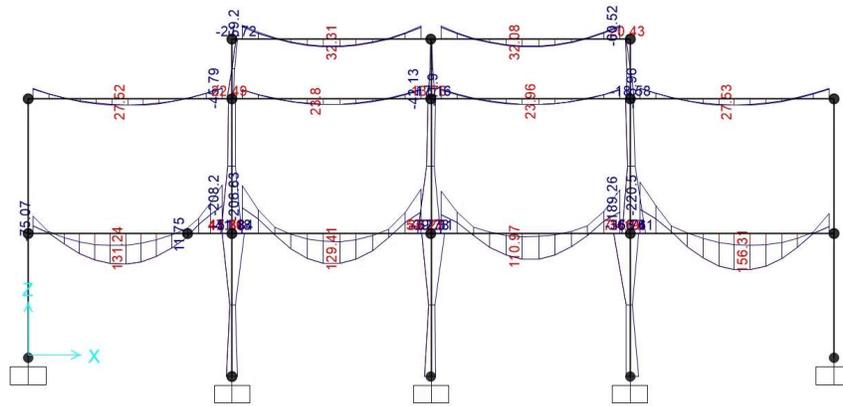
**Figura 9.19 - Combinazione SLE rara – Valori di Sforzo Normale N**



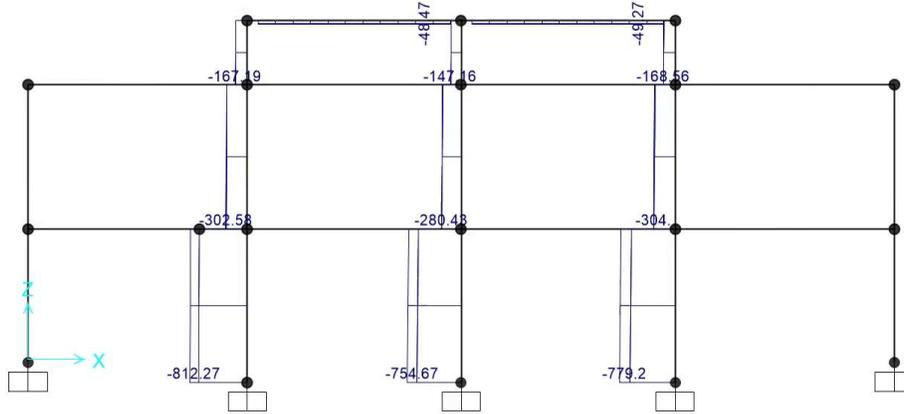
**Figura 9.20 - Combinazione SLE rara – Valori di Momento Flettente M33**



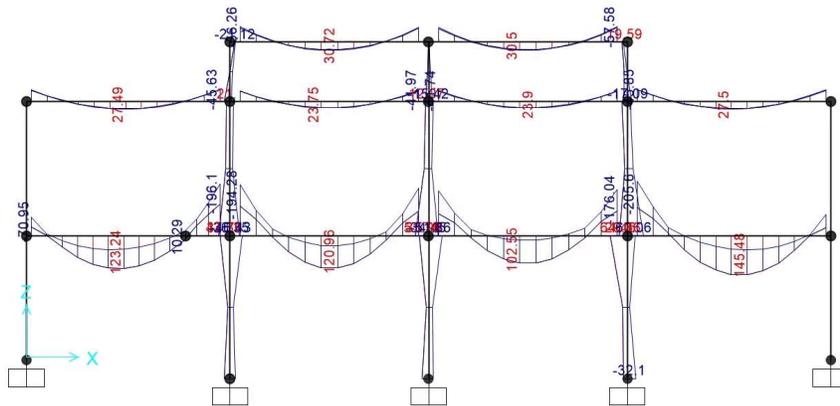
**Figura 9.21 - Combinazione SLE frequente – Valori di Sforzo Normale N**



**Figura 9.22 - Combinazione SLE frequente – Valori di Momento Flettente M33**



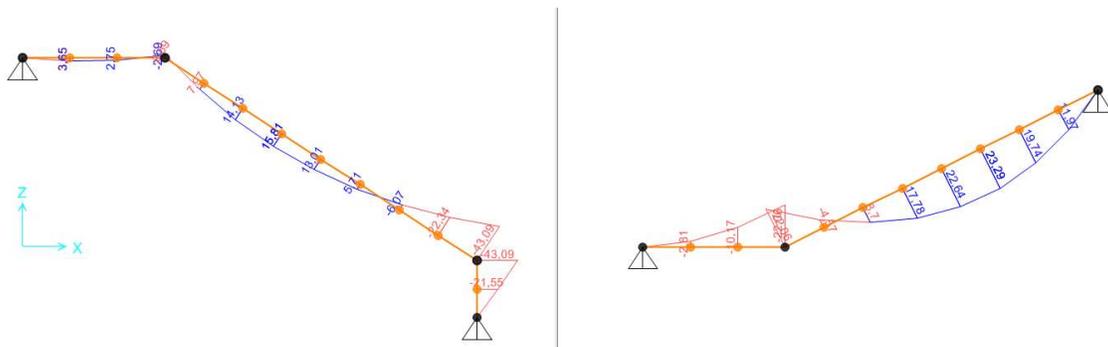
**Figura 9.23 - Combinazione SLE quasi permanente – Valori di Sforzo Normale N**



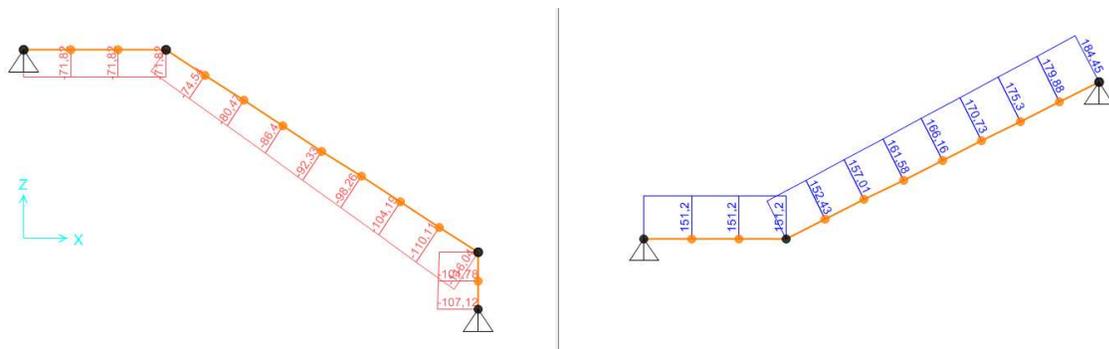
**Figura 9.24 - Combinazione SLE quasi permanente – Valori di Momento Flettente M33**

## 9.4 Scala

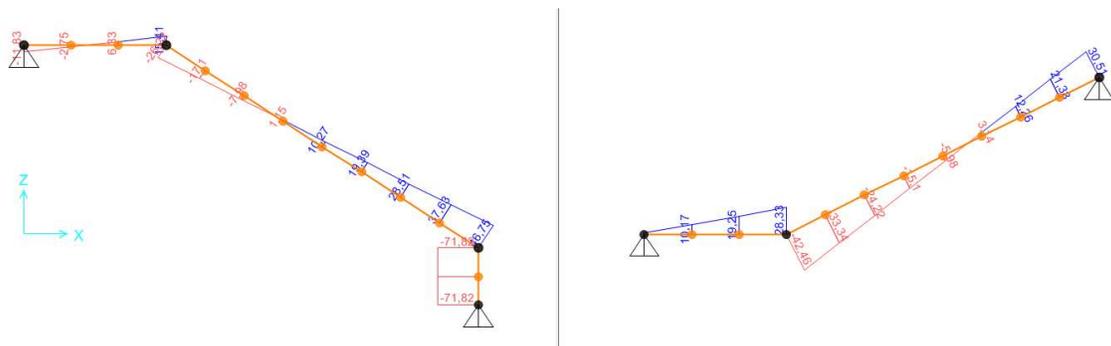
Di seguito si riportano alcune immagini che illustrano la distribuzione delle sollecitazioni nelle due travi che costituiscono la scala del fabbricato, per le diverse combinazioni di carico considerate.



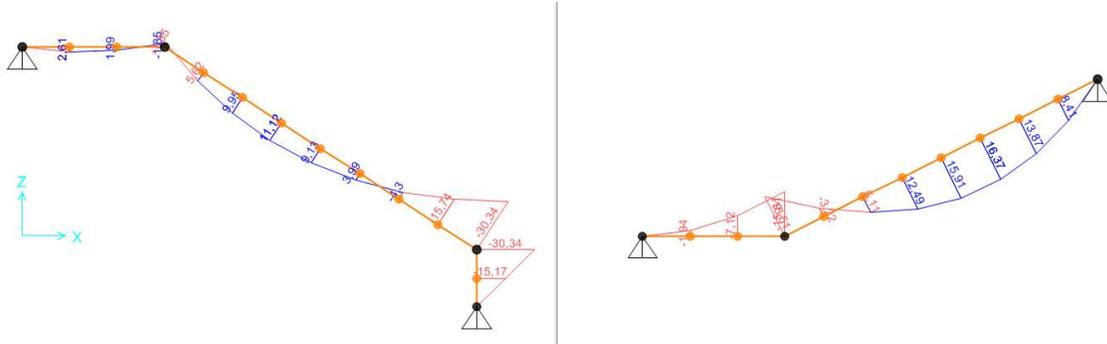
**Figura 9.25 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33**



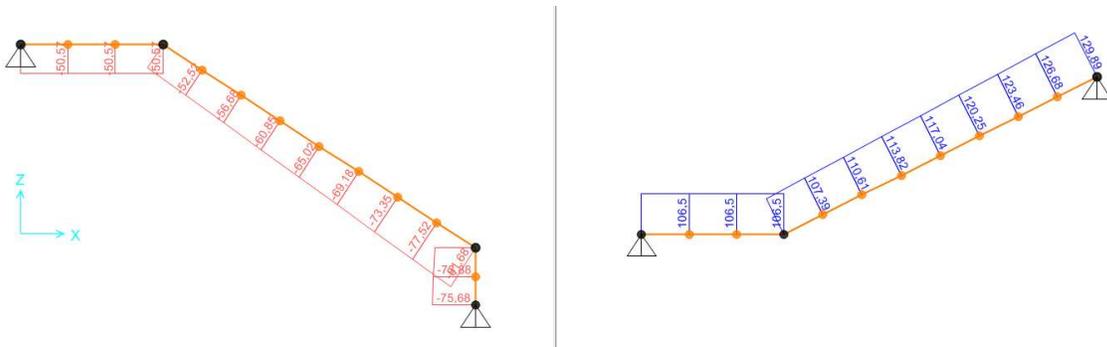
**Figura 9.26 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale**



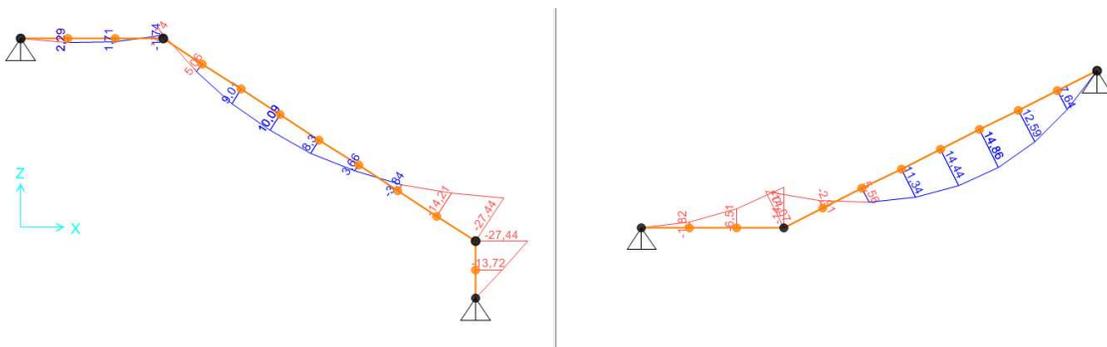
**Figura 9.27 - Combinazione SLU – Valori di Taglio V22**



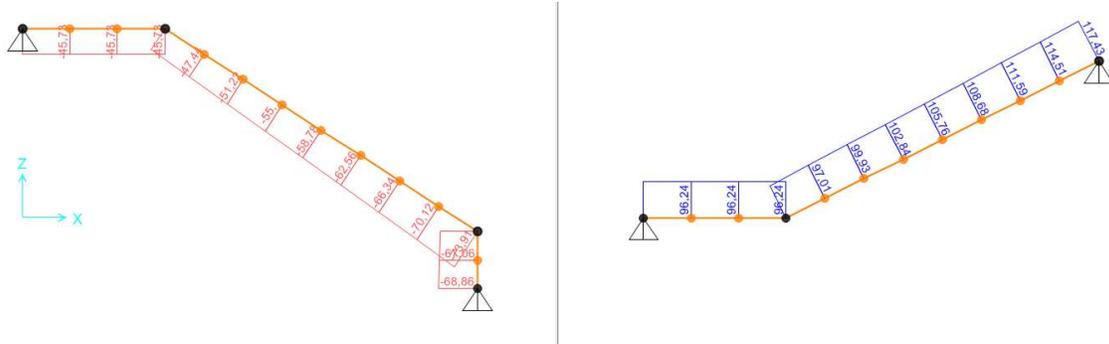
**Figura 9.28 - Combinazione SLE Rara – Valori di Momento Flettente M33**



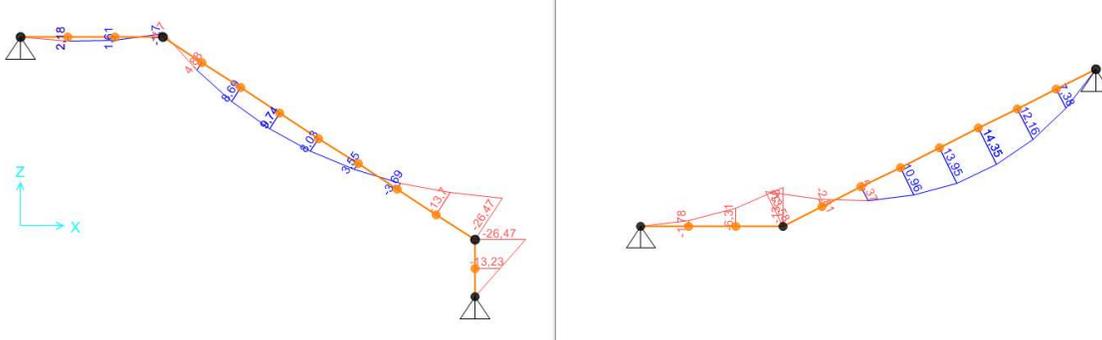
**Figura 9.29 - Combinazione SLE Rara – Valori di Sforzo Normale**



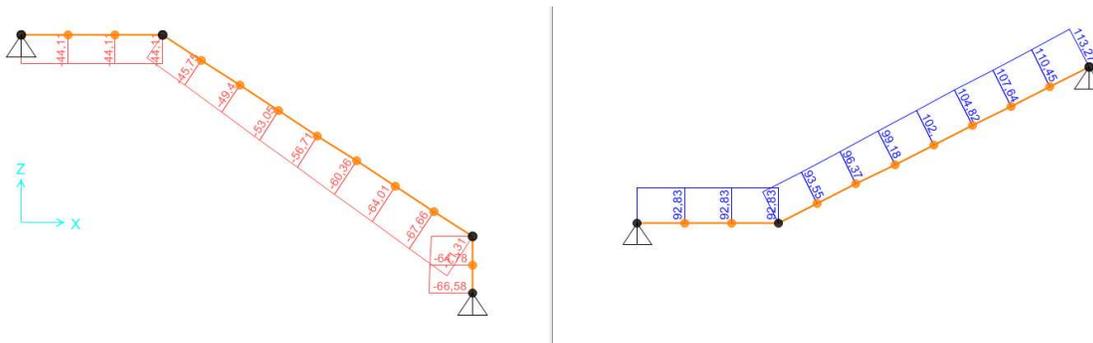
**Figura 9.30 - Combinazione SLE Frequente – Valori di Momento Flettente M33**



**Figura 9.31 - Combinazione SLE Frequente – Valori di Sforzo Normale**



**Figura 9.32 - Combinazione SLE Quasi Permanente – Valori di Momento Flettente M33**

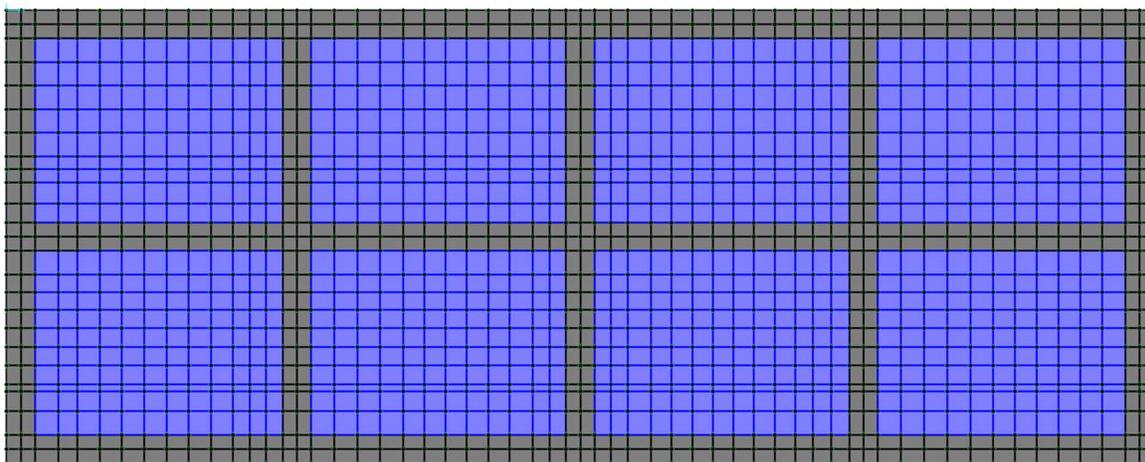


**Figura 9.33 - Combinazione SLE Quasi Permanente – Valori di Sforzo Normale**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 9.5 Platea di Fondazione

I valori di riferimento per le verifiche a flessione e a taglio della platea non sono i valori massimi, che si verificano in corrispondenza delle nervature di irrigidimento, ma devono essere valutati rispettivamente a 60 cm dai fili strutturali esterni e a 30 cm da quelli interni, in corrispondenza dell'interfaccia fra la nervatura stessa e la platea. Per il dimensionamento della platea si considerano dunque i valori massimi che interessano i soli elementi *shell* evidenziati in blu nella figura sottostante.

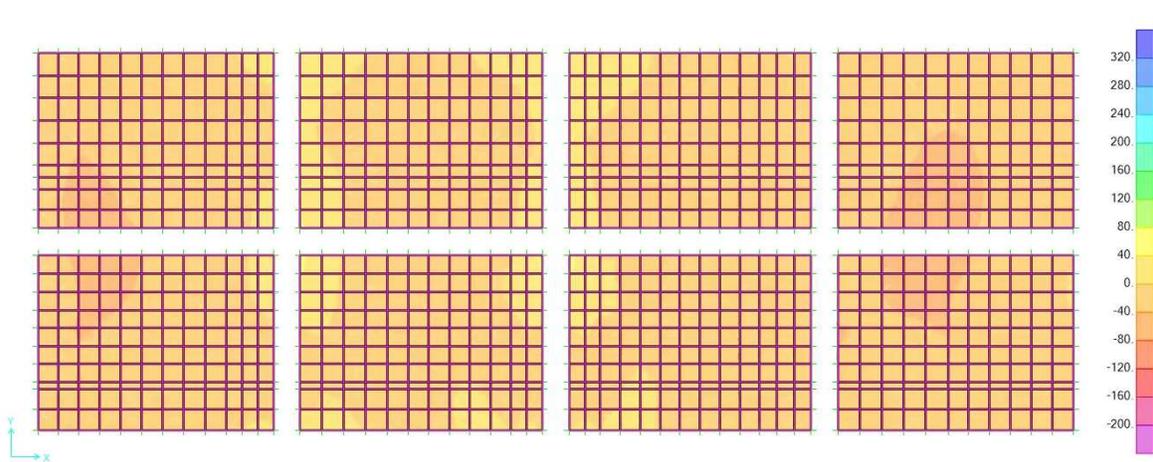


**Figura 9.34 – Individuazione degli elementi shell considerati per la verifica della platea di fondazione**

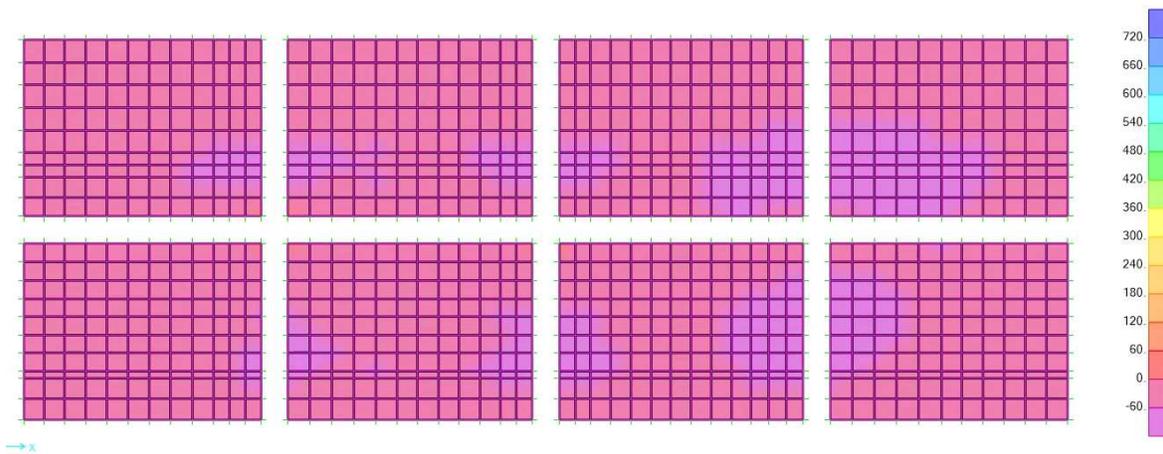
I valori massimi e minimi dei momenti flettenti per la platea di fondazione per le combinazioni considerate sono riepilogati nelle seguenti tabelle.

<b>SLV TOT fond</b>						
M11 max	301-2	101.14	kNm/m	M22 max	331-7	65.33 kNm/m
M11 min	294-1	-100.55	kNm/m	M22 min	330-6	-105.18 kNm/m
<b>SLU TOT fond A1</b>						
M11 max	20	117.44	kNm/m	M22 max	20	82.38 kNm/m
M11 min	294-1	-86.2	kNm/m	M22 min	85	-109.63 kNm/m
<b>SLE Rara TOT fond</b>						
M11 max	20	83.65	kNm/m	M22 max	20	58.36 kNm/m
M11 min	294-1	-61.83	kNm/m	M22 min	85	-78.62 kNm/m
<b>SLE Frequente TOT fond</b>						
M11 max	20	74.13	kNm/m	M22 max	20	51.14 kNm/m
M11 min	294-1	-57.73	kNm/m	M22 min	284-2	-70.78 kNm/m
<b>SLE Quasi Permanente TOT fond</b>						
M11 max	20	70.52	kNm/m	M22 max	20	47.91 kNm/m
M11 min	294-1	-56.36	kNm/m	M22 min	284-2	-69.69 kNm/m

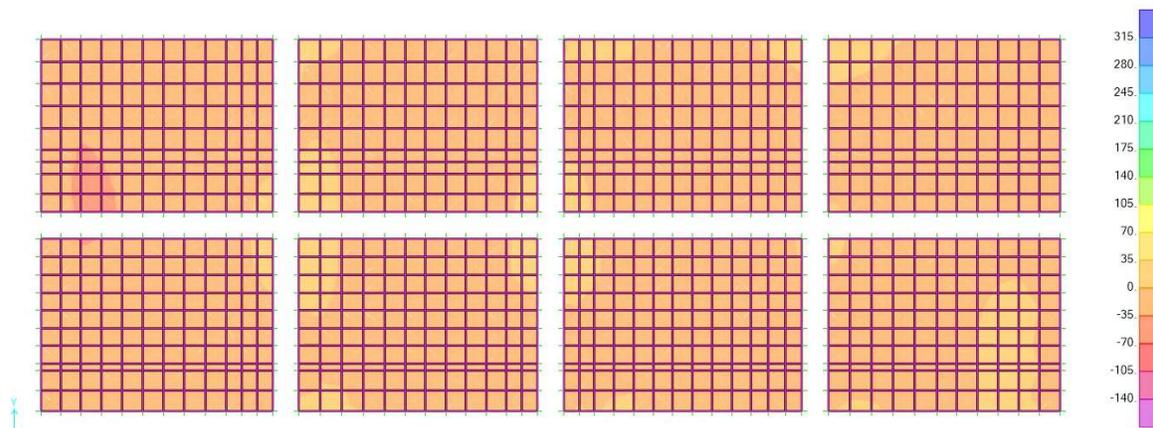
Si riportano di seguito le immagini che illustrano la distribuzione dei momenti flettenti negli elementi tipo *shell* costituenti la platea per le combinazioni di carico agli SLU e SLV.



