

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA**

**INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA**

FABBRICATI E PIAZZALI

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

I R O B 0 2 D 1 0 C L F A 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L. Dinelli 	Luglio 2020	S. Paoloni 	Luglio 2020	T. Paoletti 	Luglio 2020	L. Berardi Luglio 2020 

File : IROB.02.D.10.CL.FA0100.001.A.doc

n. Elab.:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	2 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

## Indice

1	PREMESSA .....	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3.1	NORMATIVA .....	7
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
4	UNITA' DI MISURA .....	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	10
5.1	CALCESTRUZZO .....	10
5.2	ACCIAIO DI ARMATURA – BARRE .....	12
5.3	COPRIFERRO .....	13
6	CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....	15
7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	17
8	ANALISI DEI CARICHI.....	18
8.1	PESO PROPRIO STRUTTURE.....	19
8.2	STRUTTURA PRINCIPALE IN C.A.....	19
8.3	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	19
8.4	SOVRACCARICHI VARIABILI (QK1) .....	20
8.5	AZIONE DELLA NEVE (QK2).....	20
8.6	AZIONE DEL VENTO (QK3).....	22
8.6.1	Pressione del vento: .....	22
8.6.2	Pressione cinetica di riferimento: .....	22
8.6.3	Coefficiente di esposizione:.....	23
8.6.4	Coefficiente dinamico: .....	23
8.6.5	Coefficiente di forma (o aerodinamico): .....	23

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	3 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

8.7	PRESSIONE AERODINAMICA DEI CONVOGLI (P_DIN) .....	27
8.8	VARIAZIONI TERMICHE .....	28
8.9	AZIONE SISMICA .....	29
8.9.1	<i>Parametri sismici</i> .....	31
8.9.2	<i>Fattore di struttura</i> .....	34
9	MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO .....	37
9.1	METODOLOGIA DI MODELLAZIONE ED ANALISI .....	38
9.2	MODELLAZIONE DELLA GEOMETRIA .....	38
9.2.1	<i>Modelli SAP2000</i> .....	39
9.2.2	<i>Costante di sottofondo del terreno</i> .....	41
9.2.3	<i>Condizioni di carico elementari</i> .....	41
9.3	COMBINAZIONI DI CARICO .....	45
9.4	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	50
9.5	SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE .....	53
10	VERIFICHE STRUTTURALI .....	55
10.1	STATI LIMITE ULTIMI .....	56
10.2	STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	58
10.3	SOLAIO DI COPERTURA .....	59
10.3.1	<i>Verifica a flessione</i> .....	61
10.3.2	<i>Verifica a taglio</i> .....	65
10.3.3	<i>Verifiche di deformabilità del solaio di copertura</i> .....	66
10.4	TRAVI 30X50 .....	67
10.4.1	<i>Verifica a flessione</i> .....	69
10.4.2	<i>Verifica a taglio</i> .....	76
10.5	PILASTRI (60X30) .....	79
10.5.1	<i>Verifica a flessione</i> .....	81

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	4 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

10.5.2	Verifica a taglio.....	91
10.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO).....	94
11	FONDAZIONI .....	97
11.1	DESCRIZIONE.....	97
11.2	TRAVI DI FONDAZIONE.....	97
11.2.1	Verifica a flessione .....	99
11.2.2	Verifica a taglio.....	106
11.3	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE .....	109
12	INCIDENZE.....	114

	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>FABBRICATI E PIAZZALI</b>  <b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  CL FA0100 001	REV.  A	FOGLIO  5 di 114

## 1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto Potenziamento della linea Foligno–Terontola, rientrano gli interventi di semplificazione e velocizzazione ed upgrade tecnologico presso la stazione di Ellera. Le attività prevedono la velocizzazione degli itinerari in deviata, l'adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione e l'upgrading tecnologico dell'impianto esistente ACEI in un più moderno apparato ACC.

Il Programma di Esercizio fornito come input prevede interventi di semplificazione e velocizzazione dei deviatoi dell'impianto. In particolare si effettuano le seguenti lavorazioni:

- Sostituzione delle comunicazioni esistenti a 30 km/h con comunicazioni a 60 km/h lato Foligno. La sostituzione era prevista anche per i deviatoi lato Terontola ma è stato deciso successivamente da RFI di mantenere l'attuale velocità per le comunicazioni lato Terontola
- Realizzazione di tronchini di indipendenza per i binari di precedenza
- Ampliamento del marciapiede al servizio dei binari II e futuro III, accessibile attraverso un nuovo sottopasso, e adeguamento a STI del marciapiede esistente
- Dismissione dei binari di scalo lato F.V. e della relativa comunicazione di accesso posta sul I binario

Per la stazione di Ellera è inoltre previsto, come detto in precedenza, l'upgrade tecnologico dell'attuale apparato (con ACC telecomandabile) e conseguente riconfigurazione del Posto Centrale.