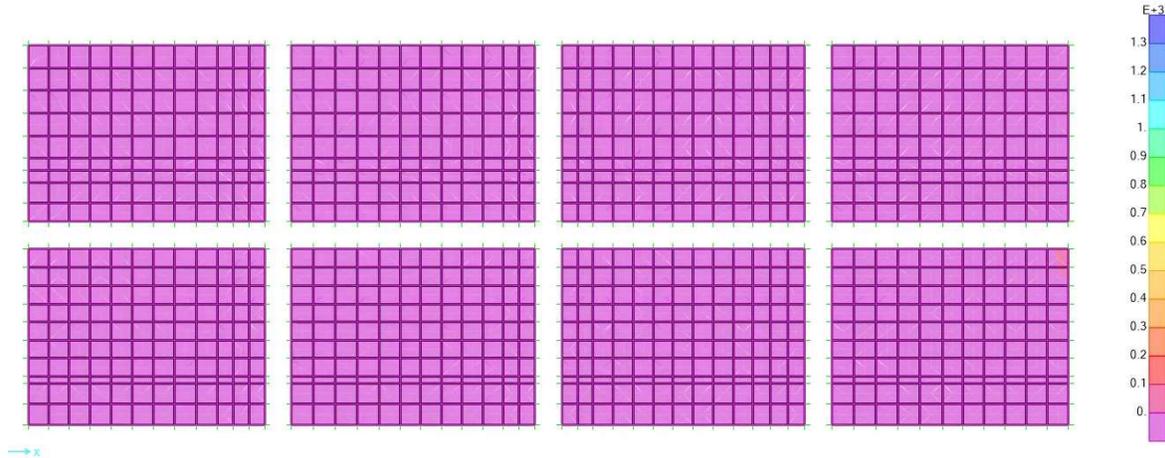
**Figura 9.35 – Distribuzione dei Momenti Flettenti M11 - Combinazione SLU\_TOT\_fond\_A1**



**Figura 9.36 – Distribuzione dei Momenti Flettenti M22 - Combinazione SLU\_TOT\_fond\_A1**



**Figura 9.37 – Distribuzione dei Momenti Flettenti M11 - Combinazione SLV\_TOT\_fond**

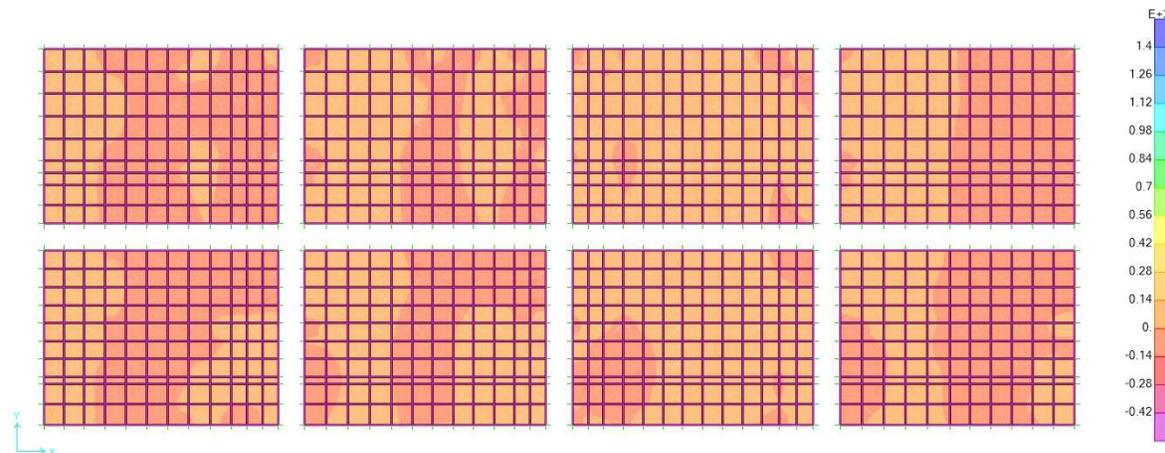


**Figura 9.38 – Distribuzione dei Momenti Flettenti M22 - Combinazione SLV\_TOT\_fond**

I valori di taglio massimo sono invece riportati nella tabella di seguito:

V13 max	SLU_TOT_fond_A1	225.71 kN/m	V13 min	SLU_TOT_fond_A1	-249.09 kN/m
	SLV_TOT_fond	194.93 kN/m		SLV_TOT_fond	-256.25 kN/m
V23 max	SLU_TOT_fond_A1	207.7 kN/m	V23 min	SLU_TOT_fond_A1	-289.37 kN/m
	SLV_TOT_fond	212.29 kN/m		SLV_TOT_fond	-260.25 kN/m

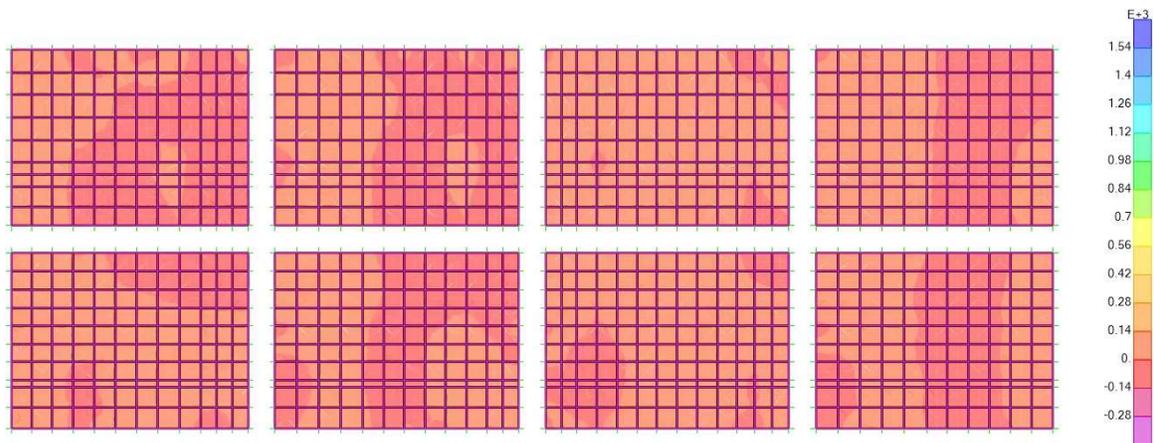
Vmax	SLU_TOT_fond_A1	225.71 kN/m	Vmin	SLV_TOT_fond_A1	289.37 kN/m
------	-----------------	-------------	------	-----------------	-------------



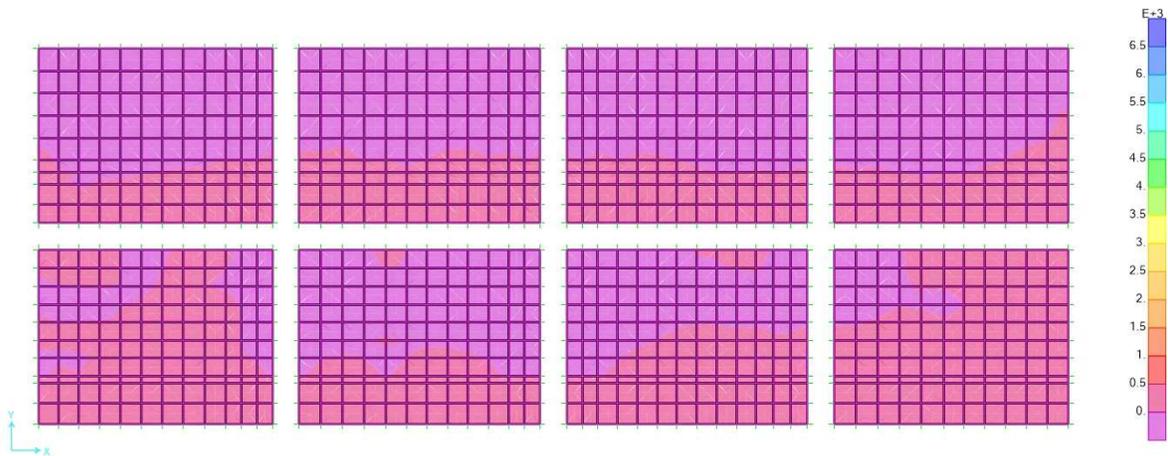
**Figura 9.39 – Distribuzione dei Taglio V13 - Combinazione SLU\_TOT\_fond\_A1**



**Figura 9.40 – Distribuzione dei Taglio V23 - Combinazione SLU\_TOT\_fond\_A1**



**Figura 9.41 – Distribuzione dei Taglio V13 - Combinazione SLV\_TOT\_fond**



**Figura 9.42 – Distribuzione dei Taglio V23 - Combinazione SLV\_TOT\_fond**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

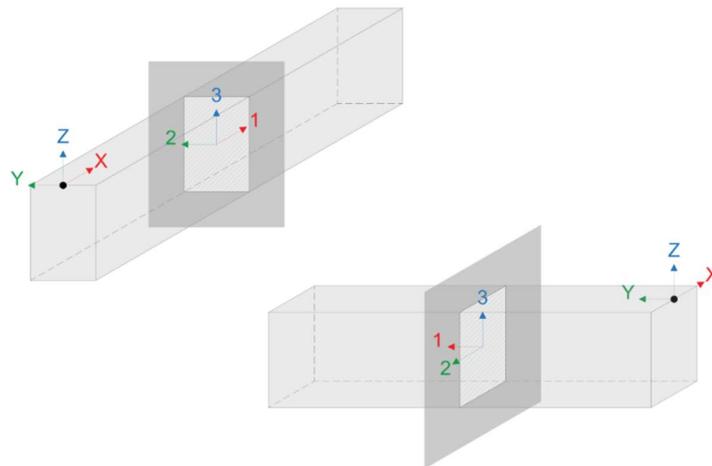
## 9.6 Nervature Platea di Fondazione

Come già accennato al § 5 della presente relazione, le nervature esterne della platea di fondazione sono rappresentate nel modello di calcolo mediante elementi *shell* il cui piano medio giace nel piano verticale.

Per ottenere le sollecitazioni di riferimento rappresentative del comportamento a trave delle quattro nervature, si realizzano delle *Section Cut* lungo la linea d'asse di ciascuna di esse. Ogni *Section Cut* seziona la nervatura con un piano verticale posizionato ad una determinata ascissa lungo l'asse della stessa e riporta il valore risultante delle caratteristiche di sollecitazione rispetto a un punto scelto, coincidente con il baricentro geometrico della sezione trasversale della nervatura per il valore di ascissa considerato.

Le sollecitazioni così ottenute sono espresse nel sistema di riferimento della *Section Cut*, che segue la convenzione di seguito riportata:

- Asse 1 orizzontale e coincidente con la linea d'asse della nervatura (disposto quindi parallelamente all'asse X del SDR Globale per le nervature che si sviluppano lungo i lati lunghi del fabbricato e parallelamente all'asse Y del SDR Globale per quelle che si sviluppano lungo i lati corti);
- Assi 2 e 3 giacenti nel piano verticale che individua la sezione trasversale della nervatura, rispettivamente orientati orizzontalmente e verticalmente.



I valori massimi e minimi delle sollecitazioni per le nervature della platea di fondazione per le combinazioni considerate sono riportati nella tabella seguente, nella quale i momenti  $M_2$  e  $M_3$  sono i momenti rispettivamente intorno agli assi 2 e 3 del Sistema di Riferimento Locale delle *Section Cut* e gli sforzi assiali  $N$  sono positivi se di trazione.



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	75 DI 152

SLU_TOT_FOND_A1	M2 max	183	kNm	M2 min	-831	kNm
	M3 max	361	kNm	M3 min	-382	kNm
	N	-1122	kNm	N	-1899	kNm
	V max	599	kNm	V min	-399	kNm
SLV_TOT_FOND	M2 max	671	kNm	M2 min	-1075	kNm
	M3 max	324	kNm	M3 min	-314	kNm
	N	-1013	kNm	N	-2024	kNm
	V max	501	kNm	V min	-534	kNm
SLE_r_TOT_FOND	M2 max	117	kNm	M2 min	-578	kNm
	M3 max	256	kNm	M3 min	-269	kNm
	N	-809	kNm	N	-1331	kNm
SLE_f_TOT_FOND	M2 max	50	kNm	M2 min	-420	kNm
	M3 max	226	kNm	M3 min	-234	kNm
	N	-888	kNm	N	-1118	kNm
SLE_qp_TOT_FOND	M2 max	36	kNm	M2 min	-410	kNm
	M3 max	221	kNm	M3 min	-228	kNm
	N	-936	kNm	N	-1096	kNm

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 10 VERIFICHE SUI SOLAI

### 10.1 Solaio di Piano

#### 10.1.1 Dimensionamento Traliccio

Per procedere al dimensionamento del solaio di piano, in primo luogo è necessario dimensionare il traliccio metallico affogato nelle lastre predalle, in modo da garantire che sia in grado di sostenere i carichi cui è sottoposto in fase di getto, quando ancora il calcestruzzo non risulta collaborante. Assumendo di puntellare i solai soltanto alle estremità, in questa fase lo schema statico è di trave doppiamente appoggiata con carico distribuito fornito dal peso proprio del solaio e da un carico accidentale rappresentativo della manodopera.

Si considera dunque la seguente condizione di carico:

#### ANALISI DEI CARICHI SOLAIO INTERPIANO - H 30 cm (4+22+4)

##### FASE DI GETTO

CARICHI PERMANENTI STRUTTI $G_1$	4,20 kN/m <sup>2</sup>	Peso proprio del solaio
CARICHI ACCIDENTALI $Q_k$	1,00 kN/m <sup>2</sup>	Carico accidentale in fase di getto
Larghezza Influenza Traliccio	0,40 m	3 trallicci ogni lastra da 120 cm
Carico $G_1$ sul singolo travetto	1,68 kN/m	$G_{1\_trav} = Q_{solaio} * Largh\_infl$
Carico $Q$ sul singolo travetto	0,40 kN/m	$Q_{trav} = Q_{solaio} * Largh\_infl$
Combinazione SLU	2,78 kN/m	$Q_{TOT\_SLU} = 1,3 * G_{1\_trav} + 1,5 * Q_{trav}$
Combinazione SLErara	2,08 kN/m	$Q_{TOT\_SLE\_Rara} = G_{1\_trav} + Q_{trav}$
Luce netta Solaio Predalles	4,35 m	Luce di calcolo fra i due appoggi
Mmax SLU	6,59 kNm	Momento flettente massimo

##### Caratteristiche globali traliccio

Altezza Traliccio	0,15 m
Passo Traliccio	0,15 m
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$	1,15
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M1}$	1,05
E	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>

##### VERIFICA RESISTENZA CORRENTE INFERIORE TESO

$N_{Ed}$	43,90 kN
$\phi_{inf}$	10,00 mm
n	2
$A_{inf}$	157,08 mm <sup>2</sup>
$N_{Rd\_NF}$	61,47 kN
FS	1,40

##### VERIFICA STABILITA' CORRENTE SUPERIORE COMPRESSO

$N_{Ed}$	43,90 kN	$N_{cr}$	173.707,50 N
$\phi_{sup}$	14,00 mm	$\lambda_{segnato}$	0,63
$A_{sup}$	153,94 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	1.885,74 mm <sup>4</sup>	Fatt di imperf tab 4.2.VI	
l	150,00 mm	$\Phi$	0,81
$\beta$	1,00	$\chi$	0,77
$l_0$	150,00 mm	$N_{b,Rd}$	50,57 kN
		FS	1,15

##### VERIFICA STABILITA' DIAGONALE COMPRESSO

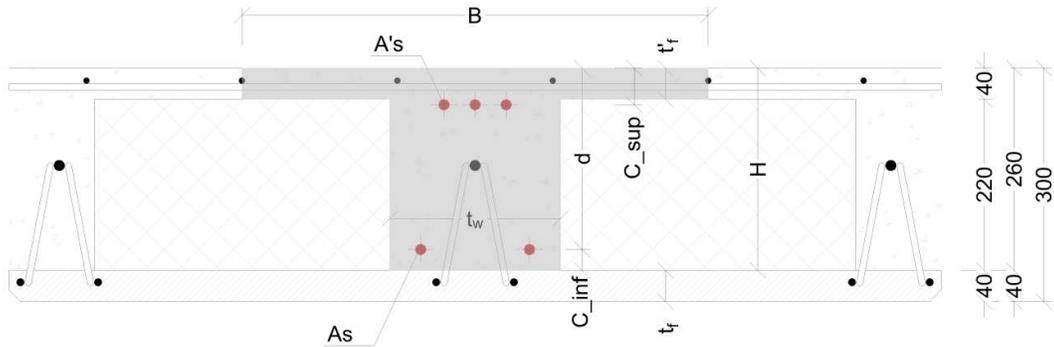
$N_{Ed}$	3,29 kN	$N_{cr}$	13.607,33 N
$\phi_{diag}$	8,00 mm	$\lambda_{segnato}$	1,29
$A_{diag}$	50,27 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	201,06 mm <sup>4</sup>	Fatt di imperf tab 4.2.VI	
l <sub>diag</sub>	175,00 mm	$\Phi$	1,60
$\beta$	1,00	$\chi$	0,39
$l_0$	175,00 mm	$N_{b,Rd}$	8,47 kN
		FS	2,58

### 10.1.2 Verifiche SLU Solaio

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione trasversale tipo del solaio di piano, che ha uno spessore complessivo di 30 cm ma per il quale si assume tuttavia un'altezza di calcolo di 26 cm, trascurando il contributo resistente della lastra predalle.

Si assume inoltre che le armature inferiori non siano appoggiate sulla lastra, ma siano collocate in posizione sopraelevata di 20 mm rispetto a questa.

GEOMETRIA		MATERIALI	
B	600,00 mm	Classe Acciaio	B450C
H	260,00 mm	$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>
$t_f$	40,00 mm	$\gamma_s$	1,15
$t_w$	220,00 mm	$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>
$C_{sup}$	47,00 mm	$E_s$	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>
$d = H - C_{inf}$	233,00 mm	$\rho_a$	7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
$C_{inf}$	27,00 mm	$e_{yd}$	0,0019
$t'_f$	40,00 mm	Classe CLS	C35/45
0,9d	209,7	$R_{ck}$	45 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_c$	1,50
		$\alpha_{cc}$	0,85
		$f'_{cd}$	21,17 N/mm <sup>2</sup>
		$e_{cu}$	0,0035
		$E_{cm}$	34.625,49 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{cm}$	45,35 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ctm}$	3,35 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ctk}$	2,35 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ctd}$	1,56 N/mm <sup>2</sup>
• VERIFICA SLU TAGLIO		• VERIFICA SLU FLESSIONE - APPOGGIO	
k	1,926	$\phi$	14,00 mm
$\rho_l$	0,015	$n^{\circ}$	3,00
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	0,00 N/mm <sup>2</sup>	$A'_s$	461,81 mm <sup>2</sup>
$V_{min}$	0,5720	x	49 mm
$V'$	0,8849	Z	213,60 mm
$V_{Rd}$	45,36 kN	$R_T$	180.709,87 N
$V_{Ed}$	38,29 kN	$R_{Cl_s}$	180.709,87 N
		$M_{Rd}$	38,60 kNm
		$M_{Ed}$	35,61 kNm
		QL^2/16	17,81 kNm
		MOM di RIFERIM	35,61 kNm
		FS	1,08
• VERIFICA SLU FLESSIONE - CAMPATA			
$\phi$	14,00 mm		
$n^{\circ}$	2,00		
$A_s$	307,88 mm <sup>2</sup>		
x	12 mm		
Z	228,26 mm		
$R_T$	120.473,25 N		
$R_{Cl_s}$	120.473,25 N		
$M_{Rd}$	27,50 kNm		
$M_{Ed}$	24,85 kNm		
QL^2/16	17,81 kNm		
MOM di RIFERIM	24,85 kNm		
FS	1,11		



### 10.1.3 Verifiche SLE Solai

• VERIFICA SLE TENSIONE - CAMPATA § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'Inerzia			J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c		Soletta	Rettangolino	Armature	
110,00	19.818,14	-1.380.026,90	54	30.384.329,55	186.726,88	148.540.272,53	179.111.328,96

*Combinazione RARA*

*Combinazione Quasi Permanente*

$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Smax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Slimite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
17.071.762,50	5,11	22,41	256,41	360,00	14.594.850,00	4,37	16,81

• VERIFICA SLE TENSIONE - APPOGGIO § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'Inerzia			J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c		Cl <sub>s</sub>	A' <sub>s sup</sub> tese	A <sub>s inf</sub> compresse	
110,00	11.545,35	-1.600.185,93	79	36.231.848,10	124.282.812,77	12.513.913,65	173.028.574,52

*Combinazione RARA*

*Combinazione Quasi Permanente*

$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Smax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Slimite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climite}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
24.649.650,00	11,26	22,41	286,23	360,00	21.406.275,00	9,78	16,81


**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**
**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	79 DI 152

**• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - CAMPATA**

§ 4.1.2.2.4 NTC 2018

## Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $a_x + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		Cl <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	
	114	473.699.102,15	547.402,65	474.246.504,80

**Combinazione Frequente**

M <sub>I</sub> max	15,83 kNm
σ <sub>C</sub> min	4,86 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE FESSURATA**

Procedere al calcolo di apertura delle fessure

**Combinazione Quasi Permanente**

M <sub>QP</sub> max	14,59 kNm
σ <sub>C</sub> min	4,48 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE FESSURATA**

Procedere al calcolo di apertura delle fessure

## Stato Limite di Apertura delle Fessure

**Combinazione Frequente**

σ <sub>s</sub> (Freq)	237,79 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Frequente
K <sub>t</sub>	0,40	Fattore che vale 0,4 per carichi di lunga durata e 0,6 per carichi di breve durata
f <sub>ctm</sub>	3,35 N/mm <sup>2</sup>	
h <sub>c,eff</sub>	67,50 mm	
A <sub>c,eff</sub>	14.850,00 mm <sup>2</sup>	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza h <sub>c,ef</sub> e base tw
ρ <sub>eff</sub>	0,02	
α <sub>ce</sub>	6,06	
ε <sub>sm</sub>	0,00079	Deformazione unitaria media delle barre
K <sub>1</sub>	0,80	Per barre ad aderenza migliorata
K <sub>2</sub>	0,50	Caso di flessione
K <sub>3</sub>	3,40	Valore fisso
K <sub>4</sub>	0,43	Valore fisso
φ	14,00 mm	Se si usano barre di diametro diverso...
Δ <sub>s,max</sub>	206,60 mm	Distanza massima tra le fessure
w <sub>d</sub> (freq)	0,16 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>3</sub>	0,40 mm	Armatura poco sensibile

**Combinazione Quasi Permanente**

σ <sub>s</sub> (qp)	219,21 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Quasi Perm
ε <sub>sm</sub>	0,00070	Deformazione unitaria media delle barre
w <sub>d</sub> (qp)	0,14 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>2</sub>	0,30 mm	Armatura poco sensibile

**• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - APPOGGIO**

## Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $a_x + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		Cl <sub>s</sub>	A <sub>s</sub>	
	151	1.226.715.788,82	97.665.637,35	1.324.381.426,17

**Combinazione Frequente**

M <sub>I</sub> max	23,03 kNm
σ <sub>C</sub> min	1,08 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE NON FESSURATA  
OK**
**Combinazione Quasi Permanente**

M <sub>QP</sub> max	21,41 kNm
σ <sub>C</sub> min	1,00 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE NON FESSURATA  
OK**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 10.2 Solaio Sottotetto

### 10.2.1 Dimensionamento Traliccio

In analogia con le considerazioni fatte al paragrafo precedente, si considera la seguente condizione di carico per la fase di getto:

#### FASE DI GETTO

CARICHI PERMANENTI STRUTTI $G_1$	3,20 kN/m <sup>2</sup>	Peso proprio del solaio
CARICHI ACCIDENTALI $Q_k$	1,00 kN/m <sup>2</sup>	Carico accidentale in fase di getto
Larghezza Influenza Traliccio	0,40 m	3 tralicci ogni lastra da 120 cm
Carico $G_1$ sul singolo travetto	1,28 kN/m	$G_{1\_trav} = Q_{solaio} * Largh\_infl$
Carico $Q$ sul singolo travetto	0,40 kN/m	$Q_{trav} = Q_{solaio} * Largh\_infl$
Combinazione SLU	2,26 kN/m	$Q_{TOT\_SLU} = 1,3 * G_{1\_trav} + 1,5 * Q_{trav}$
Combinazione SLErara	1,68 kN/m	$Q_{TOT\_SLE\_Rara} = G_{1\_trav} + Q_{trav}$
Luce netta Solaio Predalles	4,35 m	Luce di calcolo fra i due appoggi
Mmax SLU	5,36 kNm	Momento flettente massimo

#### Caratteristiche globali traliccio

Altezza Traliccio	0,12 m
Passo Traliccio	0,15 m
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$	1,15
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M1}$	1,05
E	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>

#### VERIFICA RESISTENZA CORRENTE INFERIORE TESO

$N_{Ed}$	44,63 kN
$\phi_{inf}$	10,00 mm
n	2
$A_{inf}$	157,08 mm <sup>2</sup>
$N_{Rd\_INF}$	61,47 kN
FS	1,38

#### VERIFICA STABILITA' CORRENTE SUPERIORE COMPRESSO

$N_{Ed}$	44,63 kN	$N_{Cr}$	173.707,50 N
$\phi_{sup}$	14,00 mm	$\lambda_{segnato}$	0,63
$A_{sup}$	153,94 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	1.885,74 mm <sup>4</sup>	$\Phi$	0,81
l	150,00 mm	$\chi$	0,77
$\beta$	1,00	$N_{b,Rd}$	50,57 kN
$l_0$	150,00 mm	FS	1,13

#### VERIFICA STABILITA' DIAGONALE COMPRESSO

$N_{Ed}$	2,98 kN	$N_{Cr}$	13.607,33 N
$\phi_{diag}$	8,00 mm	$\lambda_{segnato}$	1,29
$A_{diag}$	50,27 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	201,06 mm <sup>4</sup>	$\Phi$	1,60
$l_{diag}$	175,00 mm	$\chi$	0,39
$\beta$	1,00	$N_{b,Rd}$	8,47 kN
$l_0$	175,00 mm	FS	2,85

### 10.2.2 Verifiche SLU Solaio

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione trasversale tipo del solaio del sottotetto, che ha uno spessore complessivo di 20 cm ma per il quale si assume tuttavia un'altezza di calcolo di 16 cm, trascurando il contributo resistente della lastra predalle.

Si assume inoltre che le armature inferiori non siano appoggiate sulla lastra, ma siano collocate in posizione sopraelevata di 20 mm rispetto a questa.

**GEOMETRIA**

B	600,00 mm
H	160,00 mm
t <sub>f</sub>	40,00 mm
t <sub>w</sub>	220,00 mm
C <sub>sup</sub>	47,00 mm
d = H - C <sub>inf</sub>	133,00 mm
C <sub>inf</sub>	27,00 mm
t' <sub>f</sub>	40,00 mm
0,9d	119,7

**MATERIALI**

Classe Acciaio	B450C
f <sub>yk</sub>	450,00 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>s</sub>	1,15
f <sub>yd</sub>	391,30 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>a</sub>	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>
ρ <sub>a</sub>	7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
ε <sub>yd</sub>	0,0019
Classe CLS	C35/45
R <sub>ck</sub>	45 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	37,35 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>c</sub>	1,50
α <sub>cc</sub>	0,85
f' <sub>cd</sub>	21,17 N/mm <sup>2</sup>
ε <sub>cu</sub>	0,0035
E <sub>cm</sub>	34.625,49 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cm</sub>	45,35 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctm</sub>	3,35 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctk</sub>	2,35 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ctd</sub>	1,56 N/mm <sup>2</sup>

**• VERIFICA SLU TAGLIO**

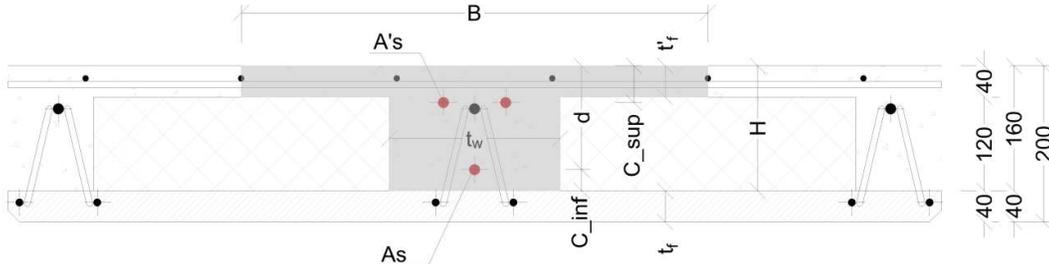
k	2,000
ρ <sub>l</sub>	0,016
σ <sub>cp</sub> = N <sub>Ed</sub> /A <sub>c</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
V <sub>min</sub>	0,6050
V'	0,9341
V <sub>Rd</sub>	27,33 kN
V <sub>Ed</sub>	9,87 kN

**• VERIFICA SLU FLESSIONE - APPOGGIO**

φ	14,00 mm
n°	2,00
A' <sub>s</sub>	307,88 mm <sup>2</sup>
x	32 mm
Z	120,06 mm
R <sub>T</sub>	120.473,25 N
R <sub>Clis</sub>	120.473,25 N
M <sub>Rd</sub>	14,46 kNm
M <sub>Ed</sub>	9,18 kNm
QL <sup>2</sup> /16	4,59 kNm
MOM di RIFERIM	9,18 kNm
FS	1,58

**• VERIFICA SLU FLESSIONE - CAMPATA**

φ	14,00 mm
n°	1,00
A <sub>s</sub>	153,94 mm <sup>2</sup>
x	6 mm
Z	130,63 mm
R <sub>T</sub>	60.236,62 N
R <sub>Clis</sub>	60.236,62 N
M <sub>Rd</sub>	7,87 kNm
M <sub>Ed</sub>	5,63 kNm
QL <sup>2</sup> /16	4,59 kNm
MOM di RIFERIM	5,63 kNm
FS	1,40



### 10.2.3 Verifiche SLE Solaio

• VERIFICA SLE TENSIONE - CAMPATA § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'inerzia			J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c	32	Soletta	Rettangolino	Armature	30.082.390,63
110,00	17.509,07	-611.106,39		6.443.195,26	0,00	23.639.195,36	

*Combinazione RARA*

*Combinazione Quasi Permanente*

$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Smax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Slimit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
4.141.125,00	4,38	22,41	208,93	360,00	3.896.100,00	4,12	16,81

• VERIFICA SLE TENSIONE - APPOGGIO § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'inerzia			J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c	48	Clis	A's <sub>sup</sub> tese	A_s <sub>inf</sub> compresse	28.639.851,25
110,00	6.927,21	-584.194,86		8.059.391,07	19.571.855,40	1.008.604,77	

*Combinazione RARA*

*Combinazione Quasi Permanente*

$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Smax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Slimit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M_{max}$ [Nmm]	$\sigma_{Cmax}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{Climit}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
6.811.087,50	11,39	22,41	232,23	360,00	6.486.750,00	10,85	16,81

• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - CAMPATA

§ 4.1.2.2.4 NTC 2018

Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $a_k + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		C <sub>Is</sub>	A <sub>s</sub>	
	65	115.826.037,49	156.972,26	115.983.009,75

**Combinazione Frequente**

M <sub>fmax</sub>	4,02 kNm
σ <sub>Cmin</sub>	3,29 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE FESSURATA**

Procedere al calcolo di apertura delle fessure

**Combinazione Quasi Permanente**

M <sub>QPmax</sub>	3,90 kNm
σ <sub>Cmin</sub>	3,19 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE FESSURATA**

Procedere al calcolo di apertura delle fessure

Stato Limite di Apertura delle Fessure

**Combinazione Frequente**

σ <sub>s</sub> (freq)	202,75 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Frequente
K <sub>t</sub>	0,40	Fattore che vale 0,4 per carichi di lunga durata e 0,6 per carichi di breve durata
f <sub>ctm</sub>	3,35 N/mm <sup>2</sup>	
h <sub>c,eff</sub>	42,73 mm	
A <sub>c,eff</sub>	9.399,92 mm <sup>2</sup>	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza h <sub>c,ef</sub> e base b <sub>w</sub>
ρ <sub>eff</sub>	0,02	
α <sub>e</sub>	6,06	
ε <sub>sm</sub>	0,00058	Deformazione unitaria media delle barre
K <sub>1</sub>	0,80	Per barre ad aderenza migliorata
K <sub>2</sub>	0,50	Caso di flessione
K <sub>3</sub>	3,40	Valore fisso
K <sub>4</sub>	0,43	Valore fisso
φ	14,00 mm	Se si usano barre di diametro diverso...
Δ <sub>s,max</sub>	237,13 mm	Distanza massima tra le fessure
w <sub>d</sub> (freq)	0,14 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>3</sub>	0,40 mm	Armatura poco sensibile

**Combinazione Quasi Permanente**

σ <sub>s</sub> (qp)	196,57 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Quasi Perm
ε <sub>sm</sub>	0,00056	Deformazione unitaria media delle barre
w <sub>d</sub> (qp)	0,13 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>2</sub>	0,30 mm	Armatura poco sensibile

• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - APPOGGIO

Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $a_k + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		C <sub>Is</sub>	A <sub>s</sub>	
	96	241.236.557,41	12.399.297,23	253.635.854,64

**Combinazione Frequente**

M <sub>fmax</sub>	6,65 kNm
σ <sub>Cmin</sub>	0,43 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE NON FESSURATA**

OK

**Combinazione Quasi Permanente**

M <sub>QPmax</sub>	6,49 kNm
σ <sub>Cmin</sub>	0,42 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>t</sub> = f <sub>ctm</sub> /1,2	2,79 N/mm <sup>2</sup>

**SEZIONE NON FESSURATA**

OK

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 10.3 Solaio di Copertura

#### 10.3.1 Dimensionamento Traliccio

In questo caso per la fase di getto si considera uno schema statico di trave doppiamente appoggiata con sbalzo, tenendo conto che il solaio di copertura aggetta dal filo esterno dell'edificio di circa 1,20 m.

In analogia alle considerazioni fatte al paragrafo 10.1.1, si considera la seguente condizione di carico per la fase di getto:

#### ANALISI DEI CARICHI SOLAIO COPERTURA - H 20 cm (4+16)

##### FASE DI GETTO

CARICHI PERMANENTI STRUTT $G_1$	2,60 kN/m <sup>2</sup>	Peso proprio del solaio
CARICHI ACCIDENTALI $Q_k$	1,00 kN/m <sup>2</sup>	Carico accidentale in fase di getto
Largh Influenza Traliccio	0,40 m	3 trallicci ogni lastra da 120 cm
Carico $G1_{trav}$ sul singolo travetto	1,04 kN/m	$G1_{trav} = Q_{solaio} * Largh_{infl}$
Carico $Q_{trav}$ sul singolo travetto	0,40 kN/m	$Q_{trav} = Q_{solaio} * Largh_{infl}$
Combinazione SLU	1,95 kN/m	$Q_{TOT\_SLU} = 1,3 * G1_{trav} + 1,5 * Q_{trav}$
Combinazione SLE rara	1,44 kN/m	$Q_{TOT\_SLE\_Rara} = G1_{trav} + Q_{trav}$
Inclinazione sull'orizzontale	12 °	Inclinazione della falda di copertura
Luce netta Solaio Predalles L1	5,67 m	Distanza dai fili fissi A e B misurata lungo la falda inclinata
Luce aggetto Solaio Predalles L2	1,23 m	Sbalzo dato dall'aggetto della copertura
Mmax SLU	7,14 kNm	Momento flettente massimo

#### Caratteristiche globali traliccio

Altezza Traliccio	0,12 m
Passo Traliccio	0,15 m
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$	1,15
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M1}$	1,05
E	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>

#### VERIFICA RESISTENZA CORRENTE INFERIORE TESO

$N_{Ed}$	59,48 kN
$\phi_{inf}$	12,00 mm
n	2
A <sub>inf</sub>	226,19 mm <sup>2</sup>
$N_{Rd\_INF}$	88,51 kN
FS	1,49

#### VERIFICA STABILITA' CORRENTE SUPERIORE COMPRESSO

$N_{Ed}$	59,48 kN	$N_{cr}$	296.337,32 N
$\phi_{sup}$	16,00 mm	$\lambda_{segnato}$	0,55
A <sub>sup</sub>	201,06 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	3.216,99 mm <sup>4</sup>	$\Phi$	0,74
I	150,00 mm	$\chi$	0,81
$\beta$	1,00	$N_{b,Rd}$	70,07 kN
$l_0$	150,00 mm	FS	1,18

#### VERIFICA STABILITA' DIAGONALE COMPRESSO

$N_{Ed}$	4,08 kN	$N_{cr}$	18.521,08 N
$\phi_{diag}$	8,00 mm	$\lambda_{segnato}$	1,11
A <sub>diag</sub>	50,27 mm <sup>2</sup>	$\alpha$	0,49
J	201,06 mm <sup>4</sup>	$\Phi$	1,33
I <sub>diag</sub>	150,00 mm	$\chi$	0,48
$\beta$	1,00	$N_{b,Rd}$	10,37 kN
$l_0$	150,00 mm	FS	2,54

**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO****BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	85 DI 152

**10.3.2 Verifiche SLU Solaio**

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della sezione trasversale tipo del solaio di copertura, che ha uno spessore complessivo di 20 cm ma per il quale si assume tuttavia un'altezza di calcolo di 16 cm, trascurando il contributo resistente della lastra predalle.

Si assume inoltre che le armature inferiori non siano appoggiate sulla lastra, ma siano collocate in posizione sopraelevata di 20 mm rispetto a questa.

GEOMETRIA	
B	220,00 mm
H	160,00 mm
$C_{sup}$	27,00 mm
$d = H - C_{inf}$	133,00 mm
$C_{inf}$	27,00 mm

**• VERIFICA SLU TAGLIO**

k	2,000
$\rho_1$	0,016
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
$V_{min}$	0,6050
$V'$	0,9341
$V_{Rd}$	27,33 kN
$V_{Ed}$	9,20 kN

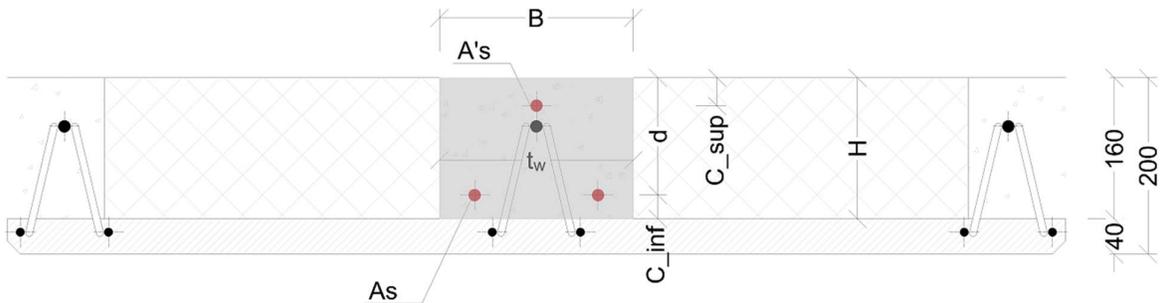
**• VERIFICA SLU FLESSIONE - CAMPATA**

$\phi$	14,00 mm
$n^{\circ}$	2,00
$A_s$	307,88 mm <sup>2</sup>
x	32 mm
Z	120,06 mm
$R_T$	120.473,25 N
$R_{Cls}$	120.473,25 N
$M_{Rd}$	14,46 kNm
$M_{Ed}$	13,27 kNm
QL^2/16	7,01 kNm
MOM di RIFERIM	13,27 kNm
FS	1,09

MATERIALI	
Classe Acciaio	B450C
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1,15
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	210.000,00 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_a$	7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
$\epsilon_{yd}$	0,0019
Classe CLS	C35/45
$R_{ck}$	45 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	37,35 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,50
$\alpha_{cc}$	0,85
$f_{cd}$	21,17 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{cu}$	0,0035
$E_{cm}$	34.625,49 N/mm <sup>2</sup>

**• VERIFICA SLU FLESSIONE - APPOGGIO**

$\phi$	14,00 mm
$n^{\circ}$	1,00
$A'_s$	153,94 mm <sup>2</sup>
x	16 mm
Z	126,53 mm
$R_T$	60.236,62 N
$R_{Cls}$	60.236,62 N
$M_{Rd}$	7,62 kNm
$M_{Ed}$	2,04 kNm
QL^2/16	7,01 kNm
MOM di RIFERIM	7,01 kNm
FS	1,09



10.3.3 Verifiche SLE Solai

• VERIFICA SLE TENSIONE - CAMPATA § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c		Soletta	Armature	
110,00	4.618,14	-614.212,78	57	13.314.849,61	26.937.954,51	40.252.804,12

Combinazione RARA

Combinazione Quasi Permanente

M <sub>max</sub> [Nmm]	σ <sub>Cmax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Climit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Smax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Slimit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	M <sub>max</sub> [Nmm]	σ <sub>Cmax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Climit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
9.798.208,70	13,78	22,41	278,86	360,00	7.132.735,21	10,03	16,81

• VERIFICA SLE TENSIONE - APPOGGIO § 4.1.2.2.5 NTC 2018

Momento Statico pari a zero $ax^2 + bx + c = 0$			x [mm]	Momento d'Inerzia			J [mm <sup>4</sup> ]
a	b	c		Cl <sub>s</sub>	A' <sub>s sup tese</sub>	A <sub>s inf compresse</sub>	
110,00	6.927,21	-315.419,04	31	2.107.935,05	24.196.899,23	60.943,32	26.365.777,60

Combinazione RARA

Combinazione Quasi Permanente

M <sub>max</sub> [Nmm]	σ <sub>Cmax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Climit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Smax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Slimit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	M <sub>max</sub> [Nmm]	σ <sub>Cmax</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>Climit</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
1.512.000,00	1,76	22,41	88,06	360,00	1.123.200,00	1,30	16,81



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	87 DI 152

**• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - CAMPATA**

§ 4.1.2.2.4 NTC 2018

Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $ax + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		Cls	A <sub>s</sub>	
	86	1.671.946.206.498,23	10.137.767,08	1,67E+12

**Combinazione Frequente**

M<sub>fmax</sub> 7,61 kNm  
 $\sigma_{Cmin}$  0,00 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$  2,79 N/mm<sup>2</sup>

SEZIONE NON FESSURATA  
OK

**Combinazione Quasi Permanente**

M<sub>QPmax</sub> 7,13 kNm  
 $\sigma_{Cmin}$  0,00 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$  2,79 N/mm<sup>2</sup>

SEZIONE NON FESSURATA  
OK

**• VERIFICA SLE FESSURAZIONE - APPOGGIO**

Stato Limite di Formazione delle Fessure

Momento Statico pari a zero della sezione interamente reagente $ax + b = 0$	x [mm]	Momento d'Inerzia		J [mm <sup>4</sup> ]
		Cls	A <sub>s</sub>	
	77	75.390.392,80	18.805.958,97	94.196.351,77

**Combinazione Frequente**

M<sub>fmax</sub> 1,19 kNm  
 $\sigma_{Cmin}$  0,71 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$  2,79 N/mm<sup>2</sup>

SEZIONE NON FESSURATA  
OK

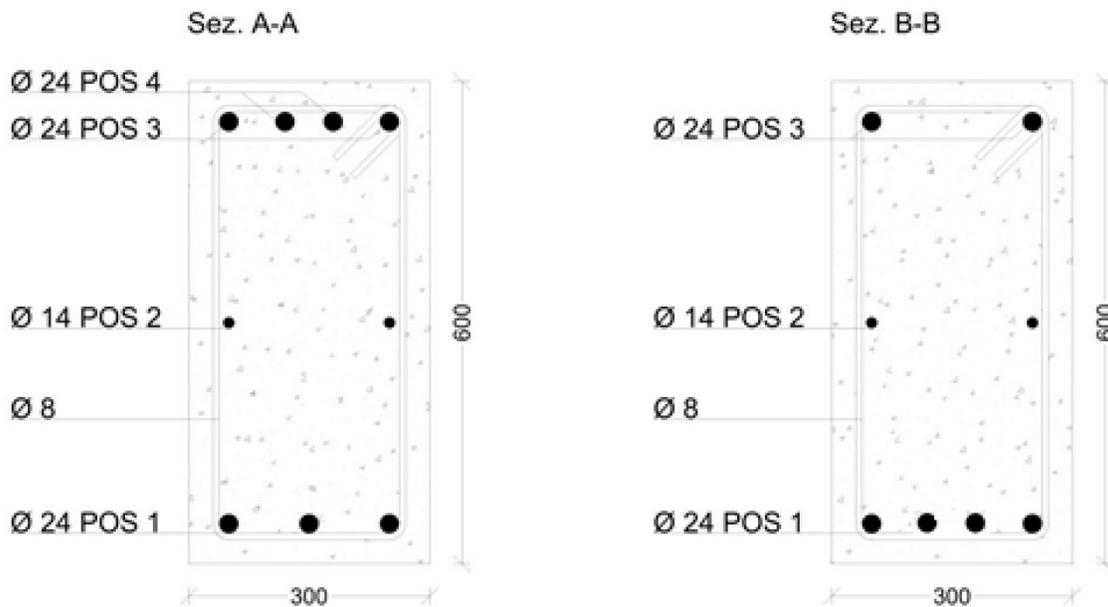
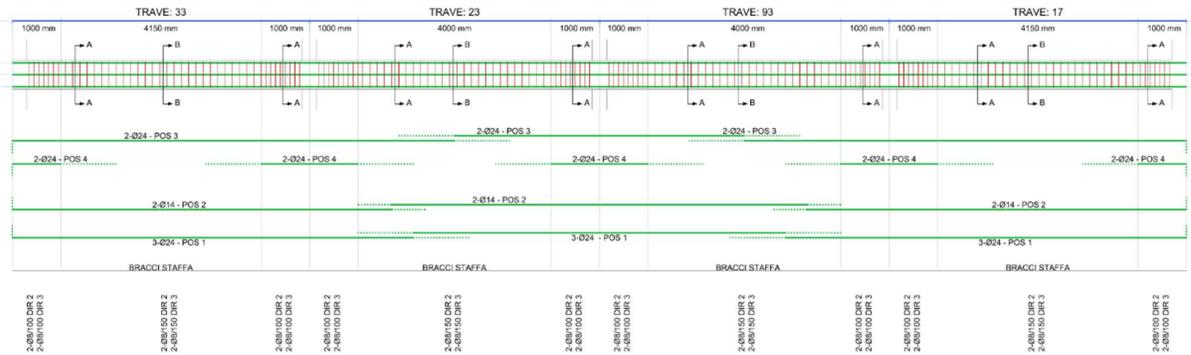
**Combinazione Quasi Permanente**

M<sub>QPmax</sub> 1,12 kNm  
 $\sigma_{Cmin}$  0,67 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$  2,79 N/mm<sup>2</sup>

SEZIONE NON FESSURATA  
OK

## 11 VERIFICHE TRAVE FILO FISSO B

Di seguito è schematizzata la distribuzione di armature longitudinali e staffe per la trave corrispondente al filo fisso B.



Come già detto al § 7.8, si assume che la struttura sia in Classe di Duttività Bassa (CDB), pertanto la zona critica della trave si estende per una lunghezza pari a 1 volta l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro (§ 7.4.6.1.1 NTC 2018).

In definitiva dunque si assume un'Altezza Critica di 600 mm.

Le verifiche di resistenza e gerarchia, così come il controllo tensione e fessurazione per gli stati limite di esercizio, vengono condotte con il software VIS di CSI.

Per quanto riguarda le prescrizioni relative ai dettagli costruttivi (limitazioni geometriche e di armatura) definite ai § 4.1.6 e 7.4.6 delle NTC 2018, anch'esse sono verificate nell'apposito modulo di VIS. In particolare, per garantire l'ancoraggio delle armature longitudinali e prevenire una crisi di aderenza, si prevedono i seguenti accorgimenti:

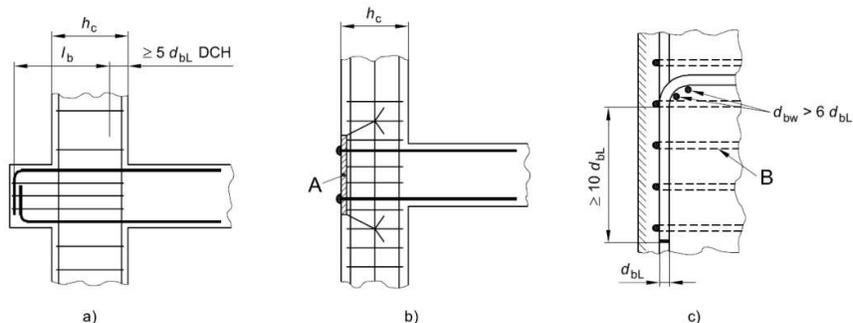
- nei *nodi trave-colonna interni* le armature sono prolungate al di fuori della zona critica e si ancorano dunque oltre il nodo;
- nei *nodi trave-colonna esterni* le armature longitudinali sono piegate con una lunghezza di 25 cm ( $>10\phi_{bL} = 24$  cm) disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura, in analogia a quanto riportato nella Fig. 5.13 c) di UNI EN 1998-1:2005, di seguito riportata:

figura 5.13 Misure aggiuntive per ancoraggi realizzati in collegamenti trave-colonna esterni

Legenda

A Piastra di ancoraggio

B Staffe attorno alle barre della colonna



### 11.1 Verifiche SLU – Flessione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate di campata e appoggio.

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom**  **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	60
3	30	60
4	30	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
4	1.54	7	30
5	1.54	23	30
6	4.52	7	53
7	4.52	23	53
8	4.52	17.6	7

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

**N<sub>Ed</sub>**  **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>**  **209** kNm  
**M<sub>yEd</sub>**  **0** kNm

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
 B450C  C25/30  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$   ‰  
 $\tau_{c1}$   ‰

**M<sub>xRd</sub>**  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

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

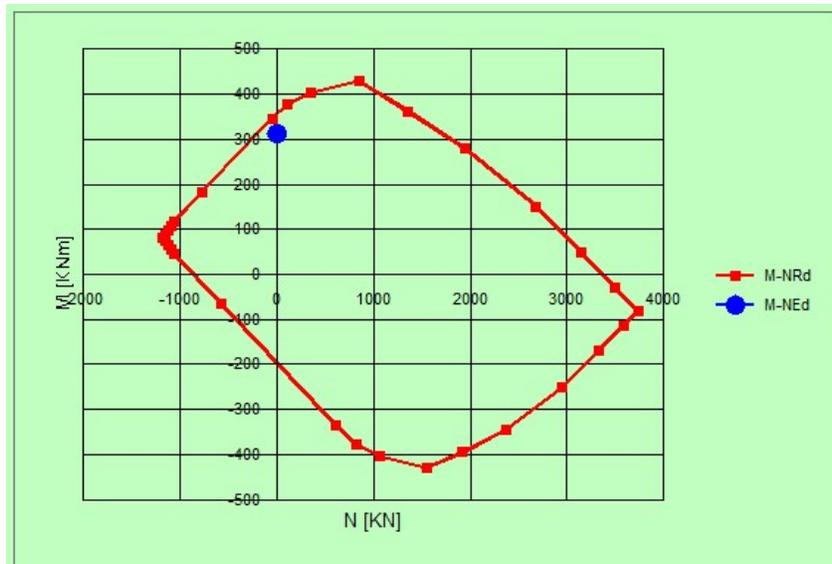


Figura 11.1 – Dominio di resistenza della sezione di campata massimamente sollecitata

Titolo : \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	60
3	30	60
4	30	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
5	1.54	23	30
6	4.52	7	53
7	4.52	12.3	53
8	4.52	17.6	53
9	4.52	23	53

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d  δ

Tipo Sezione:  Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

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

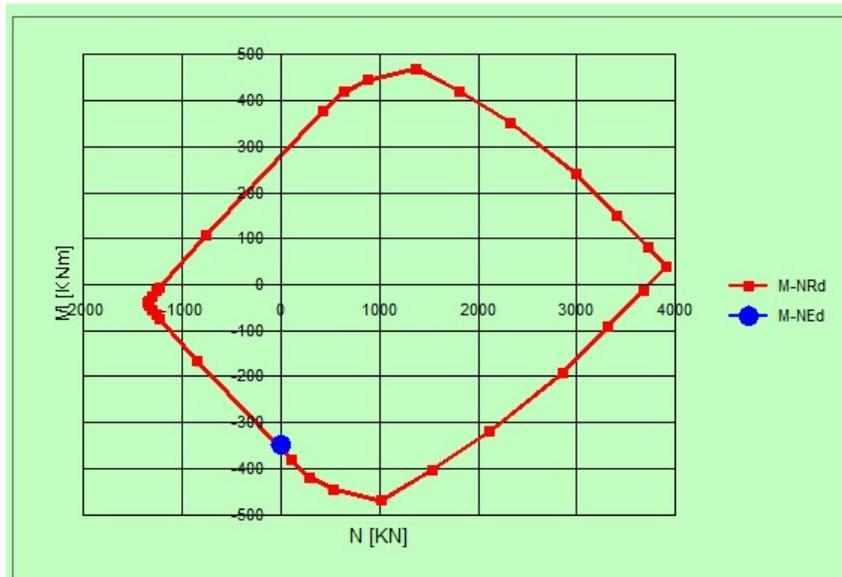


Figura 11.2 – Dominio di resistenza della sezione in appoggio massimamente sollecitata

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 11.2 Verifiche SLU – Taglio (gerarchia)

Secondo quanto specificato dalla normativa, per le strutture in CD”B”, la verifica resistenza a taglio nei confronti delle sollecitazioni determinate dall’analisi globale condotta sulla struttura si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, determinato sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti  $M_{b,Rd,1,2}$  delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) determinati come indicato in § 4.1.2.1.2, amplificati del fattore di sovraresistenza  $\gamma_{Rd}$ .