L'inizio dell'intervento è previsto alla progressiva Km 49+050 circa e termina alla progressiva Km 49+900 circa.

E' prevista la modifica dell'attuale PRG di stazione allo schematico comunicato dal Cliente, la realizzazione di un nuovo sottopasso e dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), innalzamento del marciapiede del binario I H=55cm e realizzazione di un nuovo marciapiede ad isola H=55cm. Inoltre verrà prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale.

Verranno previste due nuove pensiline ferroviarie su ciascun marciapiede a copertura del nuovo sottopasso.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	6 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Le suddette modifiche al PRG di stazione comportano la necessità di demolire e ricostruire il cavalcaferrovia di Via Corcianese.

Verrà previsto un nuovo Fabbricato Tecnologico per ospitare la cabina ACC, i locali tecnologici e la Cabina MT/BT, quest'ultima necessaria per una migliore gestione dei carichi elettrici presenti in stazione.

Saranno previsti infine, dal punto di vista impiantistico:

- illuminazione punte scambi;
- impianti RED;
- illuminazione scale, sottopasso, banchine
- impianti IaP e DS

	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>FABBRICATI E PIAZZALI</b>  <b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  CL FA0100 001	REV.  A	FOGLIO  7 di 114

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione è relativa al calcolo del fabbricato tecnologico di Stazione, previsto nell'ambito della progettazione definitiva del potenziamento della linea Foligno-Terontola. L'opera analizzata è ubicata a Ellera (Comune di Corciano).

## 3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Normativa

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le seguenti normative.

Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;

Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;

Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;

Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)

Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 2020 )

Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 2020)

Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 2020)

Capitolato speciale di appalto delle opera civili

Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)

Eurocodice 2 - Parte 1 (norma UNI EN 1992-1-2)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	8 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.

UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.

UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.

UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

Calcestruzzo Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1 UNI 11104/2016;

RFI DTC SI MA IFS 001 D – Dicembre 2019: Manuale di progettazione delle opere civili;

RFI DTC SI SP IFS 001 D – Dicembre 2019: Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;

Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

### 3.2 Elaborati di riferimento

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in elenco elaborati.

Fabbricato tecnologico: relazione di calcolo	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	F	A	0	1	0	0	0	0	0	1	A
Planimetria piazzale	I	R	0	B	0	2	D	1	0	P	A	F	A	0	1	0	0	0	0	0	1	A
Fabbricato tecnologico: Carpenteria fondazioni e piano terra	I	R	0	B	0	2	D	1	0	P	B	F	A	0	1	0	0	0	0	0	1	A



**PROGETTO DEFINITIVO  
 POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  
 INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  
 PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	9 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Fabbricato tecnologico: Carpenteria copertura e sezioni	I	R	0	B	0	2	D	1	0	P	B	F	A	0	1	0	0	0	0	2	A
Opere di delimitazione piazzale: piante e sezioni	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	F	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Fabbricato tecnologico e piazzale: pianta scavi	I	R	0	B	0	2	D	1	0	P	Z	F	A	0	1	0	0	0	0	1	A

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	10 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

#### 4 UNITA' DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

lunghezze [m]

forze [kN]

momenti [kNm]

tensioni [MPa]

#### 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

##### 5.1 Calcestruzzo

Si riportano di seguito due tabelle riepilogative del tipo e delle caratteristiche del calcestruzzo adottato per i diversi elementi strutturali:

	Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
Classe di resistenza	C30/37	C30/37	C25/30
Classe di esposizione	XC3	XC3	XC2
Condizioni ambientali	ordinarie	ordinarie	ordinarie
Rapporto acqua/cemento		0,55	0,60

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	11 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
Rck	(N/mm <sup>2</sup> )	37	37	30
f <sub>ck</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	30	30	25
f <sub>cm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	38	36	33
α <sub>cc</sub>	(-)	0,85	0,85	0,85
γ <sub>c</sub>	(-)	1,5	1,5	1,5
f <sub>cd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	17,40	17,40	14,17
f <sub>ctm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,9	2,9	2,56
f <sub>ctk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,03	2,03	1,79
f <sub>ctd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	1,35	1,35	1,19
f <sub>ctm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	3,50	3,50	3,07
f <sub>ctk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,45	2,45	2,15
E <sub>c</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	32837	32837	31476

Dove:

Rck = Resistenza cubica caratteristica a compressione

 $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$  = Resistenza cilindrica caratteristica

 $f_{cm} = f_{ck} + 8$  (N/mm<sup>2</sup>) = Resistenza cilindrica media a compressione

 $\alpha_{cc}$  = Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli:  $\alpha_{cc}$  (t > 28gg) = 0.85

 $\gamma_c = 1.5$ ; viene ridotto a 1.4 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio

 della resistenza) non superiore al 10%.  $f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$  = Resistenza di calcolo a compressione

 $f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$  [per classi ≤ C50/60] = Resistenza cilindrica media a trazione

 $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$  = Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

 $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$  = Resistenza di calcolo a trazione

 $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$  = Resistenza media a trazione per flessione

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	12 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$f_{ck} = 0.7 \cdot f_{cm} =$  Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} = \text{Modulo Elastico}$$

Coefficiente di Poisson:

Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2018, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

Coefficiente di dilatazione termica:

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valore medio pari a  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (NTC2018 – 11.2.10.5).