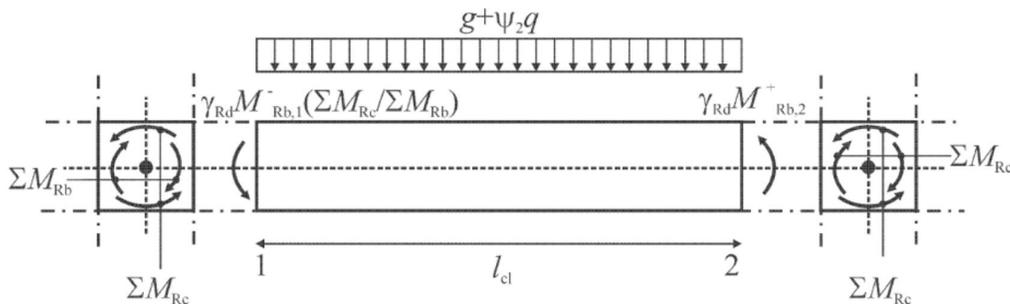


Figura 11.3 – Immagine estratta dalla Circolare n.7/2019 §C7.4.1

Secondo quanto rappresentato nella figura C7.4.1, l’espressione del taglio sollecitante di calcolo è la seguente:

$$V_{Ed} = \pm \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{b,Rd,1} + M_{b,Rd,2}}{l} + \bar{G}_k \cdot \frac{l}{2}$$

dove:

$\gamma_{Rd}$  = Coefficiente di sovraresistenza, pari a 1,10 per strutture in CD”B”;

$M_{b,Rd,1}$  e  $M_{b,Rd,2}$  = momenti resistenti delle sezioni di plasticizzazione, sempre concordi;

$l$  = luce della campata di trave considerata;

$\bar{G}_k = g + \Psi_2 q$ , sono i carichi gravitazionali agenti sulla trave

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell’ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

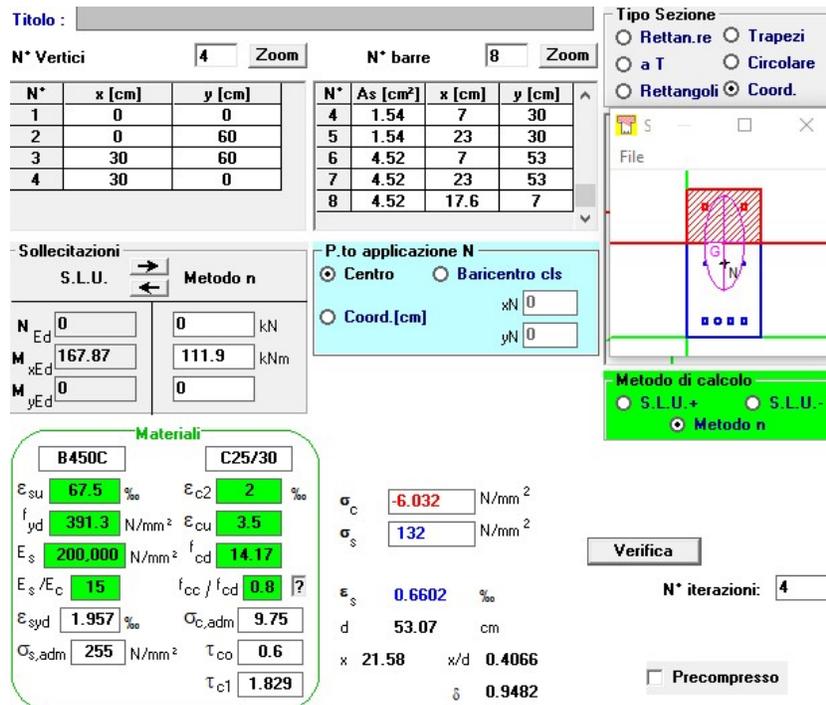
di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\vartheta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg}\vartheta \leq 2.5$$

Si riporta di seguito la tabella di verifica a taglio della trave in esame.

Segmento	Armatura assegnata (m <sup>2</sup> /m)	Domanda a taglio (kN)	Capacità a taglio (kN)	D/C
1	0.1005	399.34	486.8	0.820
2	0.06702	254.49	324.5	0.784
3	0.1005	388.92	486.8	0.799

### 11.3 Verifiche SLE – Tensione



The screenshot displays the following data and settings:

- Titolo:** [Empty field]
- N° Vertici:** 4 (Zoom)
- N° barre:** 8 (Zoom)
- Tipo Sezione:**  Rettan.re,  Trapezi,  a T,  Circolare,  Rettangoli,  Coord.
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n
- Materiali:**
  - B450C:**  $\epsilon_{su}$  67.5‰,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $E_s$  200,000 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_{syd}$  1.957‰,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>
  - C25/30:**  $\epsilon_{c2}$  2‰,  $\epsilon_{cu}$  3.5‰,  $f_{cd}$  14.17,  $\sigma_{c,adm}$  9.75,  $\tau_{co}$  0.6,  $\tau_{c1}$  1.829
- P.to applicazione N:**  Centro,  Baricentro cls,  Coord.[cm]
- Metodo di calcolo:**  S.L.U.+ ,  S.L.U.- ,  Metodo n
- Verifica:** N° iterazioni: 4
- Precompresso:**
- Results:**
  - $\sigma_c$  -6.032 N/mm<sup>2</sup>
  - $\sigma_s$  132 N/mm<sup>2</sup>
  - $\epsilon_s$  0.6602 ‰
  - d 53.07 cm
  - x 21.58, x/d 0.4066
  - $\delta$  0.9482

Figura 11.4 – Valori di tensione della sezione di campata massimamente sollecitata per la combinazione di carico rara

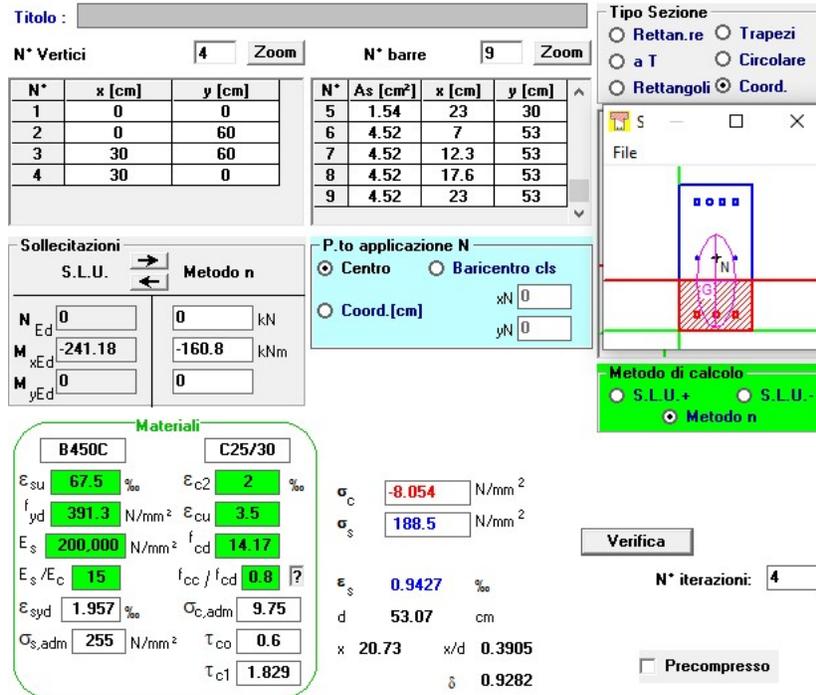


Figura 11.5– Valori di tensione della sezione in appoggio massimamente sollecitata per la combinazione di carico rara

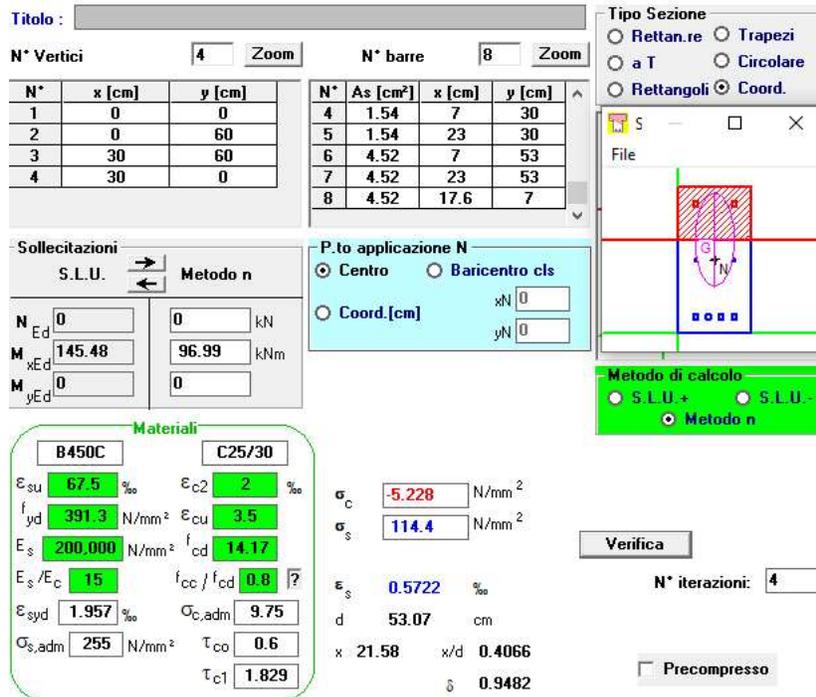


Figura 11.6 – Valori di tensione della sezione di campata massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente

Titolo : \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	60
3	30	60
4	30	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
5	1.54	23	30
6	4.52	7	53
7	4.52	12.3	53
8	4.52	17.6	53
9	4.52	23	53

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="-205.6"/>	<input type="text" value="-137.1"/>	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

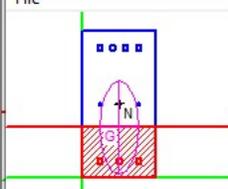
Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.

File



Metodo di calcolo

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

Materiali

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391.3"/> N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200.000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ <input type="text" value="14.17"/> ‰
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9.75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.6"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="1.829"/>

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

$\delta$

Figura 11.7 – Valori di tensione della sezione in appoggio massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 11.4 Verifiche SLE – Fessurazione

### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	167.87	kNm
Sforzo normale	N=		kN

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	60	cm					
Larghezza sezione	b	30	cm					
Armatura compressa (1° strato)	Ac <sub>1</sub>	9.05	cm <sup>2</sup>	2	Ø	24	c <sub>c1</sub> =	5 cm
Armatura tesa (1° strato)	At <sub>1</sub>	18.10	cm <sup>2</sup>	4	Ø	24	c <sub>t1</sub> =	5 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	9.8	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	189.4	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	18.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	2044	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	709646.00	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	320808.96	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	M <sub>cr*</sub>	42	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	13.7	cm	
Area efficace	Ac <sub>eff</sub>	411.9951774	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	18.1	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.043921809		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00066		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	3.8	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	24.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	22.2	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>k</sub>	0.15	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Frequent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.3	<b>Soddisfatto</b>

**Figura 11.8 - Valori di apertura delle fessure per la sezione in campata massimamente sollecitata per la combinazione di carico frequente**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Momento flettente	M=	241.18	kNm
Sforzo normale	N=		kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	60	cm				
Larghezza sezione	b	30	cm				
Armatura compressa (1° strato)	Ac <sub>1</sub>	13.57	cm <sup>2</sup>	3	Ø	24	c <sub>c1</sub> = 5 cm
Armatura tesa (1° strato)	At <sub>1</sub>	18.10	cm <sup>2</sup>	4	Ø	24	c <sub>t1</sub> = 5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	13.3	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	270.6	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	18.1	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	2085	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	737920.34	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	328978.66	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (ftk)	M <sub>cr</sub> *	44	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	14.0	cm	
Area efficace	Ac <sub>eff</sub>	419.1718995	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	18.1	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.043169816		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.0009427		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	3.8	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	24.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	22.4	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>k</sub>	0.21	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Frequent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.3	Soddisfatto

**Figura 11.1 - Valori di apertura delle fessure per la sezione in appoggio massimamente sollecitata per la combinazione di carico frequente**

	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	145.48	kNm
Sforzo normale	N=		kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	60	cm					
Larghezza sezione	b	30	cm					
Armatura compressa (1° strato)	Ac <sub>1</sub>	9.05	cm <sup>2</sup>	2	Ø	24	c <sub>c1</sub> =	5 cm
Armatura tesa (1° strato)	At <sub>1</sub>	18.10	cm <sup>2</sup>	4	Ø	24	c <sub>t1</sub> =	5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	7.1	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	166.2	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	21.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	2180	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	794469.00	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	440942.92	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	M <sub>cr</sub> *	47	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	12.9	cm	
Area efficace	Ac <sub>eff</sub>	385.7616762	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	A <sub>s</sub>	18.1	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.046908687		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.0005722		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	3.8	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	24.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	21.6	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>k</sub>	0.12	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Quasi permanent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.2	<b>Soddisfatto</b>

**Figura 11.2 - Valori di apertura delle fessure per la sezione in campata massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	205.6	kNm
Sforzo normale	N=		kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	60	cm				
Larghezza sezione	b	30	cm				
Armatura compressa (1° strato)	Ac <sub>1</sub>	13.57	cm <sup>2</sup>	3	Ø	24	c <sub>c1</sub> = 5 cm
Armatura tesa (1° strato)	At <sub>1</sub>	18.10	cm <sup>2</sup>	4	Ø	24	c <sub>t1</sub> = 5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	9.2	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	232.8	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	20.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	2243	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	836880.51	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	458125.81	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	M <sub>cr</sub> *	50	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>f</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	13.2	cm	
Area efficace	Ac <sub>eff</sub>	395.8699004	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	A <sub>s</sub>	18.1	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.045710911		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.0008038		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	3.8	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	24.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	21.8	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>k</sub>	0.18	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Quasi permanent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.2	<b>Soddisfatto</b>

**Figura 11.3 - Valori di apertura delle fessure per la sezione in appoggio massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 12 VERIFICHE PILASTRO B1

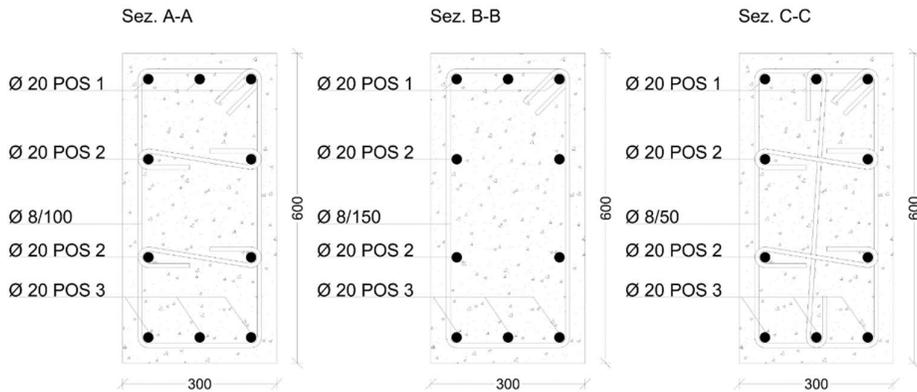
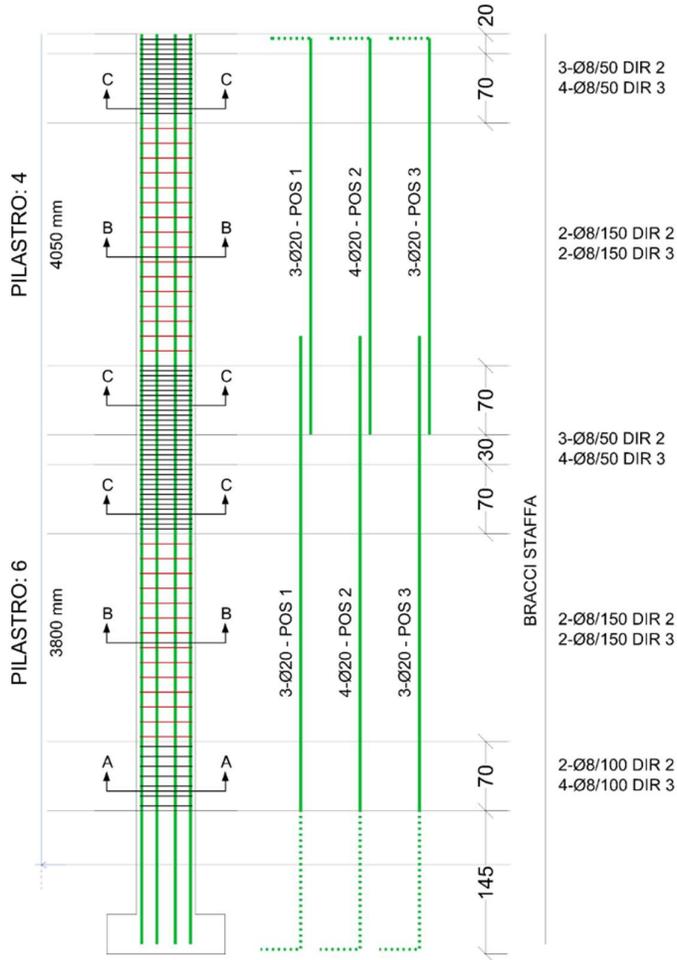
Di seguito è schematizzata la distribuzione di armature longitudinali e staffe per il pilastro corrispondente alla posizione B1.

Come già detto al § 7.8, si assume che la struttura sia in Classe di Duttilità Bassa (CDB), pertanto la zona critica del pilastro è la maggiore fra le seguenti (§ 7.4.6.1.2 NTC 2018):

- $1/6$  altezza libera del pilastro =  $(4050-300)/6 = 625$  mm
- 45 cm
- Altezza della Sezione Trasversale del Pilastro = 600 mm

In definitiva dunque si assume un' **Altezza Critica di 700 mm**.

Le verifiche di resistenza e gerarchia, così come il controllo tensione e fessurazione per gli stati limite di esercizio, vengono condotte con il software VIS di CSI.



### 12.1 Verifiche SLU – Pressoflessione Deviata

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate di base, interpiano e testa.

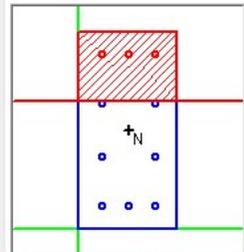
**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	60
3	30	60
4	30	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.14	7	7
2	3.14	15	7
3	3.14	23	7
4	3.14	7	22
5	3.14	23	22
6	3.14	7	38
7	3.14	23	38
8	3.14	7	53
9	3.14	15	53
10	3.14	23	53

Tipologia sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione: 

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  312.9 kN  
M<sub>xEd</sub>  135.9 kNm  
M<sub>yEd</sub>  22.03

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ‰  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

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

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
 cm Col. modello

Precompresso

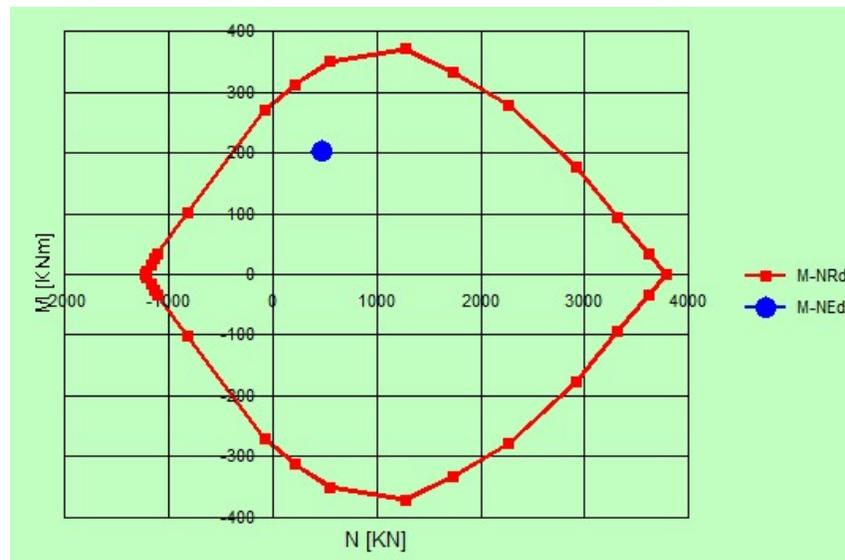


Figura 12.1 – Dominio di resistenza della sezione di base massimamente sollecitata

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 12.2 Verifiche SLU – Taglio

Come per le travi, nei pilastri la verifica resistenza a taglio nei confronti delle sollecitazioni determinate dall'analisi globale condotta sulla struttura si conduce controllando la disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per tale verifica e per il dimensionamento delle armature si ottengono imponendo l'equilibrio con i momenti delle sezioni di estremità (superiore e inferiore) del pilastro  $M_{i,d}^s, M_{i,d}^i$ , nel modo seguente:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{i,d}^s + M_{i,d}^i}{l_p}$$

dove:

$\gamma_{Rd}$  = Coefficiente di sovraresistenza, pari a 1,10 per strutture in CD" B";

$$M_{i,d} = M_{c,Rd} \cdot \min\left(1; \frac{\sum M_{b,Rd}}{\sum M_{c,Rd}}\right)$$

In cui:

$M_{c,Rd}$  = capacità del pilastro nella sezione di estremità;

$\sum M_{b,Rd}$  = sommatoria dei momenti resistenti delle travi incidenti nel nodo;

$\sum M_{c,Rd}$  = sommatoria dei momenti resistenti dei pilastri incidenti nel nodo;

$l_p$  = lunghezza del pilastro.

Si riporta di seguito la tabella di verifica a taglio del pilastro in esame.

Segmento	Armatura assegnata [m <sup>2</sup> /m]	Domanda a taglio [kN]	Capacità a taglio [kN]	D/C
1	0.001005	38.46	446.1	0.086
2	0.0006702	92.62	148.7	0.623
3	0.003016	144.68	643.7	0.225

### 12.3 Verifiche SLE – Tensione

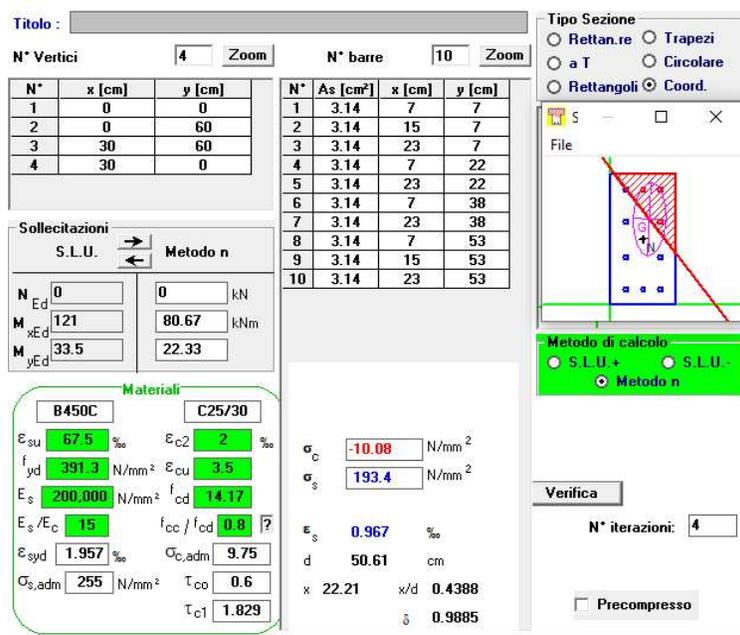


Figura 12.2 – Valori di tensione della sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico rara

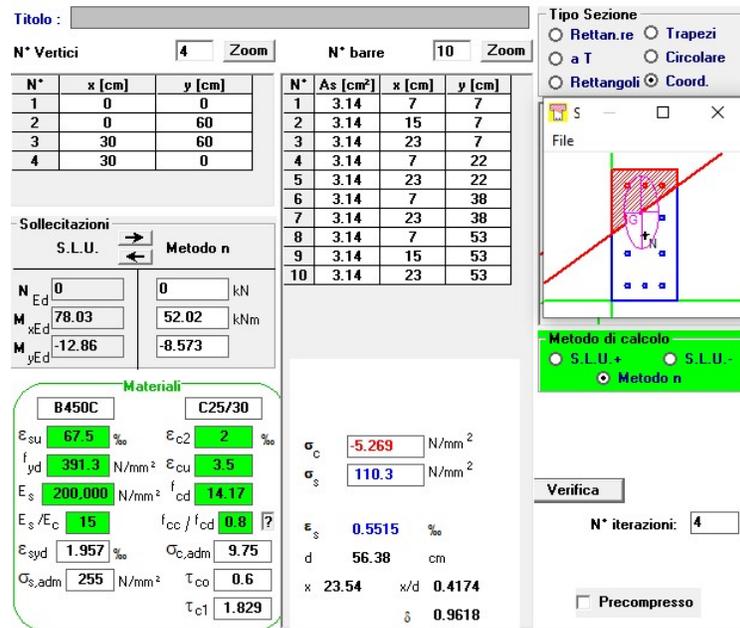


Figura 12.1 – Valori di tensione della sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 12.4 Verifiche SLE – Fessurazione

### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	121	kNm
Sforzo normale	N=	0	kN

### Materiali

Resistenza caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>
Es/Ec	n	15	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	60	cm					
Larghezza sezione	b	30	cm					
Armatura compressa (1° strato)	Ac <sub>1</sub>	9.42	cm <sup>2</sup>	3	Ø	20	c <sub>c1</sub> =	7 cm
Armatura compressa (2° strato)	Ac <sub>2</sub>	6.28	cm <sup>2</sup>	2	Ø	20	c <sub>c2</sub> =	46 cm
Armatura tesa (2° strato)	At <sub>2</sub>	6.28	cm <sup>2</sup>	2	Ø	20	c <sub>t2</sub> =	23 cm
Armatura tesa (1° strato)	At <sub>1</sub>	9.42	cm <sup>2</sup>	3	Ø	20	c <sub>t1</sub> =	7 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	7.2	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	167.8	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	20.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	2240	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	718316.80	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	348077.07	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	M <sub>cr</sub> *	43	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	13.1	cm	
Area efficace	A <sub>c,eff</sub>	391.8767918	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	A <sub>s</sub>	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.040083934		
Resistenza cilindrica media	f <sub>ctm</sub>	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.000967		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	6.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	28.9	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>k</sub>	0.28	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Frequent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.3	Soddisfatto

**Figura 12.2 - Valori di apertura delle fessure per la sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico frequente**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M=	78.03	kNm
Sforzo normale	N=	0	kN

**Materiali**

Resistenza caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>
Es/Ec	n	15	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	h	60	cm					
Larghezza sezione	b	30	cm					
Armatura compressa (1° strato)	$A_{c1}$	9.42	cm <sup>2</sup>	3	Ø	20	$c_{c1} = 7$	cm
Armatura compressa (2° strato)	$A_{c2}$	6.28	cm <sup>2</sup>	2	Ø	20	$c_{c2} = 46$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$A_{t2}$	6.28	cm <sup>2</sup>	2	Ø	20	$c_{t2} = 23$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$A_{t1}$	9.42	cm <sup>2</sup>	3	Ø	20	$c_{t1} = 7$	cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	4.7	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	108.2	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	20.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	2240	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	718316.80	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	348077.07	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (fctk)	$M_{cr}^*$	43	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	$k_t$	0.4		
Altezza efficace	$d_{eff}$	13.1	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	391.8767918	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_s$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_{p,eff}$	0.040083934		
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	$E_{cm}$	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_E$	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.0005515		
	$k_1$	0.8		
	$k_2$	0.5		
	$k_3$	3.4		
	$k_4$	0.425		
Copriferro netto	$c'$	6.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	$\varnothing_{eq}$	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	28.9	cm	
Ampiezza delle fessure	wk	0.16	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Quasi permanent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.2	<b>Soddisfatto</b>

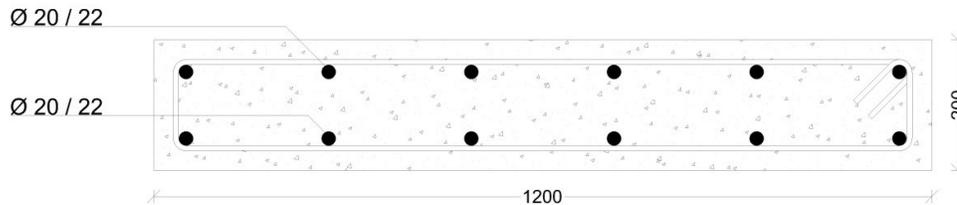
**Figura 12.5 - Valori di apertura delle fessure per la sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente**

### 13 VERIFICHE SCALA

Di seguito si riportano i dati geometrici della sezione trasversale tipo delle travi della scala ed è schematizzata la distribuzione di armature longitudinali.

GEOMETRIA			CARATTERISTICHE MATERIALI		
200.00	mm	H sez	450.00	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>yk</sub>
1200.00	mm	B sez	1.15		γ <sub>s</sub>
240000.00	mm <sup>2</sup>	A sez	391.30	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>yd</sub>
30.00	mm	Copriferro netto	37	N/mm <sup>2</sup>	R <sub>ck</sub>
49.00	mm	Copriferro Calcolo INF	30.71	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ck</sub>
49.00	mm	Copriferro Calcolo SUP	1.50		γ <sub>cls</sub>
			0.85		□ <sub>cc</sub>
6	mm	Numero Barre Long INF	17.40	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub>
20	mm	Diametro barre long INF	2.94	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>ctm</sub>
1884.96	mm <sup>2</sup>	A <sub>s</sub>	33019.43	N/mm <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub>
6	mm	Numero Barre Long SUP	210000.00	N/mm <sup>2</sup>	E <sub>s</sub>
20	mm	Diametro barre long SUP			
1884.96	mm <sup>2</sup>	A' <sub>s</sub>			
3769.91	mm <sup>2</sup>	A <sub>s</sub> + A' <sub>s</sub>			
8	mm	Diametro staffe			
2		Numero bracci Staffe			
152.00	mm	d = Altezza utile			

#### SEZIONE TRASVERSALE TIPO



### 13.1 Verifiche SLU – Flessione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate delle due travi.

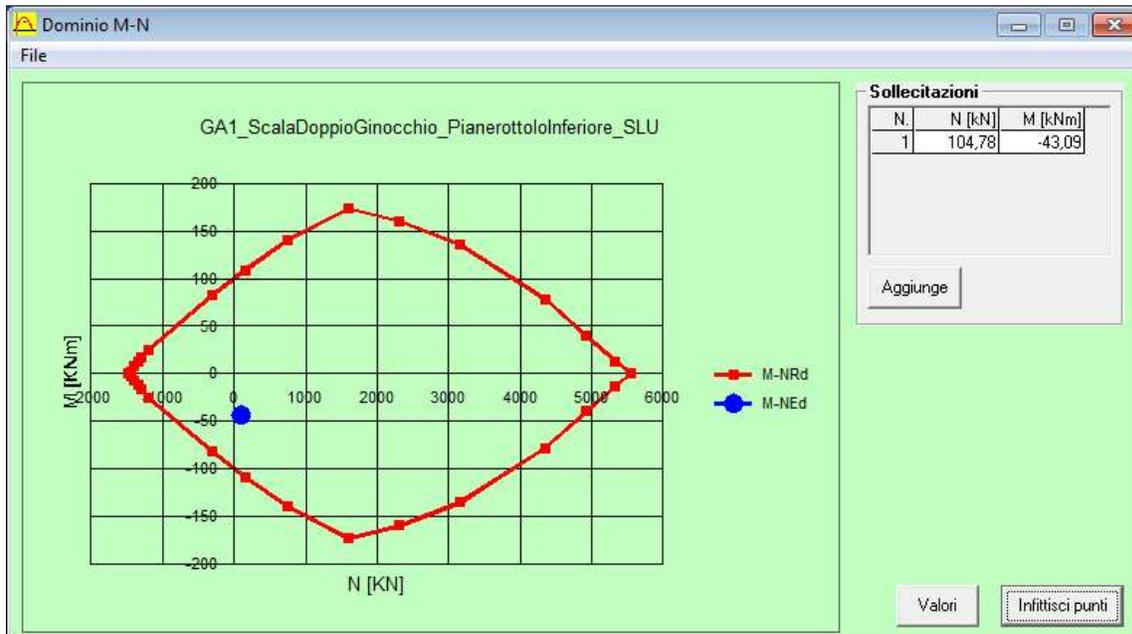


Figura 13.1 – Dominio di resistenza a pressoflessione sezione più sollecitata della trave della scala a doppio ginocchio

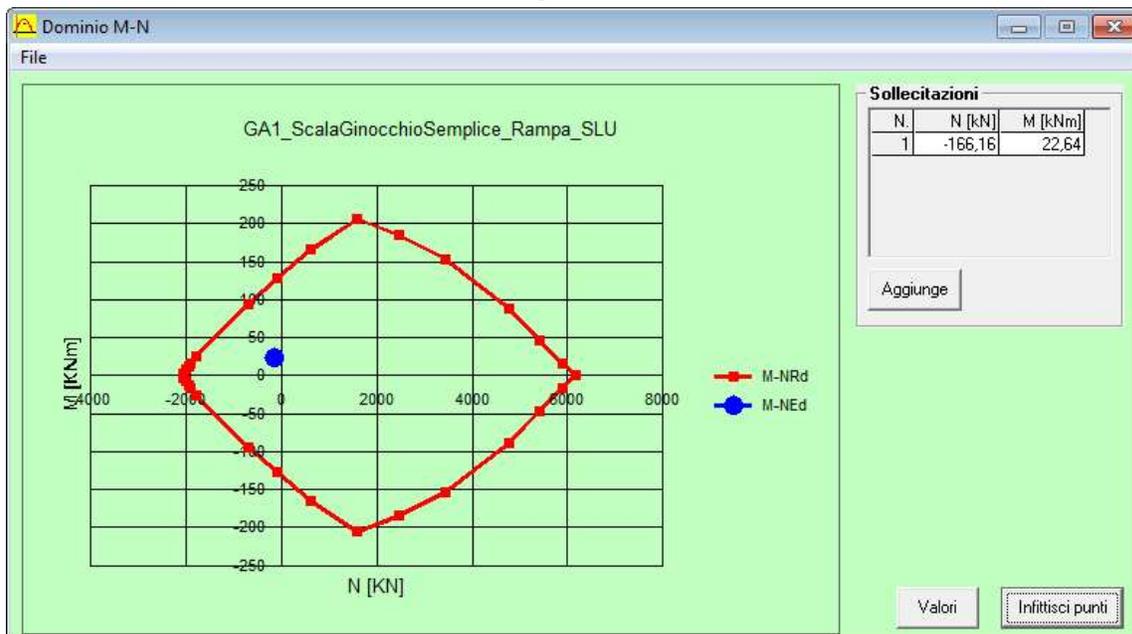


Figura 13.2 – Dominio di resistenza a pressoflessione sezione più sollecitata della trave della scala a ginocchio semplice

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 13.2 Verifiche SLU – Taglio

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio degli elementi non dotati di armature trasversali resistenti a taglio, si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre  $V_{Rd}$  è la resistenza a taglio.

Si riporta di seguito la verifica sulla sezione massimamente sollecitata a taglio, appartenente al pianerottolo inferiore della trave a doppio ginocchio.

VERIFICA TAGLIO ELEMENTI NON ARMATI A TAGLIO - § 4.1.2.1.3.1			TRAVI
152.00	mm	d = altezza utile della sezione	
2.00		$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	
1200.00	mm	$b_w$ = Larghezza minima della sezione (in mm)	
0.020		$\rho_1$ = Rapporto Geometrico di Armatura Longitudinale	
30.71	N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck}$	
0.00	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	
0.5486		$V_{min}$	
0.9469		$V' = 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c$	
172.72	kN	$V_{Rd}$	
71.82	kN	$V_{Ed}$	
2.40		FS	

### 13.3 Verifiche SLE – Tensione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate delle due travi, tenendo conto che i limiti imposti dalla normativa per il controllo tensione agli stati limite di esercizio sono i seguenti:

#### Combinazione Rara

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 18.43 \text{ N/mm}^2$
- Acciaio Teso →  $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

#### Combinazione Quasi Permanente

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 13.82 \text{ N/mm}^2$

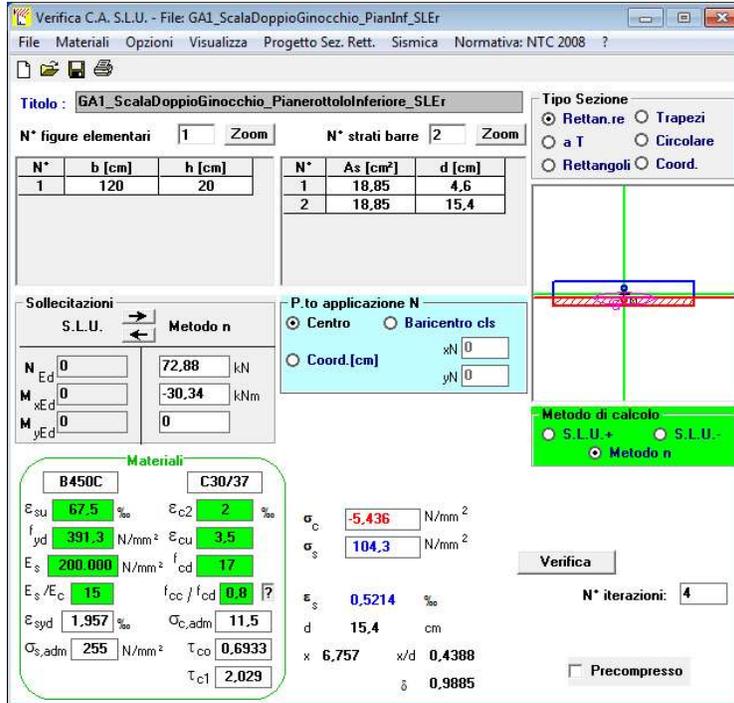


Figura 13.3 - Controllo di tensione agli SLE della trave della scala a doppio ginocchio – Combinazione Rara

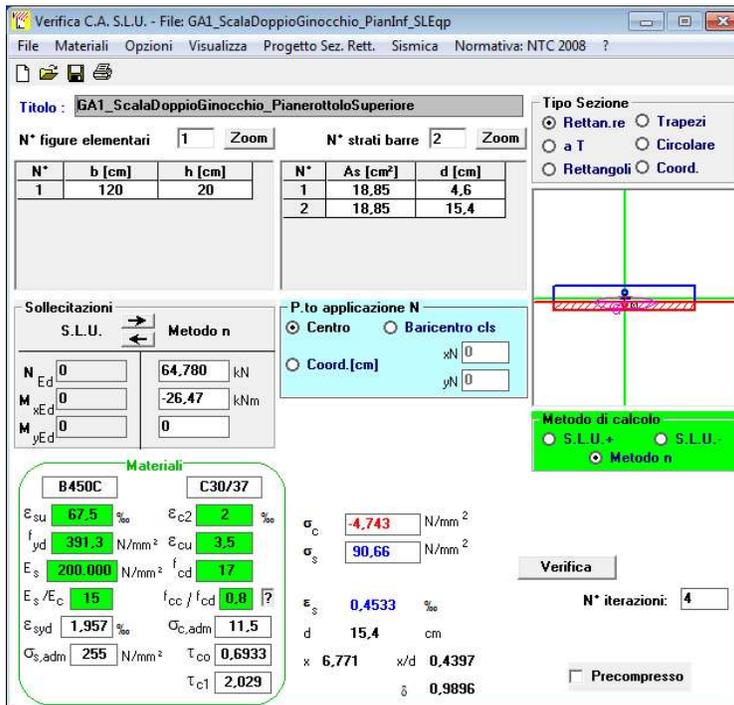


Figura 13.4 - Controllo di tensione agli SLE della trave della scala a doppio ginocchio – Combinazione Quasi Permanente

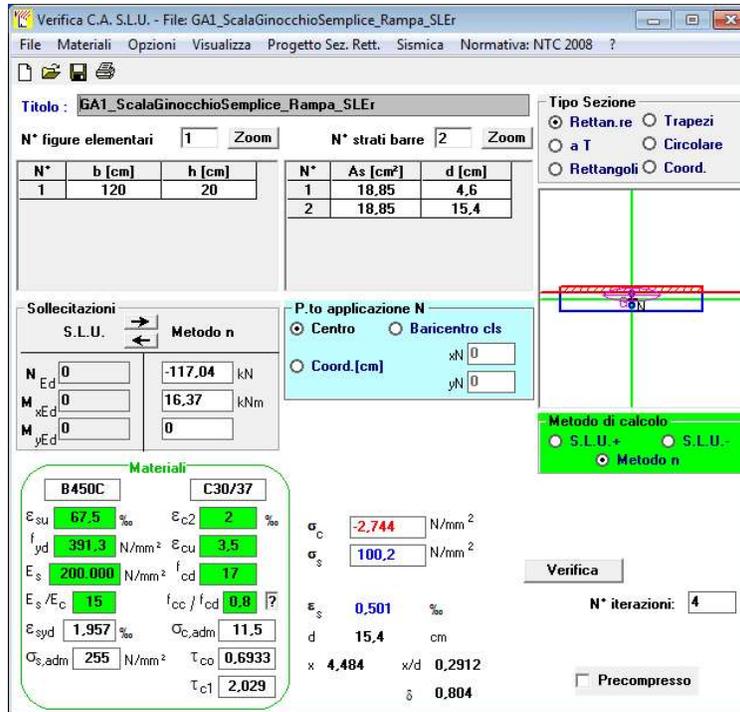


Figura 13.5 - Controllo di tensione agli SLE della trave della scala a ginocchio semplice – Combinazione Rara

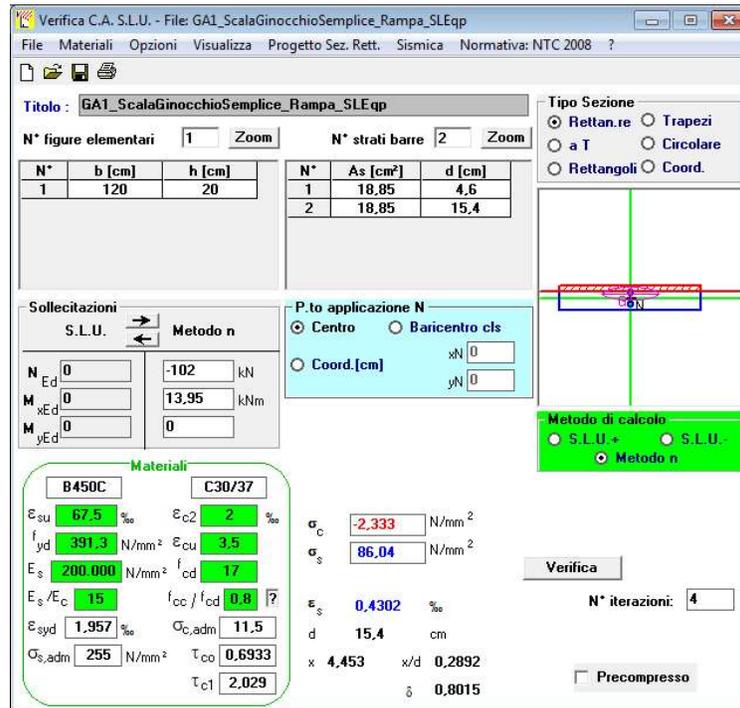


Figura 13.6 - Controllo di tensione agli SLE della trave della scala a ginocchio semplice – Combinazione Quasi Permanente

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 13.4 Verifiche SLE – Fessurazione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate delle due travi.

#### TRAVE DOPPIO GINOCCHIO – SEZIONE PIANEROTTOLO INFERIORE

Stato Limite di Apertura delle Fessure

Momento Statico pari a zero  $ax^2 + bx + c = 0$

a	600.00		
b	56548.67		
c	-5654866.78		
x	60.79	mm	Profondità asse neutro da lembo superiore
J <sub>CLS_Comp</sub>	89858576.31	mm <sup>4</sup>	
J <sub>AS_TOT</sub>	239846238.38	mm <sup>4</sup>	
J <sub>TOT</sub>	329704814.69	mm <sup>4</sup>	

#### Combinazione Frequente

$\sigma_s$  (Freq) 94.01 N/mm<sup>2</sup> Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb  
Frequente

K <sub>t</sub>	0.40	Fattore dipendente dalla durata del carico
f <sub>ctm</sub>	2.94	N/mm <sup>2</sup>
h <sub>c,eff</sub>	46.40	mm
A <sub>c,eff</sub>	55684 mm <sup>2</sup>	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza h <sub>c,ef</sub> e base t <sub>w</sub>
$\rho_{eff}$	0.03	
$\alpha_e$	6.36	
$\epsilon_{sm}$	0.00027	Deformazione unitaria media delle barre
K <sub>1</sub>	0.80	Per barre ad aderenza migliorata
K <sub>2</sub>	0.50	Caso di flessione
K <sub>3</sub>	3.40	Valore fisso
K <sub>4</sub>	0.43	Valore fisso
$\phi$	20.00	mm

 <b>ITALFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

c	48.00 mm	Ricoprimento Armatura
$\Delta s_{max}$	263.64mm	Distanza massima tra le fessure
$W_d (freq)$	0.07 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$W_3$	0.40 mm	Armatura poco sensibile

#### Combinazione Quasi Permanente

$\sigma_s (qp)$	90.66 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Q Perm
$\epsilon_{sm}$	0.00026	Deformazione unitaria media delle barre
$W_d (qp)$	0.07 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$W_2$	0.30 mm	Armatura poco sensibile

#### TRAVE GINOCCHIO SEMPLICE – SEZIONE RAMPA

Stato Limite di Apertura delle Fessure

Momento Statico pari a zero  $ax^2 + bx + c = 0$

a	600.00		
b	56548.67		
c	-5654866.78		
x	60.79	mm	Profondità asse neutro da lembo superiore
$J_{CLS\_Comp}$	89858576.31	mm <sup>4</sup>	
$J_{AS\_TOT}$	239846238.38	mm <sup>4</sup>	
$J_{TOT}$	329704814.69	mm <sup>4</sup>	

#### Combinazione Frequente

$\sigma_s (Freq)$	90.81 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Frequente
$K_t$	0.40	Fattore dipendente dalla durata del carico
$f_{ctm}$	2.94 N/mm <sup>2</sup>	

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

$h_{c,eff}$	46.40 mm	
$A_{c,eff}$	55684 mm <sup>2</sup>	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$ e base $t_w$
$\rho_{eff}$	0.03	
$\alpha_e$	6.36	
$\epsilon_{sm}$	0.00026	Deformazione unitaria media delle barre
$K_1$	0.80	Per barre ad aderenza migliorata
$K_2$	0.50	Caso di flessione
$K_3$	3,40	Valore fisso
$K_4$	0.43	Valore fisso
$\phi$	20.00 mm	
$c$	48.00 mm	Ricoprimento Armatura
$\Delta s_{max}$	263.64 mm	Distanza massima tra le fessure
$w_d (freq)$	0.07 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$w_3$	0.40 mm	Armatura poco sensibile

#### Combinazione Quasi Permanente

$\sigma_s (qp)$	86.04 N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in Comb Q Perm
$\epsilon_{sm}$	0.00025	Deformazione unitaria media delle barre
$w_d (qp)$	0.06 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$w_2$	0.30 mm	Armatura poco sensibile

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### 14 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 in Tab. 7.3.III, per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso IV è necessario operare una verifica di rigidezza degli elementi strutturali, riferendosi allo Stato Limite di Operatività.

In particolare, secondo la norma, la verifica in termini di rigidezza sulla struttura si può ritenere soddisfatta qualora la deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati. In particolare, dunque, per costruzioni ricadenti in Classe d'Uso IV, la norma prescrive che gli spostamenti interpiano valutati per lo SLO siano inferiori ai 2/3 dei limiti indicati per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso I e II al § 7.3.6.1.

In definitiva si può considerare che il caso in esame ricada nel punto a) descritto in normativa, che riguarda gli edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura e che interferiscono con la deformabilità della stessa, per i quali nel caso di tamponamenti fragili è previsto di contenere gli spostamenti interpiano entro il 5‰ dell'altezza di piano. Tenendo conto che l'edificio in esame è in Classe d'Uso IV, le prescrizioni descritte a tale punto della normativa si modificano come segue:

$$q \cdot d_r \leq 2/3 (0.005 h)$$

dove:

q = fattore di comportamento adottato nell'analisi per lo Stato Limite considerato;

h = altezza di piano;

$d_r$  = spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, determinato per lo SLO

Nel caso in esame si ha  $q_{SLO} = 1$ .

Inoltre, essendo l'altezza di interpiano  $h_1 = 3.8$  m, al piano terra e  $h_2 = 4.05$  m al piano primo, il limite massimo degli spostamenti nel caso in esame è:

$$d_{r_1} \leq 2/3 \cdot (0.005 \cdot 3.750) = 12.5 \text{ mm}$$

$$d_{r_2} \leq 2/3 \cdot (0.005 \cdot 4.050) = 13.5 \text{ mm}$$

 <b>ITALFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Si riportano di seguito i valori degli spostamenti di piano dei quattro pilastri d'angolo del modello.

### Pilastro C<sub>1</sub>

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	ΔU1	ΔU2
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	mm
53	SLO_1	Combination	Max	1.720448	1.735162	1.579341	2.225479
53	SLO_1	Combination	Min	-1.660301	-1.20658	1.556812	1.861222
54	SLO_1	Combination	Max	3.299789	3.960641		
54	SLO_1	Combination	Min	-3.217113	-3.067802		
53	SLO_2	Combination	Max	1.104104	2.654305	0.937164	3.381431
53	SLO_2	Combination	Min	-1.043957	-2.125723	0.914635	3.017174
54	SLO_2	Combination	Max	2.041268	6.035736		
54	SLO_2	Combination	Min	-1.958592	-5.142897		

### Pilastro C<sub>5</sub>

TABLE: Pilastro C<sub>1</sub>

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	ΔU1	ΔU2
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	mm
16	SLO_1	Combination	Max	1.720448	2.071066	1.579341	2.036146
16	SLO_1	Combination	Min	-1.660301	-2.11837	1.556812	2.078602
17	SLO_1	Combination	Max	3.299789	4.107212		
17	SLO_1	Combination	Min	-3.217113	-4.196972		
16	SLO_2	Combination	Max	1.104104	4.40258	0.937164	4.448354
16	SLO_2	Combination	Min	-1.043957	-4.449884	0.914635	4.490809
17	SLO_2	Combination	Max	2.041268	8.850934		
17	SLO_2	Combination	Min	-1.958592	-8.940693		

### Pilastro A<sub>1</sub>

TABLE: Pilastro A<sub>1</sub>

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	ΔU1	ΔU2
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	mm
24	SLO_1	Combination	Max	1.712362	1.735162	1.806127	2.225479
24	SLO_1	Combination	Min	-1.879725	-1.20658	1.944276	1.861222
25	SLO_1	Combination	Max	3.518489	3.960641		
25	SLO_1	Combination	Min	-3.824001	-3.067802		
24	SLO_2	Combination	Max	0.89796	2.654305	0.860751	3.381431
24	SLO_2	Combination	Min	-1.065323	-2.125723	0.9989	3.017174
25	SLO_2	Combination	Max	1.758711	6.035736		
25	SLO_2	Combination	Min	-2.064223	-5.142897		



NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	117 DI 152

### Pilastro A<sub>5</sub>

TABLE: Pilastro A<sub>5</sub>

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	ΔU1	ΔU2
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	mm
7	SLO_1	Combination	Max	1.712362	2.071066	1.806127	2.036146
7	SLO_1	Combination	Min	-1.879725	-2.11837	1.944276	2.078602
8	SLO_1	Combination	Max	3.518489	4.107212		
8	SLO_1	Combination	Min	-3.824001	-4.196972		
7	SLO_2	Combination	Max	0.89796	4.40258	0.860751	4.448354
7	SLO_2	Combination	Min	-1.065323	-4.449884	0.9989	4.490809
8	SLO_2	Combination	Max	1.758711	8.850934		
8	SLO_2	Combination	Min	-2.064223	-8.940693		

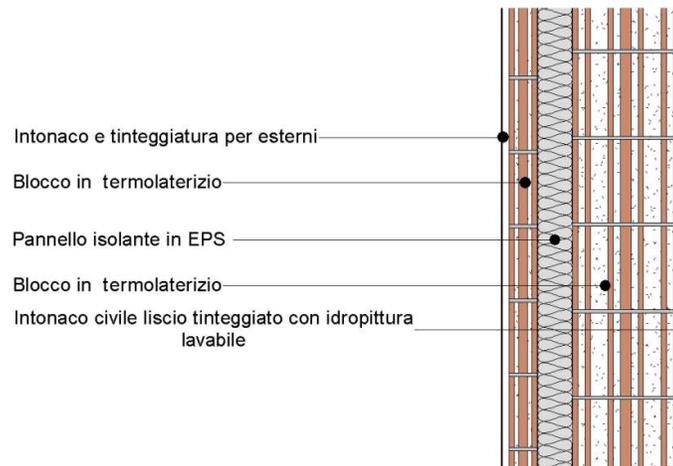
	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

## 15 VERIFICA SISMICA TAMPONAMENTI

Al § 7.3.6 in Tab. 7.3.III le NTC 2018 specificano come per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso IV sia necessario operare una verifica di stabilità per gli elementi NON Strutturali soggetti all'azione sismica valutata per lo SLV.

In particolare, secondo quanto riportato al § 7.3.6.2 della stessa norma, per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale devono essere adottati magisteri atti ad evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della  $F_a$  (v. § 7.2.3) corrispondente allo SLV.

Considerando la stratigrafia della muratura esterna riportata in *Figura 15.1*, si assume che la funzione portante della parete sia svolta dal blocco in termolaterizio interno, di spessore pari a 30 cm. Per garantire la resistenza dell'intero tamponamento alle azioni orizzontali, si prevede di inserire all'interno di questa muratura, ogni due corsi di forati, dei tralicci in acciaio inglobati nei letti di malta. Per solidarizzare la muratura esterna di spessore pari a 8 cm allo strato portante interno della parete, si prevede la disposizione di collegamenti puntuali diffusi.



**Figura 15.1 – Stratigrafia tamponatura esterna M1**

La forza orizzontale  $F_a$  applicata sulla tamponatura può essere valutata con la seguente formula, riportata al § 7.2.3 della norma:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

in cui:

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

$F_a$  = forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

$W_a$  = peso dell'elemento;

$S_a$  = accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1 NTC 2018)

$q_a$  = fattore di comportamento dell'elemento non strutturale.

In assenza di specifiche determinazioni, per  $S_a$  e  $q_a$  si può fare utile riferimento a quanto riportato nella Circolare n.7/2019; in particolare, per il fattore di struttura  $q_a$  si può assumere un valore pari a 2, valido per tramezzature e facciate (vedi Tabella C7.2.I), mentre per la definizione dell'accelerazione massima  $S_a$  si può ricorrere alle formulazioni semplificate valide per costruzioni con struttura a telai di seguito riportate.

$$S_a = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{a \cdot T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a < a \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot a_p & \text{per } a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{b \cdot T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a \geq b \cdot T_1 \end{cases}$$

In cui:

$\alpha$  = rapporto tra accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo di tipo A da considerare per lo stato limite in esame e l'accelerazione di gravità  $g$ ;

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1 delle NTC 2018;

$T_a$  = periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

$T_1$  = periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio nella direzione considerata;

$Z$  = quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;

$H$  = altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione.

$a$ ,  $b$ ,  $a_p$  = parametri definiti in accordo con il primo periodo di vibrazione della costruzione  $T_1$ , vedi Tab C7.2.II.



**NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO**

**BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO**

FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	120 DI 152

Di seguito si riportano i calcoli effettuati per la tamponatura esterna più estesa dell'edificio, che rappresenta il caso più gravoso, essendo la parete in esame caratterizzata da specchiatura e massa maggiori. Si assume pertanto di poter estendere le considerazioni seguenti anche alle restanti tipologie di pareti presenti all'interno dell'edificio, che eventualmente richiederanno quantitativi di armatura inferiori rispetto a quelli di seguito dimensionati per la Tamponatura M1, in ragione della minore massa sismica.

**Geometria Tamponamento**

L	5,25 m	Distanza max fra due pilastri consecutivi
h	3,85 m	Altezza parete
H	10,95 m	Altezza della costruzione misurata a partire dal piano della fondazione
Z <sub>g_parete</sub>	7,03 m	Quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione

**Caratteristica Tamponamento**

ρ <sub>m</sub>	760,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità media laterizio - da sito poroton per blocchi forati P700
S <sub>m</sub>	30,00 cm	Spessore blocco laterizio
J <sub>m</sub>	225.000,00 cm <sup>4</sup> /m 0,00225 m <sup>4</sup> /m	Momento d'inerzia muratura a metro lineare
E <sub>m</sub>	30.000,00 kg/cm <sup>2</sup> 300.000.000,00 kg/m <sup>2</sup>	Modulo di elasticità muratura - da sito poroton per blocchi forati P700
ρ <sub>intonaco</sub>	2.000,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità media intonaco
S <sub>intonaco</sub>	3,00 cm	Spessore intonaco
ρ <sub>coibente</sub>	18,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità media coibente
S <sub>coibente</sub>	10,00 cm	Spessore coibente
ρ <sub>laterizio_ext</sub>	760,00 kg/m <sup>3</sup>	Densità media blocco esterno di laterizio
S <sub>laterizio_ext</sub>	8,00 cm	Spessore blocco laterizio esterno
W <sub>aq</sub>	350,60 kg/m <sup>2</sup>	Peso parete a metro quadro
W <sub>a</sub>	1.349,81 kg/m	Peso parete a metro lineare
T <sub>a</sub>	0,4220	Periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale valutato con la seguente formula (relativa a un Sistema a un Grado di Libertà SDOF la cui rigidità K è espressa facendo riferimento a una trave semplicemente appoggiata con massa distribuita)

$$T_a = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} = \frac{2 \cdot h^2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{W_a}{E_m \cdot J_m}}$$

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	121 DI 152

**Valutazione Azione Sismica**

$V_N$	75,00 anni	
Classe d'uso	IV	
$C_U$	2,00	
$V_R$	150,00 anni	Periodo di riferimento per l'azione sismica
$a_{g,sUV}$	0,0479 g	-----
$S_S$	1,50	Categoria di sottosuolo C
$S_T$	1,00	Categoria Topografica T1 - Superf pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
$S$	1,50	$S = S_T * S_S$
$\alpha$	0,0479	
$T_1$	0,62	Primo periodo di vibrazione della struttura (da Modello SAP2000)
$a$	0,30	Parametro in accordo con il primo periodo di vibrazione della costruzione $T_1$ , vedi Tab C7.2.II
$b$	1,20	Parametro in accordo con il primo periodo di vibrazione della costruzione $T_1$ , vedi Tab C7.2.II
$a_p$	4,00	Parametro in accordo con il primo periodo di vibrazione della costruzione $T_1$ , vedi Tab C7.2.II
$T_a/T_1$	0,681	
$S_a$	0,472	§ C7.2.3 Circolare n.7/2019 formula C7.2.11
$q_a$	2,00	da Tab. C7.2.I Circolare n.7/2019
$F_a$	82,74 kg/m <sup>2</sup>	

**Dimensionamento Armatura Traliccio**

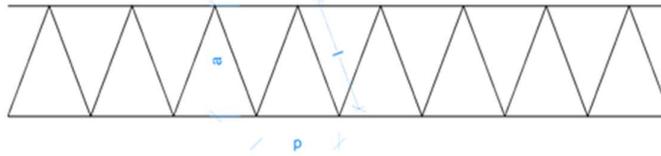
$i_{orizz}$	0,38 m	Interasse tra elementi di armatura orizzontali (ipotizzando di disporre un traliccio ogni due corsi di muratura con hporoton=19 cm)
$F_{a,orizz}$	31,44 kg/m	Forza sismica orizzontale agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole
$M_{Ed}$	0,723 kNm	Hp schema statico incastro
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>	B450C
$\gamma_s$	1,15	
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>	
$a_{orizz}$	250,00 mm	Larghezza traliccio orizzontale
$\phi_{orizz}$	8,00 mm	
$A_s$	50,27 mm <sup>2</sup>	
$M_{Rd,orizz}$	4,67 kNm	
$FS_{orizz}$	6,46	

**Verifica Ancoraggio Tralci alla Struttura**

$V_{Ed}$	0,83 kN	
$f_{yk}$	450,00 N/mm <sup>2</sup>	B450C
$\gamma_s$	1,15	
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>	
$\phi_{taglio}$	6,00 mm	
$A_v$	28,27 mm <sup>2</sup>	
$V_{Ed}$	6,39 kN	
$FS_{taglio}$	7,7	

**Calcolo incidenza armatura trallicci a metro quadro di parete - PARETI ESTERNE - TIPO M1**

Schema traliccio inserito nei letti di malta delle tamponature



$\phi$	8,00 mm	Diametro armatura traliccio
a	250,00 mm	Larghezza traliccio orizzontale
p	150,00 mm	Passo armatura diagonale traliccio
l	261,01 mm	Lunghezza diagonale traliccio, calcolata come $l = \sqrt{a^2 + (p/2)^2}$
$L_{TOT\_1m}$	5.480,10 mm	Lunghezza diagonale barre di acciaio componenti un metro lineare di traliccio
$A_s_{TOT\_1m}$	275,46 mm <sup>2</sup>	Area di acciaio componente un metro lineare di un singolo traliccio
$W_s_{TOT\_1m}$	2,16 kg/m	Peso di acciaio componente un metro lineare di un singolo traliccio
$W_s_{TOT}$	5,69 kg/m <sup>2</sup>	Peso di acciaio presente in un metro quadrato di parete (ipotizzando di disporre un traliccio ogni due corsi di muratura con hporoton=19 cm)

**Calcolo incidenza armatura trallicci a metro quadro di parete - PARETI INTERNE - TIPO M3**

Vista la minore massa sismica caratterizzante le pareti interne del fabbricato,

si assume per queste pareti di disporre la stessa tipologia di traliccio, però non ogni 2 corsi di muratura ma ogni 3

$W_s_{TOT}$	3,79 kg/m <sup>2</sup>	Peso di acciaio presente in un metro quadrato di parete (ipotizzando di disporre un traliccio ogni tre corsi di muratura con hporoton=19 cm)
-------------	------------------------	---

## 16 VERIFICHE PLATEA DI FONDAZIONE

La platea di fondazione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Profondità piano di posa rispetto al piano di calpestio interno  $D = 1.45$  m

Larghezza complessiva  $B = 10.00$  m

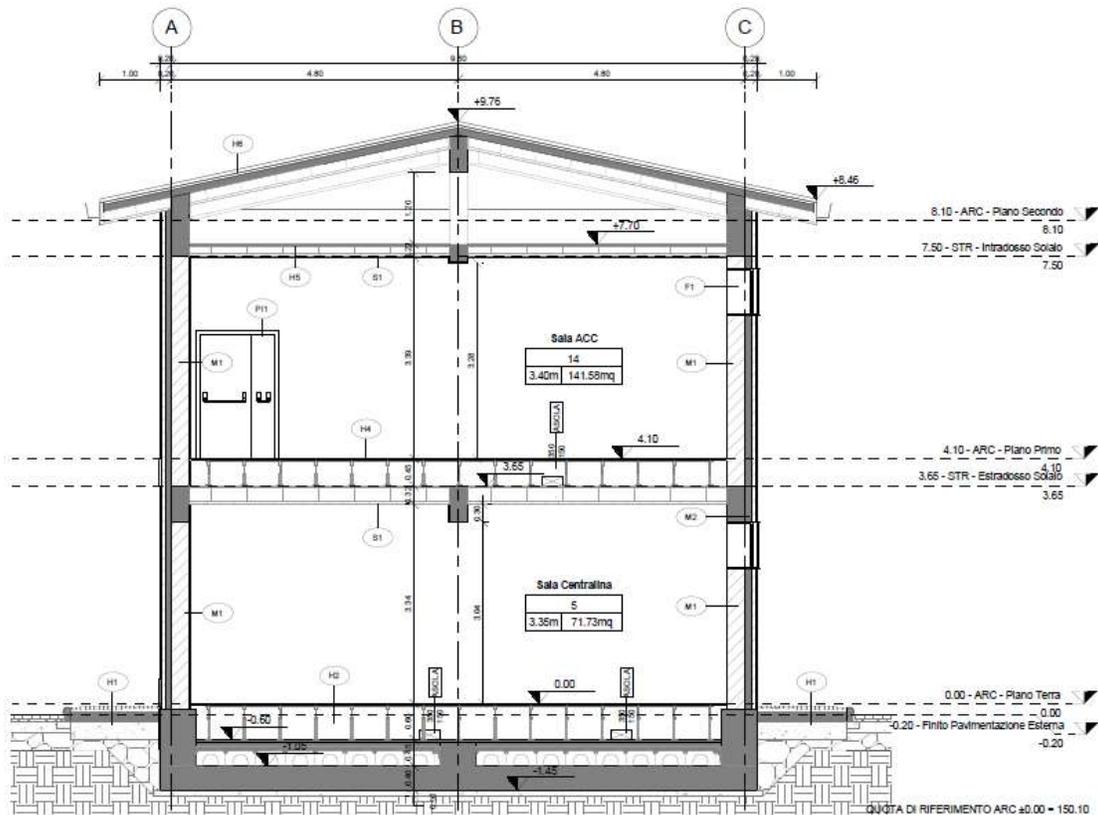
Lunghezza complessiva  $L = 24.70$  m

Spessore  $s = 40.00$  cm

Copriferro netto  $c = 4.0$  cm

Lungo tutto il perimetro sono previsti dei cordoli di rinforzo laterali di 60 cm di spessore e 95 cm di altezza rispetto all'estradosso della soletta centrale, mentre in corrispondenza dei fili dei pilastri interni sono previste nervature di irrigidimento di larghezza pari a 60 cm e spessore pari a 40 cm.

Si riporta di seguito una sezione trasversale tipo:



**Figura 16.1 – Sezione strutturale del fabbricato**

### 16.1 Verifiche SLU – Flessione

Si assume di disporre un'armatura orizzontale costituita da  $1 + 1\phi 20/20$  uniformemente distribuita.

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate della platea.

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	40
3	100	40
4	100	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	5	34
7	3.14	25	34
8	3.14	45	34
9	3.14	65	34
10	3.14	85	34

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello  Precompresso

Materiali

B450C		C25/30	
E <sub>su</sub>	67.5	E <sub>c2</sub>	2
f <sub>yd</sub>	391.3	E <sub>cu</sub>	3.5
E <sub>s</sub>	200.000	f <sub>cd</sub>	14.17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0.8
E <sub>syd</sub>	1.957	σ <sub>c,adm</sub>	9.75
σ <sub>s,adm</sub>	255	τ <sub>co</sub>	0.6
		τ <sub>c1</sub>	1.829

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

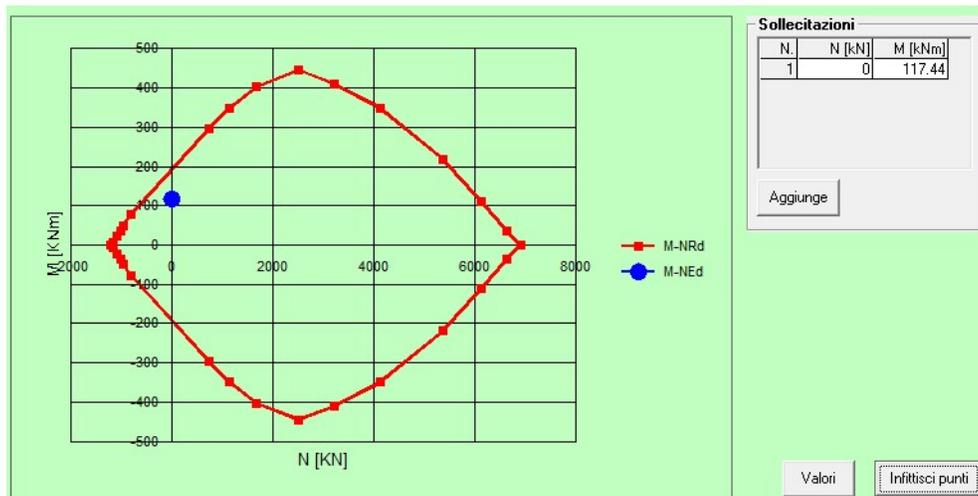


Figura 16.2 – Dominio di resistenza a flessione – Momento Flettente  $M_{11} - M_{Rd} = 117.44$  kNm/m  $F_s = 1.67$

Titolo : \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom  N° barre  Zoom

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	40
3	100	40
4	100	0

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	5	34
7	3.14	25	34
8	3.14	45	34
9	3.14	65	34
10	3.14	85	34

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  cm  cm

Col. modello  Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
τ<sub>cl</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

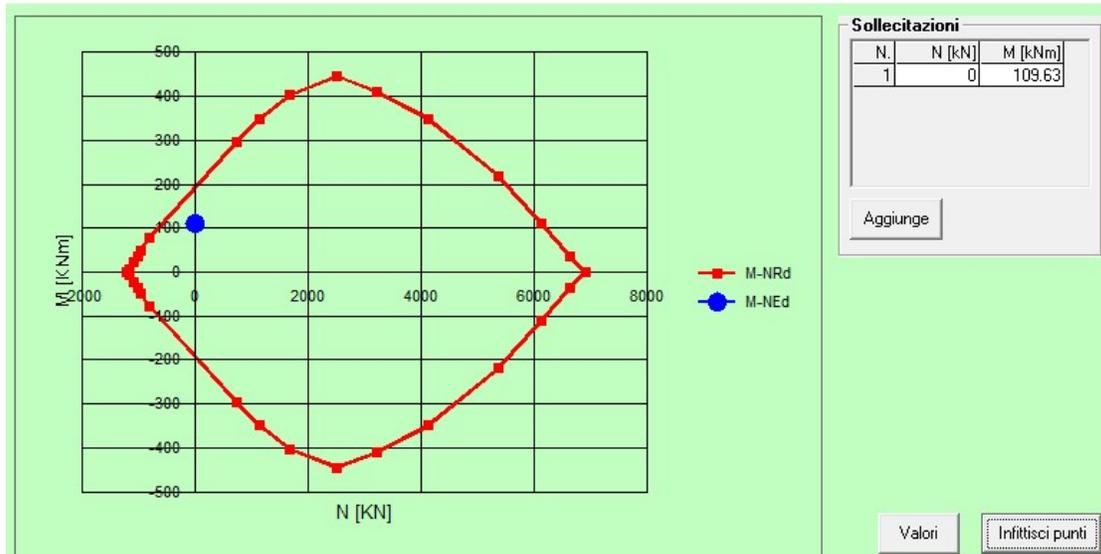


Figura 16.3 – Dominio di resistenza a flessione – Momento Flettente  $M_{22} - M_{Rd} = 109.63$  kNm/m  $F_s = 1.79$

## 16.2 Verifiche SLU – Taglio

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio degli elementi non dotati di armature trasversali resistenti a taglio si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre  $V_{Rd}$  è la resistenza a taglio.

Si riporta di seguito la verifica sulla sezione massimamente sollecitata a taglio.

$$V_{Ed} = 289.37 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$R_{ck} =$	30.00	MPa		
$f_{ck} =$	24.90	MPa	$f_{cd} =$	14.11
$\gamma_c =$	1.50			
$\alpha_{cc} =$	0.85		$v =$	0.54024
$\alpha_{sw} =$	1.00			
$v_l =$	0.54024			
$f_{yk} =$	450	MPa	$f_{yd} =$	391.30435
$\gamma_s =$	1.15			

$b_w =$	1000	mm	larghezza sezione
$h =$	400	mm	altezza sezione
$d =$	335	mm	altezza utile sezione
$A_{sl} =$	3142	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$C_{rd,c} =$	0.12		
$k =$	1.7726674		
$\rho_l =$	0.0093779		rapporto geometrico armatura long
$k_l =$	0.15		
$\sigma_{cp} =$	0	Mpa	tensione media di compressione
$v_{min} =$	0.4122006		
$V_{rd,c min} =$	138.0872	kN	

$V_{Rd,c} =$	203.683	kN	> $V_{rd,c min}$
$V_{Ed} > V_{Rd,c}$			
<b>Sezione richiede ulteriore rinforzo</b>			

$\emptyset =$	20	mm	
$n =$	2		
$A_{sw} =$	628.31853	mm <sup>2</sup>	$A_{sw,max} =$ 1948.0454
$s =$	200	mm	
$\alpha =$	90	deg	
$\theta =$	45	deg	

$$V_{Rd,s} = 370.63964 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 1149.135 \text{ kN}$$

$V_{Rd} =$	370.63964	kN
$V_{Ed} < V_{Rd}$		
<b>Verifica di rinforzo a taglio soddisfatto</b>		

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

### 16.3 Verifiche SLE – Tensione

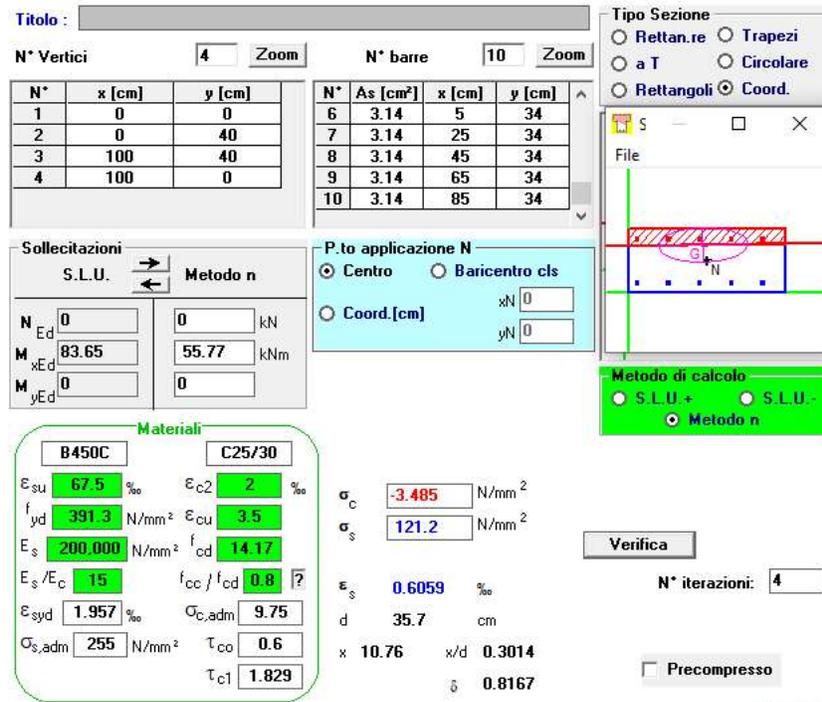
Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate della platea, tenendo conto che i limiti imposti dalla normativa per il controllo tensione agli stati limite di esercizio sono i seguenti:

Combinazione Rara

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$
- Acciaio Teso →  $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Combinazione Quasi Permanente

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$



**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 10 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	6	3.14	5	34
2	0	40	7	3.14	25	34
3	100	40	8	3.14	45	34
4	100	0	9	3.14	65	34
			10	3.14	85	34

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>** 0 **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>** 83.65 **55.77** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **0**

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

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

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

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{cl}$  1.829

$\sigma_c$  -3.485 N/mm²  
 $\sigma_s$  121.2 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.6059 ‰  
d 35.7 cm  
x 10.76 x/d 0.3014  
 $\delta$  0.8167

**Verifica**  
**N° iterazioni:** 4  
 Precompresso

Figura 16.4 - Controllo di tensione agli SLE della sezione più sollecitata della platea – Combinazione Rara

Titolo : \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	40
3	100	40
4	100	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	5	34
7	3.14	25	34
8	3.14	45	34
9	3.14	65	34
10	3.14	85	34

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="70.52"/>	<input type="text" value="47.01"/>	kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

Materiali

$\epsilon_{su}$	<input type="text" value="67.5"/>	%	$\epsilon_{c2}$	<input type="text" value="2"/>	%
$f_{yd}$	<input type="text" value="391.3"/>	N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	<input type="text" value="3.5"/>	
$E_s$	<input type="text" value="200.000"/>	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	<input type="text" value="14.17"/>	
$E_s/E_c$	<input type="text" value="15"/>		$f_{cc}/f_{cd}$	<input type="text" value="0.8"/>	?
$\epsilon_{syd}$	<input type="text" value="1.957"/>	%	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="9.75"/>	
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/>	N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	<input type="text" value="0.6"/>	
			$\tau_{cl}$	<input type="text" value="1.829"/>	

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$   %

d  cm

x  w/d

$\delta$

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

Figura 16.5 - Controllo di tensione agli SLE della sezione più sollecitata della platea – Combinazione Quasi Permanente

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### 16.4 Verifiche SLE – Fessurazione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per la sezione più sollecitata della platea di fondazione.

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	83.65	kNm
Sforzo normale	N=	0	kN

##### Materiali

Resistenza caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>
Es/Ec	n	15	

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	40	cm
Larghezza sezione	b	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	$A_{c1}$	31.42	cm <sup>2</sup>
Tensile reinforcement (1° row)	$A_{t1}$	31.42	cm <sup>2</sup>

e 10 Ø 20  $a_{s1} = 6.5$  cm  
e 10 Ø 20  $a_{t1} = 6.5$  cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	92.5	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	12.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4880	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	705099.91	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	289631.39	cm <sup>4</sup>		

##### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	$M_{cr}^*$	63	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	$k_t$	0.4		
Altezza efficace	$d_{eff}$	9.3	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	928.0657389	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_s$	31.4	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_{p,eff}$	0.033850971		
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	$E_{cm}$	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_E$	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.0006059		
	$k_1$	0.8		
	$k_2$	0.5		
	$k_3$	3.4		
	$k_4$	0.425		
Copriferro netto	$c'$	5.5	cm	
Diámetro equivalente delle barre	$\varnothing_{eq}$	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	28.7	cm	
Ampiezza delle fessure	wk	0.17	mm	

Tipo di armatura	Sensitive	
Condizioni ambientali	Ordinary	
Stato limite	Frequent	
Valore limite di apertura delle fessure	0.3	<b>Soddisfatto</b>

**Figura 16.6 - Valori di apertura delle fessure per la sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico frequente**

	<b>NODO DI NOVARA. 1<sup>A</sup> FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M=	70.52	kNm
Sforzo normale	N=	0	kN

#### Materiali

Resistenza caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>
Es/Ec	n	15	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	h	40	cm
Larghezza sezione	b	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	$A_{c1}$	31.42	cm <sup>2</sup>
Tensile reinforcement (1° row)	$A_{t1}$	31.42	cm <sup>2</sup>

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	3.0	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	77.9	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6	Sezione incrinata
	u (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	12.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4880	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	705099.91	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	289631.39	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (fctk)	$M_{cr}^*$	63	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	$k_t$	0.4		
Altezza efficace	$d_{eff}$	9.3	cm	
Area efficace	$A_{c,eff}$	928.0657389	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_s$	31.4	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_{p,eff}$	0.033850971		
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	32.9	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	$E_{cm}$	31,447	N/mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_E$	6.7		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000501		
	$k_1$	0.8		
	$k_2$	0.5		
	$k_3$	3.4		
	$k_4$	0.425		
Copriferro netto	$c'$	5.5	cm	
Diematro equivalente delle barre	$\varnothing_{eq}$	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	28.7	cm	
Ampiezza delle fessure	wk	0.14	mm	

Tipo di armatura	Sensitive
Condizioni ambientali	Ordinary
Stato limite	Quasi permanent
Valore limite di apertura delle fessure	0.2

**Soddisfatto**

**Figura 16.7 - Valori di apertura delle fessure per la sezione di base massimamente sollecitata per la combinazione di carico quasi permanente**

## 17 VERIFICHE NERVATURE PLATEA DI FONDAZIONE

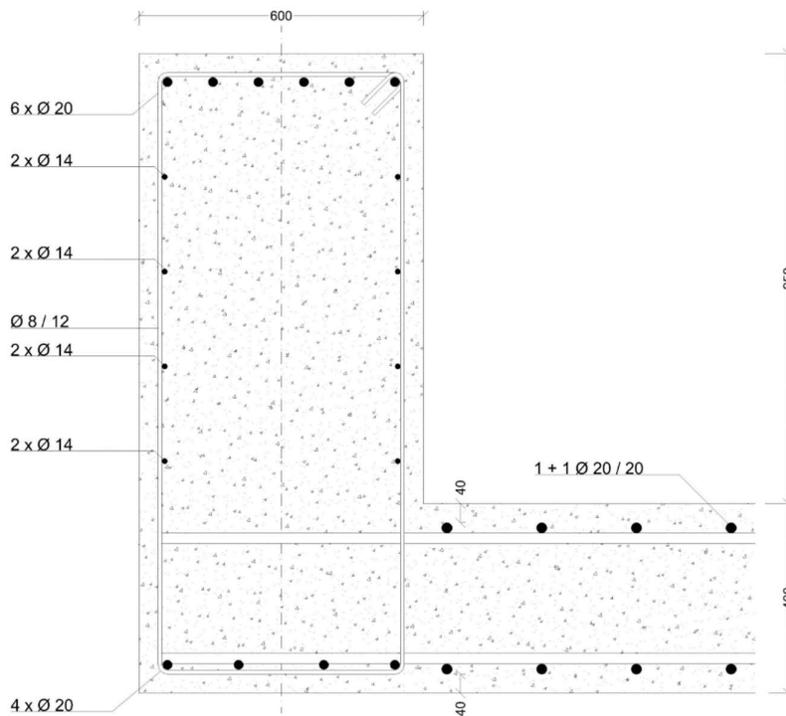
La nervatura esterna tipo della platea di fondazione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Larghezza  $B = 60.00$  cm

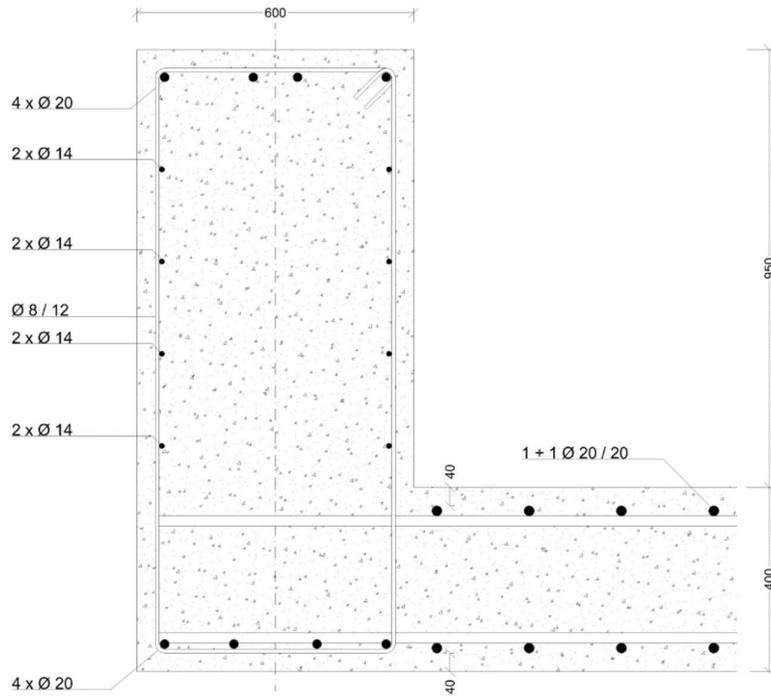
Altezza  $H = 135.00$  cm

### 17.1 Verifiche SLU – Flessione

Si assume di disporre un'armatura longitudinale costituita da 6  $\varnothing 20$  superiori e 4  $\varnothing 20$  inferiori in campata e 4  $\varnothing 20$  superiori e 4  $\varnothing 20$  inferiori in appoggio, come illustrato nelle figure seguenti.

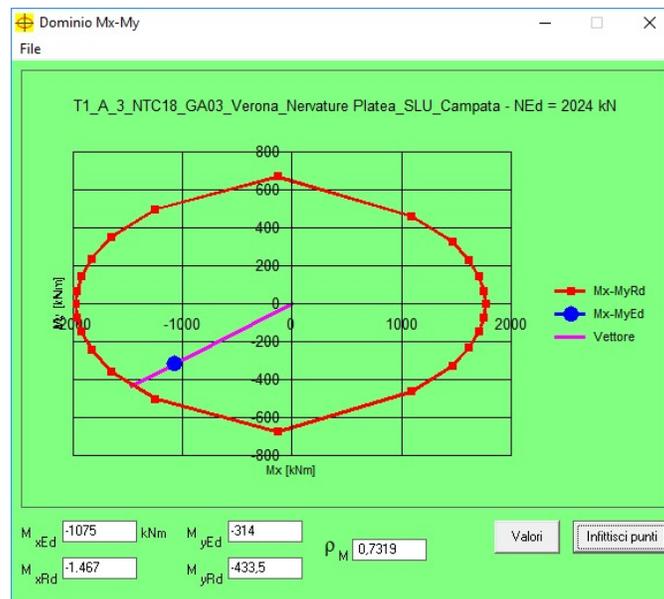


**Figura 17.1 - Distribuzione armatura nervatura platea – sezione in campata**



**Figura 17.2 – Distribuzione armatura nervatura platea – sezione in appoggio**

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate.



**Figura 17.3 – Dominio di resistenza a flessione – Momento Flettente Campata**

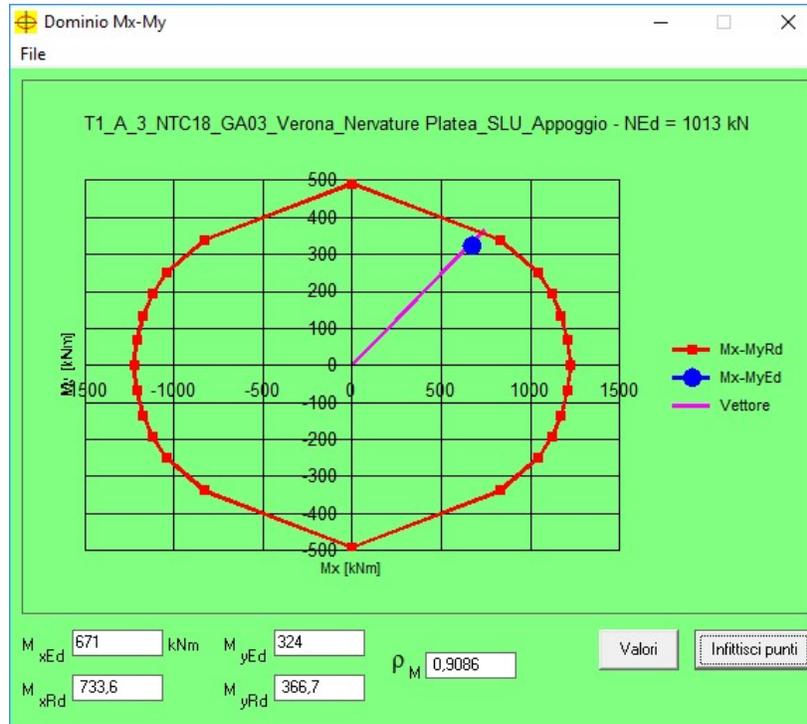


Figura 17.4 – Dominio di resistenza a flessione – Momento Flettente Appoggio

## 17.2 Verifiche SLU – Taglio

Secondo quanto specificato dalla normativa, la verifica resistenza a taglio nei confronti delle sollecitazioni determinate dall'analisi globale condotta sulla struttura si conduce controllando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente, mentre  $V_{Rd}$  è la resistenza a taglio, che per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\vartheta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg}\vartheta \leq 2.5$$

Si prevede di disporre una staffatura  $\varnothing 8/15$

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

VERIFICA TAGLIO ELEMENTI ARMATI A TAGLIO - § 4.1.2.1.3.2	TRAVI
8 mm	Diametro staffe
2,0	Numero bracci Staffe
100,53 mm <sup>2</sup>	A <sub>sw</sub> = Area dell'armatura trasversale
150,00 mm	s = Passo Staffe
7,06 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub> = Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima = 0,5*f <sub>cd</sub>
1.000,00 mm	b <sub>w</sub> = Larghezza minima della sezione
1,00	α <sub>c</sub> = 1 per membrature non compresse
90,00 °	α = Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
14,41 °	θ = Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
0,25 rad	θ = Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
2,50	cotgθ
0,00	cotgα
1,00	sinα
2.828.811,72 N	V <sub>Rd</sub>
762.374,39 N	V <sub>Rd</sub>
762,37 kN	V <sub>Rd</sub>
599,00 kN	V <sub>Ed</sub>
1,27	FS
0,79	C/D

Si sottolinea che le staffe disposte per la resistenza a taglio saranno sollecitate anche dal momento flettente in corrispondenza della sezione di attacco tra la soletta e la nervatura. Per questo motivo si è scelto di avere un fattore di sicurezza alto.

### 17.3 Verifiche SLE – Tensione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate della nervatura della platea, tenendo conto che i limiti imposti dalla normativa per il controllo tensione agli stati limite di esercizio sono quelli definiti ai § 3.1 e 0 e di seguito riportati per semplicità.

Combinazione Rara

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$
- Acciaio Teso →  $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Combinazione Quasi Permanente

- Calcestruzzo Compresso →  $\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

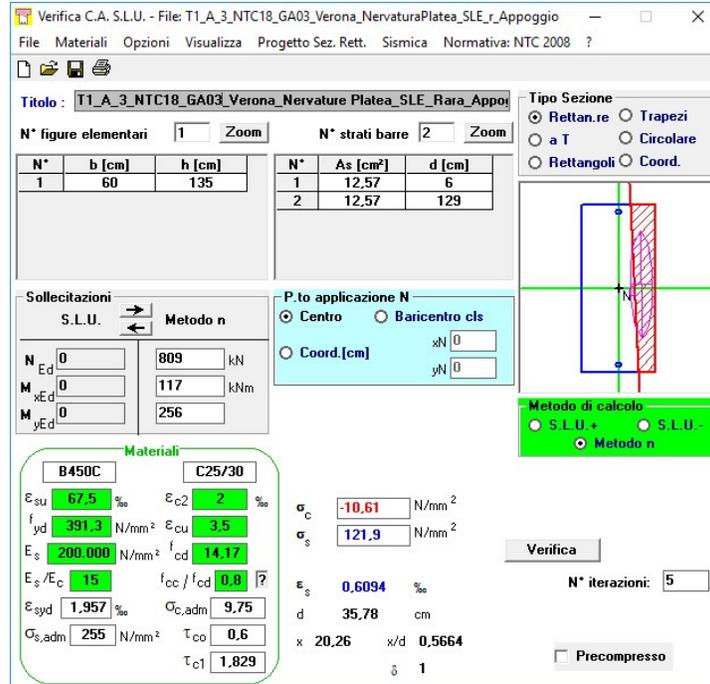


Figura 17.5 - Controllo di tensione agli SLE della sezione in appoggio più sollecitata della nervatura – Combinazione Rara

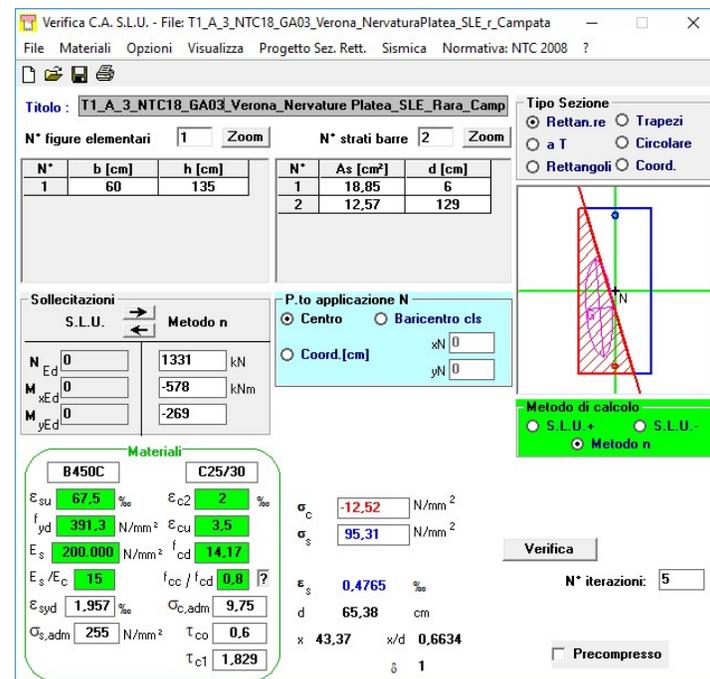


Figura 17.6 - Controllo di tensione agli SLE della sezione in campata più sollecitata della nervatura – Combinazione Rara

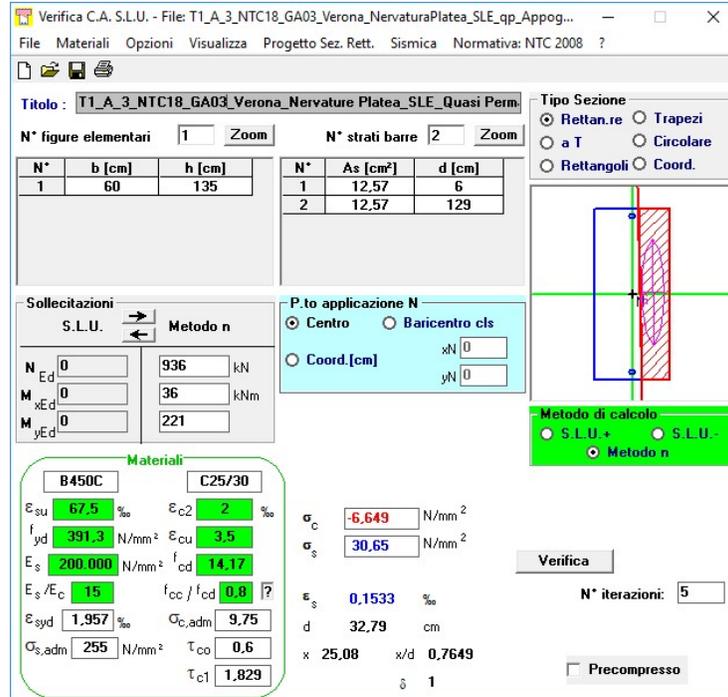


Figura 17.7 - Controllo di tensione agli SLE della sezione in appoggio più sollecitata della nervatura – Combinazione QP

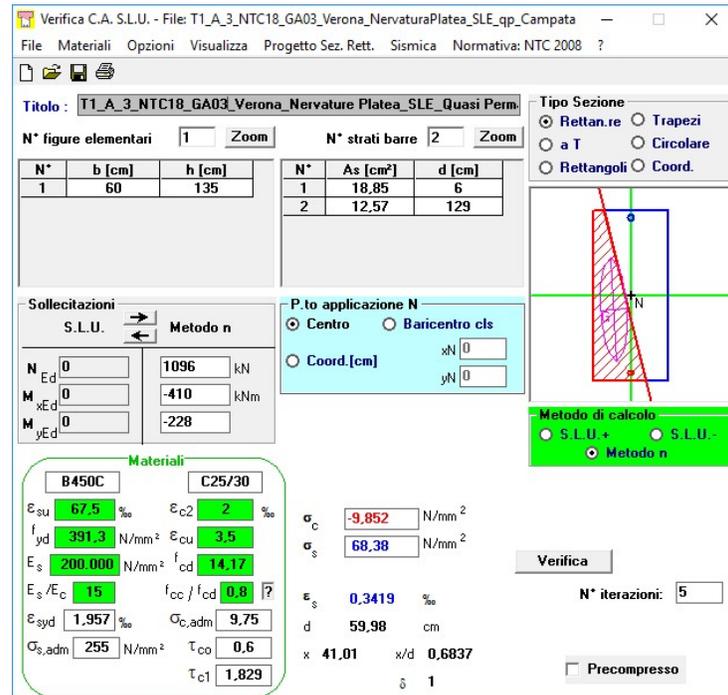
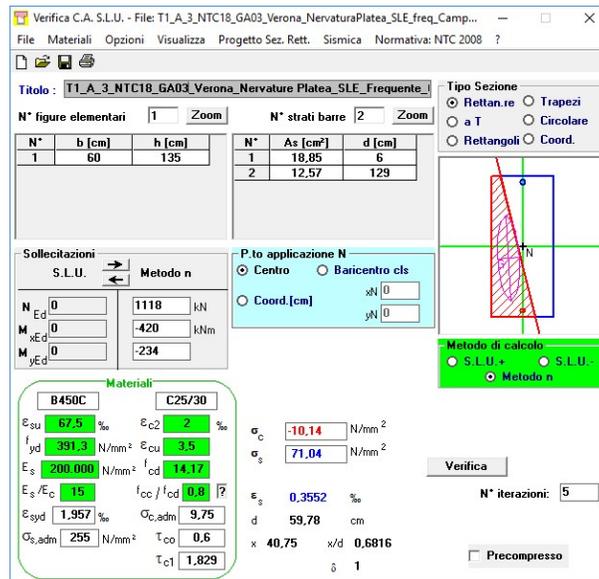


Figura 17.8 - Controllo di tensione agli SLE della sezione in campata più sollecitata della nervatura – Combinazione QP

## 17.4 Verifiche SLE – Fessurazione

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per le sezioni più sollecitate delle nervature della platea.

### SEZIONE IN CAMPATA



Verifica C.A. S.L.U. - File: T1\_A\_3\_NTC18\_GA03\_Verona\_NervaturaPlatea\_SLE\_freq\_Camp...  
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: T1\_A\_3\_NTC18\_GA03\_Verona\_NervaturaPlatea\_SLE\_Frequente\_

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	135	1	18,85	6
			2	12,57	129

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	0	1118	kN
M <sub>xEd</sub>	0	-420	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	-234	

P.to applicazione N: Centro Baicentro cls

Coord. [cm]: xN 0, yN 0

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

Materiali: B450C C25/30

$\epsilon_{su}$	67,5	%	$\epsilon_{c2}$	2	%
$f_{yd}$	391,3	N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5	%
$E_s$	200.000	N/mm²	$f_{cd}$	14,17	
$E_s/E_c$	15		$f_{cc}/f_{cd}$	0,8	
$\epsilon_{syd}$	1,957	%	$\sigma_{c,adm}$	9,75	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	$\tau_{co}$	0,6	
			$\tau_{c1}$	1,829	

$\sigma_c$ : -10,14 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 71,04 N/mm²

$\epsilon_s$ : 0,3552 %  
d: 59,78 cm  
x: 40,75 x/d: 0,6816  
 $\delta$ : 1

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

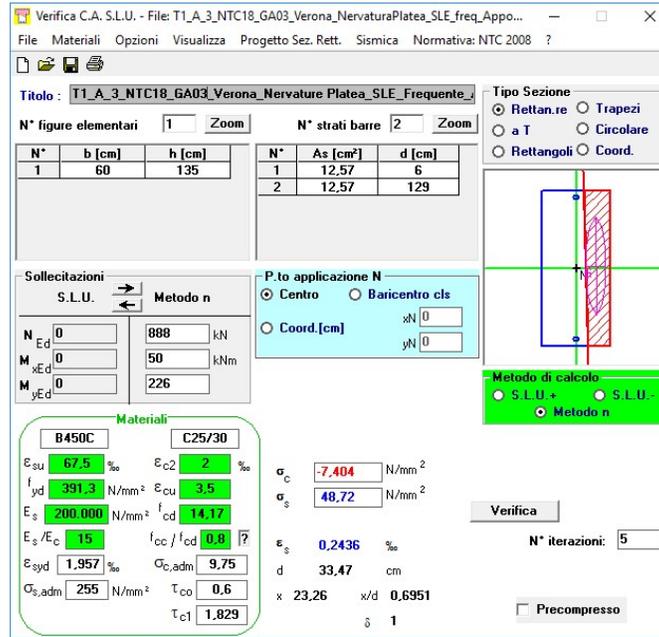
#### Combinazione Frequente

$\sigma_s$ (Freq)	71,04	N/mm²	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Frequente
	Lunga Durata		Tipologia di Carico
$K_t$	0,40		Fattore dipendente dalla durata del carico
$f_{ctm}$	2,56	N/mm²	
x	407,50	mm	
d	597,80	mm	
$h_{c,eff}$	314,17	mm	
$A_{c,eff}$	188.500,00	mm²	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,eff}$ ,
$\rho_{eff}$	0,01		
$\alpha_{eq}$	6,68		
$\epsilon_{sm}$	0,00020		Deformazione unitaria media delle barre
$K_1$	0,80		Per barre ad aderenza migliorata
$K_2$	0,50		Caso di flessione
$K_3$	3,40		
$K_4$	0,43		
$\phi$	20,00	mm	Se si usano barre di diametro diverso...
c	58,00	mm	Ricoprimento armatura
$\Delta_{s,max}$	537,21	mm	Distanza massima tra le fessure
$w_d$ (freq)	0,11	mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$w_3$	0,40	mm	Armatura poco sensibile

#### Combinazione Quasi Permanente

$\sigma_s$ (qp)	68,38	N/mm²	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Quasi Perm
$\epsilon_{sm}$	0,00020		Deformazione unitaria media delle barre
$w_d$ (qp)	0,10	mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
$w_2$	0,30	mm	Armatura poco sensibile

SEZIONE IN APPOGGIO



Verifica C.A. S.L.U. - File: T1\_A\_3\_NTC18\_GA03\_Verona\_NervaturaPlatea\_SLE\_freq\_Appo...  
 File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: T1\_A\_3\_NTC18\_GA03\_Verona\_Nervature Platea\_SLE\_Frequente...  
 N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	135	1	12,57	6
			2	12,57	129

Tipologia Sezione:  
 Rettang. re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 0 888 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 50 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 226

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

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

Materiali:  
 B450C C25/30  
 ε<sub>cu</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰ σ<sub>c</sub>: -7,404 N/mm²  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 α<sub>s</sub>: 48,72 N/mm²  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 14,17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8 ε<sub>s</sub>: 0,2436 ‰  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 d: 33,47 cm  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,6 x: 23,26 x/d: 0,6951  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829 δ: 1

Verifica N° iterazioni: 5  
 Precompresso

Combinazione Frequente

σ <sub>s</sub> (freq)	48,72 N/mm²	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Frequente
	Lunga Durata	Tipologia di Carico
K <sub>t</sub>	0,40	Fattore dipendente dalla durata del carico
f <sub>ctm</sub>	2,56 N/mm²	
x	232,60 mm	
d	334,70 mm	
h <sub>c,eff</sub>	372,47 mm	
A <sub>c,eff</sub>	223.480,00 mm²	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza h <sub>c,eff</sub>
p <sub>eff</sub>	0,01	
α <sub>ce</sub>	6,68	
ε <sub>sm</sub>	0,00014	Deformazione unitaria media delle barre
K <sub>1</sub>	0,80	Per barre ad aderenza migliorata
K <sub>2</sub>	0,50	Caso di flessione
K <sub>3</sub>	3,40	
K <sub>4</sub>	0,43	
φ	20,00 mm	Se si usano barre di diametro diverso...
c	58,00 mm	Ricoprimento armatura
Δ <sub>s,max</sub>	801,86 mm	Distanza massima tra le fessure
w <sub>d</sub> (freq)	0,11 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>3</sub>	0,40 mm	Armatura poco sensibile

Combinazione Quasi Permanente

σ <sub>s</sub> (qp)	30,65 N/mm²	Tensione nell'armatura tesa valutata nella sezione fessurata in comb Quasi Perm
ε <sub>sm</sub>	0,00009	Deformazione unitaria media delle barre
w <sub>d</sub> (qp)	0,07 mm	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
w <sub>2</sub>	0,30 mm	Armatura poco sensibile

## 18 CAPACITA' PORTANTE DELLA FONDAZIONE

Il fabbricato FA01 è fondato su una platea di fondazione. La platea di fondazione ha dimensioni in pianta pari a 10m x 24.7m e spessore 0.4m.

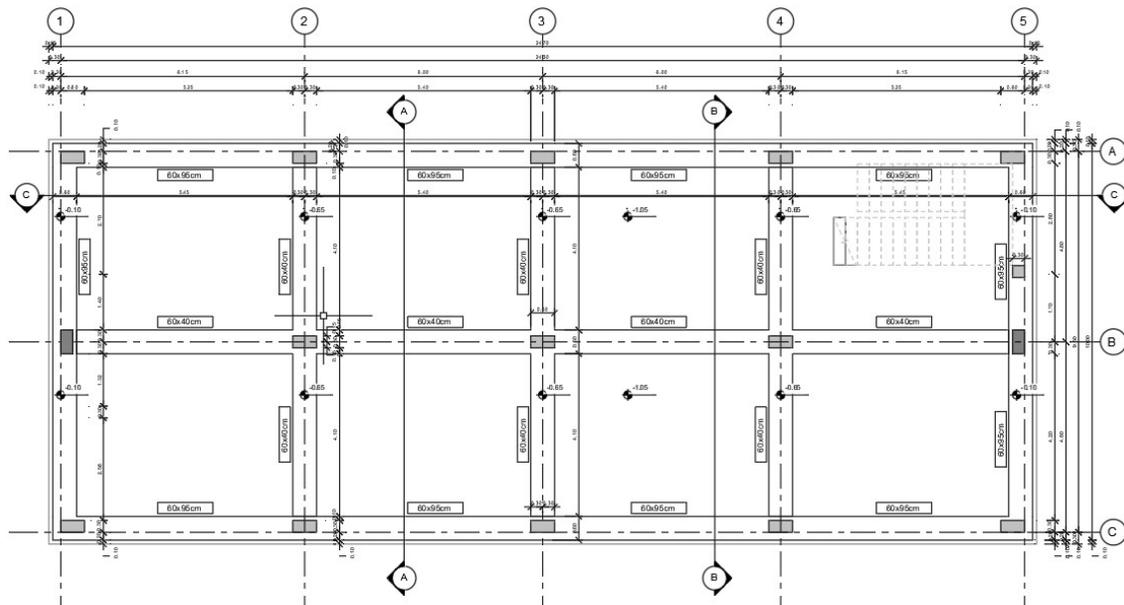


Figura 18.1 – Pianta fondazioni del fabbricato

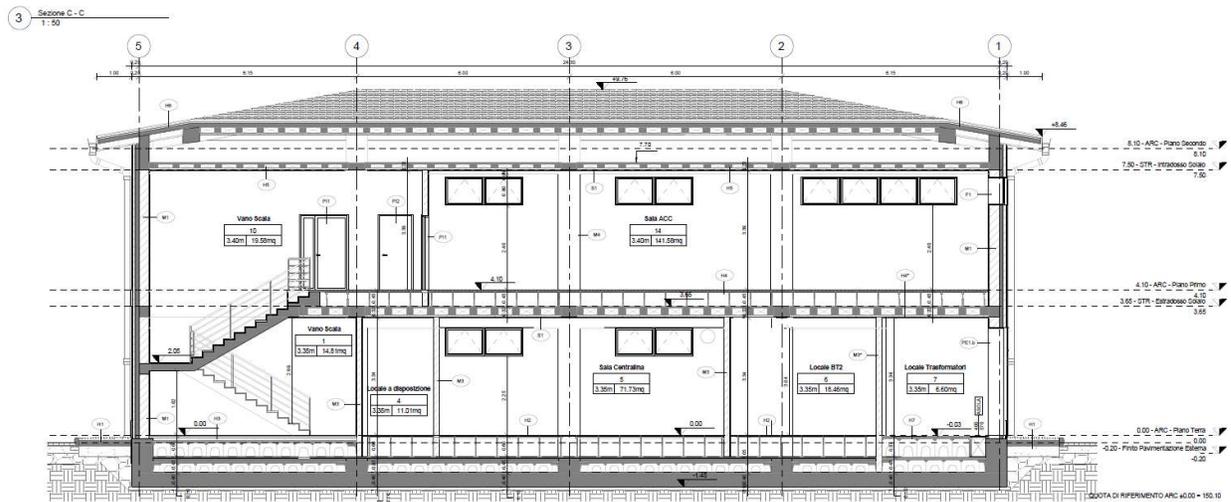


Figura 18.2 – Sezione trasversale del fabbricato

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Il fabbricato FA01 è fondato in stratto A (RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE):

Tipologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi$ (°)	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$E'$ (MPa)	$k$ (m/s)
Unità A – Coltre e Riporti	18.0-19.0	0	26-30	-	-	4-9	-
Unità B – Ghiaie e Sabbia e ghiaia	20.0	0	40-44	-	-	35-60 da 0 a 10 m 45-70 >10	10-4 - 10-5
Unità C – Sabbie	18.0-19.0	0	34-36	-	-	20-40	$3 \cdot 10^{-5}$
Unità D – Limi	18.0-19.0	0-10	26-28	50-60	9-12	8-10	$2-3 \cdot 10^{-7}$
Unità E – Corpo rilevati	20.0	0	34-35	-	-	20-30	-

La verifica a capacità portante del complesso fondazione – terreno va effettuata confrontando la pressione limite sul terreno con la pressione massima agente derivante dalle azioni di progetto. La verifica va effettuata tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC 2018 applicando la combinazione A1+M1+R3 prevista dall'Approccio 2.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{c_u}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La pressione limite può essere calcolata in base alla formula generale di Brinch Hansen (1970), valida per verifiche in condizioni drenate.

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

in cui:

- $N_i$  = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio,
- $s_i$  = fattori di forma della fondazione,
- $i_i$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico,
- $b_i$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione,
- $g_i$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna,
- $d_i$  = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa
- $B'$  = base ridotta per eccentricità del carico

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$$

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$s_q = 1 + B^* \tan\phi' / L^*$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 B^* / L^*$$

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_\gamma = b_q$$

Per valutare gli effetti dell'eccentricità è necessario inserire nell'equazione della capacità due dimensioni L' e B' ridotte secondo le:

$$L' = L - 2e_x$$

$$B' = B - 2e_y$$

ove B e L sono le reali dimensioni della fondazione e e<sub>x</sub> e e<sub>y</sub> sono le eccentricità.

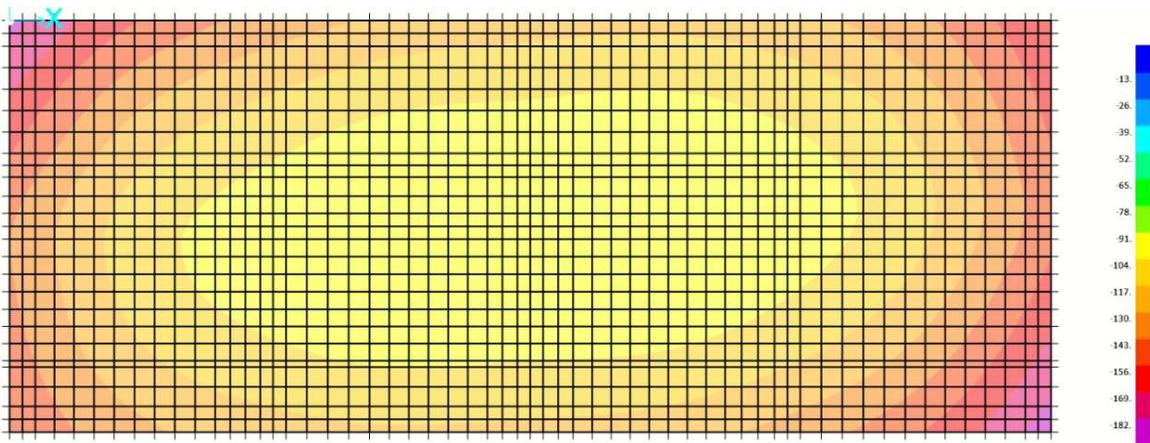
Si riportano le azioni massime di progetto nelle combinazioni più sfavorevoli per la verifica della capacità portante, riferite rispetto al baricentro della fondazione; per il calcolo di tali azioni si rimanda alle relazioni di calcolo specifiche.

## 18.1 PLATEA DI FONDAZIONE

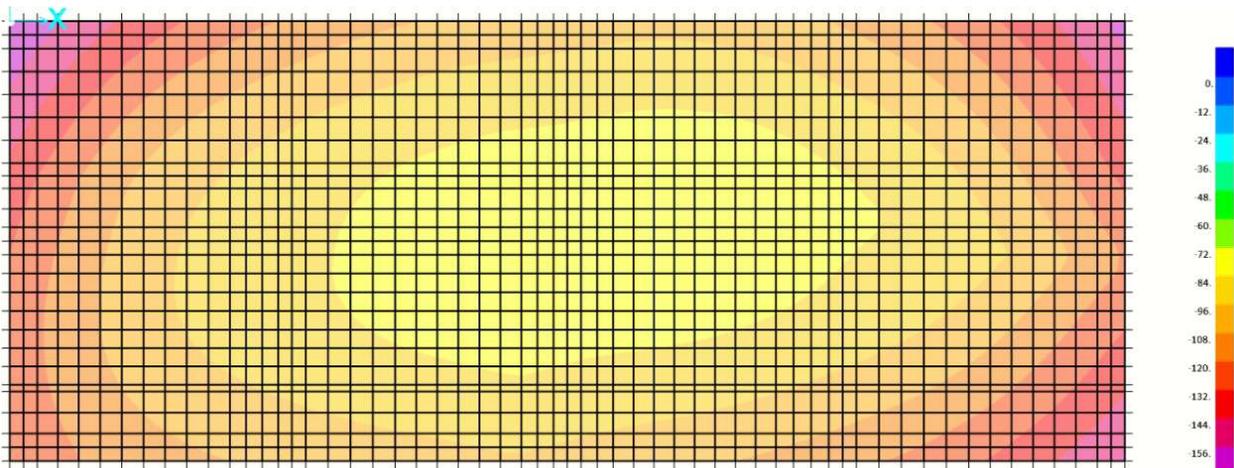
Osserviamo 2 modelli:

- Modello con suolo elastico la cui costante di Winkler è assunta pari a  $k_v = 4000 \text{ kN/m}^3$  in direzione verticale e  $k_h = 1500 \text{ kN/m}^3$  in direzione orizzontale

SLU –A1

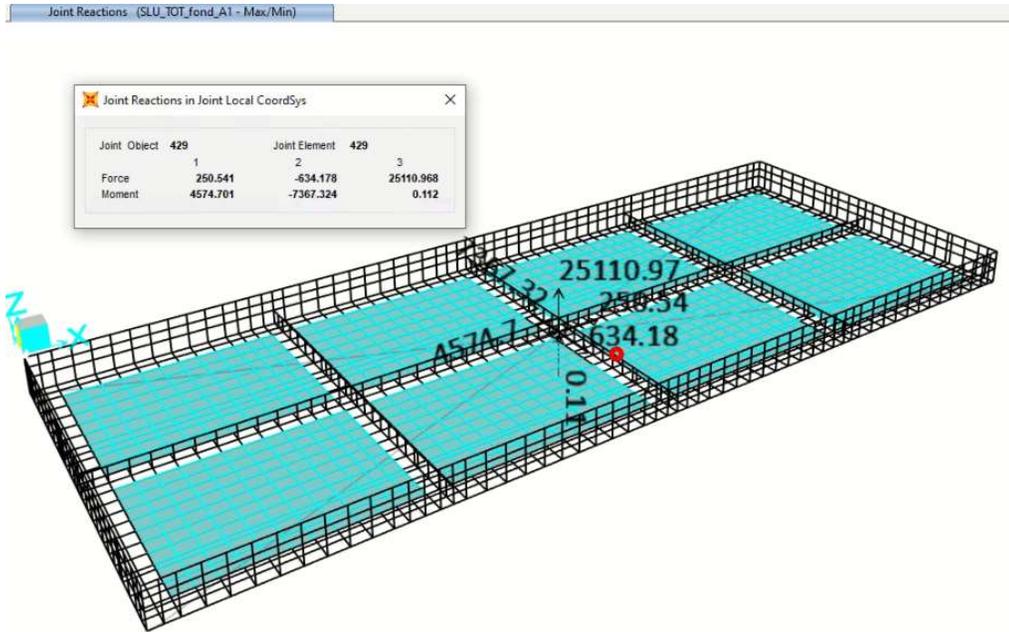


SLV-sisma

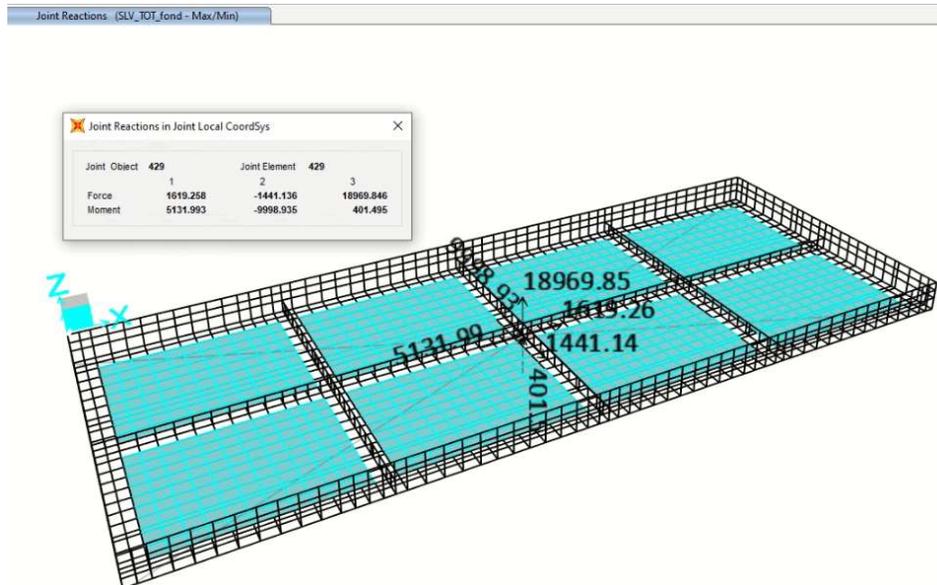


- Modello con con reazioni nel centro di gravità della fondazione:

SLU –A1



SLV-sisma



**Capacità portante**

Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot g \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e<sub>B</sub> = Eccentricità in direzione B (e<sub>B</sub> = Mb/N)

e<sub>L</sub> = Eccentricità in direzione L (e<sub>L</sub> = MI/N) (per fondazione nastriforme e<sub>L</sub> = 0; L\* = L)

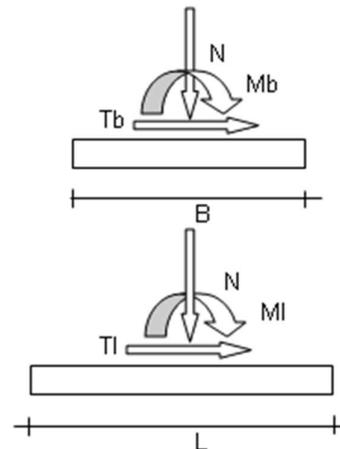
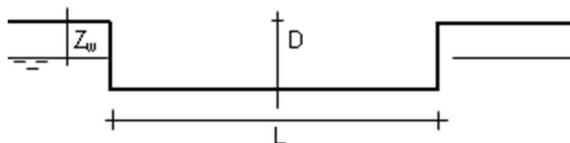
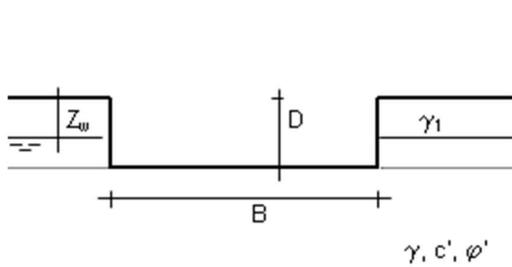
B\* = Larghezza fittizia della fondazione (B\* = B - 2\*e<sub>B</sub>)

L\* = Lunghezza fittizia della fondazione (L\* = L - 2\*e<sub>L</sub>)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	q <sub>lim</sub>	scorr	
Stato limite ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal progettista	x	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10





NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO

FABBRICATI TECNOLOGICI - GA1 PP/ACC BOSCHETTO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	146 DI 152

$$\gamma_{Rd} = 1.00$$

AZIONI	permanenti	temporanee	Valori amplificati
N [kN]	18969.00	0.00	18969.00
Mb [kNm]	5131.00	0.00	5131.00
MI [kNm]	9999.00	0.00	9999.00
Tb [kN]	1441.00	0.00	1441.00
TI [kN]	1619.00	0.00	1619.00
H [kN]	2167.40	0.00	2167.40

**Peso unità di volume del terreno**

$$\gamma_1 = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 18.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**Valori caratteristici di resistenza del terreno**

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

*Coeff. parziale*

$$\gamma_{c'} = 1$$

$$\gamma_{\varphi'} = 1$$

*Valori di progetto*

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

**Profondità della falda**

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.27 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.53 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 9.46 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 23.65 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 9.00 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 17.50 \quad (\text{kN/mc})$$

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi' \cdot \gamma)}$$

$$N_q = 11.85$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 22.25$$

$$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_g = 12.54$$

**$s_c, s_q, s_g$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.21$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.20$$

$$s_g = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_g = 0.84$$

**RELAZIONE DI CALCOLO**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	147 DI 152

**ic, iq, ig : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.71$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.29$$

$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.29 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastroforme e

m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\phi'))^m$$

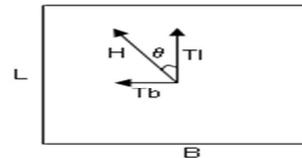
$$i_q = 0.86$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$$

$$i_c = 0.84$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\phi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.76$$



**dc, dq, dγ: fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.02$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$d_c = 1.02$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 771.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 84.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 335.42 \geq q = 84.81 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{Verifica Soddisfatta}$$

$$\text{Coefficiente di sicurezza} = CS = 3.95$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 2167.40 \quad (\text{kN})$$

**Azione resistente**

$$S_d = N * \tan(\phi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 9251.80 \quad (\text{kN})$$

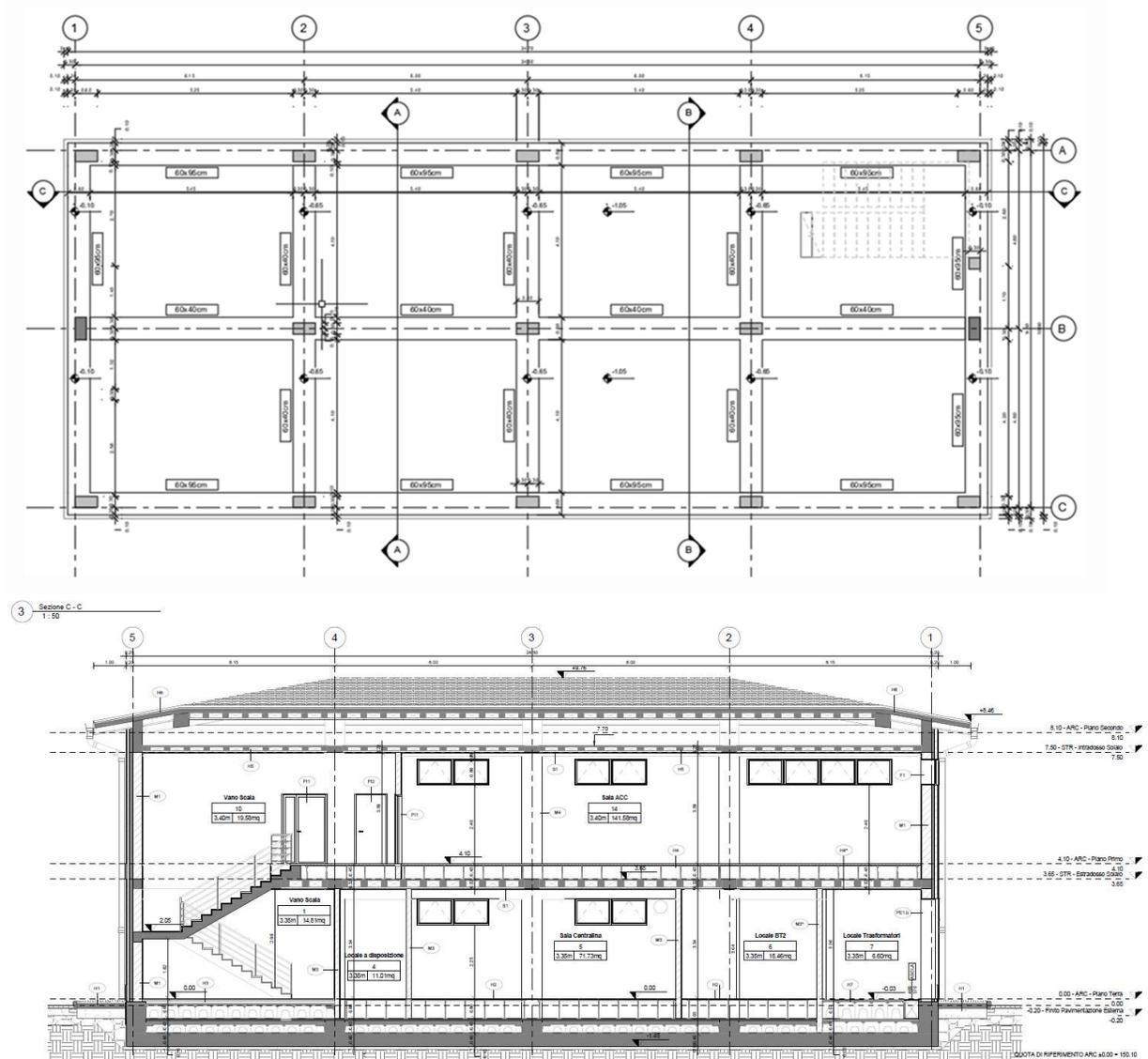
**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 8410.73 \geq H_d = 2167.40 \quad (\text{kN}) \quad \text{Verifica Soddisfatta}$$

$$cs = 3.8805525$$

## 19 CALCOLO DEI CEDIMENTI E DEL MODULO DI REAZIONE K

Viene di seguito condotta l'analisi dei cedimenti in corrispondenza del fabbricato FA01, che presenta una pianta di forma rettangolare con dimensioni 10 m x 24.7 m.

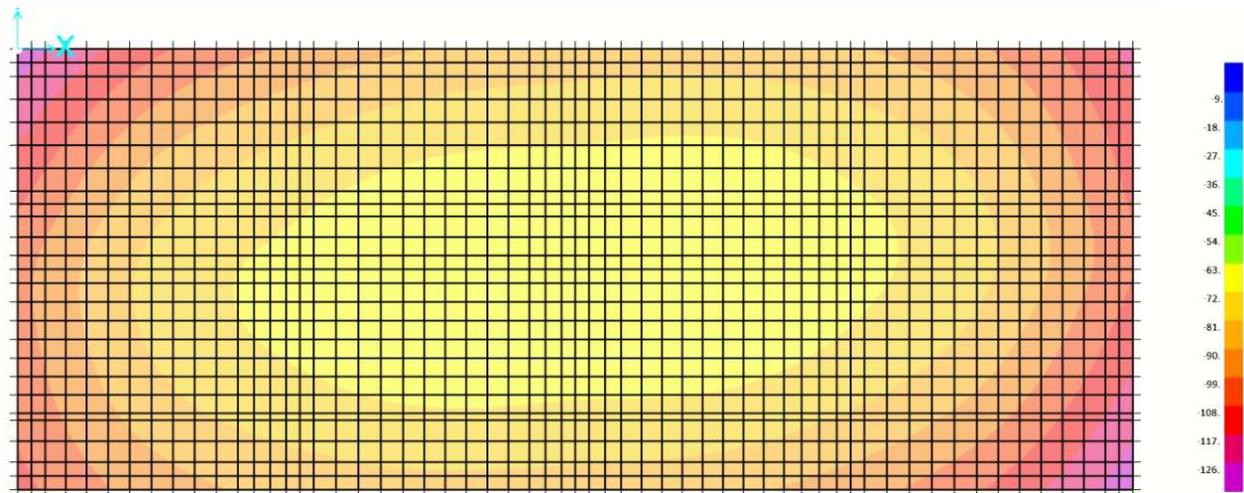


**Figura 19.1 – Pianta e sezione longitudinale del fabbricato FA01**

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 11 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A

Ai fini della valutazione dei cedimenti, il sistema fondazionale è stato schematizzato con impronte di carico flessibili di forma pressoché rettangolare, caratterizzate da una pressione omogenea derivante dal modello strutturale delle fondazioni. Per il calcolo di tali azioni si rimanda alle relazioni di calcolo specifiche.

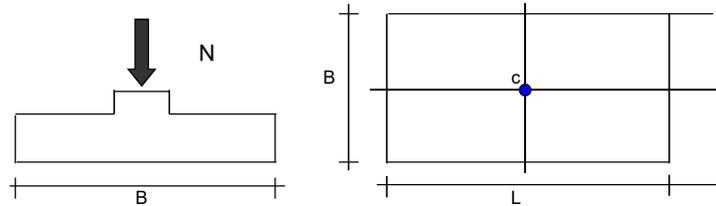
Si riportano in seguito, per la combinazione SLE rara, la mappa delle pressioni.



**Figura 19.2 – Mappa delle pressioni nella fondazione a platea (SLE rara)**

Nella porzione di fondazione a platea si hanno pressioni medie comprese tra 72 kPa e 126 kPa.

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE



**Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)**

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \sum \delta_i = \sum (((\Delta\sigma_{zi} - \nu(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})) \Delta z_i / E_i)$$

**INPUT:**

B = 10.00 (m)

L = 24.70 (m)

N = 24206 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 98.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(π\*R<sup>2</sup>)))

ns = 4 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	ν	δ <sub>i</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	A	1.50	0.0	1.5	0.1	4000	0.30	2.80
2	D	1.00	1.5	2.5	0.1	8000	0.30	0.88
3	B	6.00	2.5	8.5	0.1	35000	0.30	0.97
4	C	30.00	8.5	38.5	0.1	30000	0.30	0.18
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-

δ<sub>ctot</sub> = 48.38 (mm)

In corrispondenza della fondazione a platea, il valore massimo del cedimento è di **4.8cm**.

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>00</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0100 001</td> <td>A</td> <td>151 DI 152</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	151 DI 152
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	151 DI 152								

Ai fini della stima del Modulo di reazione sulla fondazione a platea, dato dal rapporto tra pressione e cedimento, si fa riferimento ad un cedimento ed una pressione medi:  $K = q/dt = 98 \text{ kPa}/0.048\text{m} \approx 2041 \text{ kN/m}^3$ .

Poiché una correlazione tipicamente adottata per il calcolo di K è:

$$K \approx 0.7 E' \approx 0.7 * 6.5 \text{ Mpa} = 4550 \text{ kN/m}^3. \text{ (E' = valore media)}$$

Si conclude affermando che è possibile adottare per la platea un modulo di reazione cautelativamente compreso in un range tra i 2041 e i 4550  $\text{kN/m}^3$ .

	<b>NODO DI NOVARA. 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO</b> <b>BRETELLA MERCI E PRG BOSCHETTO</b> FABBRICATI TECNOLOGICI – GA1 PP/ACC BOSCHETTO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Y</td> <td>00</td> <td>D 11 CL</td> <td>FA0100 001</td> <td>A</td> <td>152 DI 152</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	152 DI 152
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Y	00	D 11 CL	FA0100 001	A	152 DI 152								

## 20 CONCLUSIONI

Si riportano di seguito le incidenze di armatura dei principali elementi strutturali:

Fondazione Fabbricato.....150 kg/m<sup>3</sup>

Pilastrini Fabbricato.....250 kg/m<sup>3</sup>

Travi Fabbricato.....150 kg/m<sup>3</sup>