## 5.2 Acciaio di armatura – barre

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC2018, per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione – compressione:

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2 =$  Resistenza caratteristica di rottura

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2 =$  Resistenza caratteristica a snervamento

$f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2 =$  Resistenza di calcolo s  $y_k f_{yk}$

dove:

$\gamma_s = 1.15 =$  Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

Modulo Elastico:

$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:

	Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
$f_{bk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	4,36	4,36	4,36
$f_{bd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	2,90	2,90	2,90

dove:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	13 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
 $f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$  = Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza

 $f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$  = Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo

 $\eta = 1.0$  – per barre di diametro  $\Phi \leq 32$  mm;

 $\gamma_c = 1.5$  – Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo.

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

 $\varnothing < 12$  mm → 4  $\varnothing$ ;

 $12 \leq \varnothing \leq 16$  mm → 5  $\varnothing$ ;

 $16 < \varnothing \leq 25$  mm → 8  $\varnothing$ ;

 $25 < \varnothing \leq 40$  mm → 10  $\varnothing$ .

### 5.3 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.2.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			Barre da c.a. elementi a piastra		Barre da c.a. altri elementi		Cavi da c.a.p elementi a piastra		Cavi da c.a.p altri elementi	
C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>o</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>o</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>o</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>o</sub></sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	14 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

	Ambiente	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Copriferro nominale
Struttura in elevazione	Ordinario	25	10	35
Lastre predalles	Ordinario	20	0	20
Fondazioni	Ordinario	25	10	35

In definitiva si prescrive che in fondazione e in elevazione tranne che per le lastre predalles il copriferro netto non deve essere inferiore a 40mm.

Il copriferro di progetto è pari ad un copriferro per la durabilità, richiesto dal livello di aggressività dell'ambiente e dal livello di performance da assicurare per tutta la vita utile dell'opera senza interventi di manutenzione straordinaria, più una ulteriore aliquota necessaria per assicurare il requisito di REI 120 per la sala GE, estendendolo per praticità all'intero edificio. In sede di progetto esecutivo, se ritenuto conveniente nell'ambito di comparazione tra la due soluzioni alternative, sarà adottabile – in maniera del tutto equivalente – una soluzione con copriferri leggermente inferiori (pari alla sola aliquota necessaria per la durabilità) ed applicazione di intonaci REI sia sulle pareti che sul soffitto (intonaci che saranno REI 120 per la sala GE e REI90 per tutti gli altri locali).

#### Prove sui materiali

La costruzione delle strutture dovrà essere eseguita nel rispetto delle specifiche d'istruzione tecnica di FS, del manuale di Progettazione di RFI e del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili di RFI.

## 6 CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

L'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio ha condotto alla definizione dei seguenti valori dei parametri meccanici per i terreni tipo individuati:

Unità	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$c_u$	$G_0$	$E_{op}$	$k$
	kN/m <sup>3</sup>	(o)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(m/s)
T1	19.0	32÷35	0	-	95 ÷ 200	20 ÷ 50	1E-04 ÷ 1E-05
T2	19.0	34÷38	0	-	175 ÷ 310	40 ÷ 75	1E-04 ÷ 1E-05
LA	20.0	22÷24	5 ÷ 10	100 ÷ 250	350 ÷ 500	85 ÷ 120	1E-07 ÷ 1E-08

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio DPSH3 situato proprio in corrispondenza del fosso.



**Figura 1 - Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	16 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

strato	profondità da	profondità a
	m da pc	m da pc
R	0	1.0
T1	1.0	9.0
T2	9.0	24.0
LA	24.0	-

Tabella 1 - Stratigrafia di calcolo Materiali in sito.

Dal punto di vista sismico il terreno è classificato di tipo B.

Il fabbricato si fonda sul primo strato T1.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>FABBRICATI E PIAZZALI</b></p> <p><b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL FA0100 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>17 di 114</p>

## 7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale (VN) dell'opera è stata assunta pari a 75 anni. La classe d'uso assunta è la IV. Il periodo di riferimento (VR) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$VR = VN \times C_u = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni.}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$PVR (SLV)=10\%.$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica TR espresso in anni vale:

$$T_R (SLV) = -\frac{VR}{\ln(1 - P_{vr})} = 949 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$ :

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

L'opera ricade nel comune di Brindisi. I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV ( $T_R=1068$  anni) sono i seguenti:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	18 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

latitudine (WGS84)= 43.1021;

longitudine (WGS84)= 12.3054;

ag = 0.172 g;

F0 = 2.438;

Tc\* = 0.307 s.

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

S<sub>S</sub> = 1.20;

S<sub>T</sub> = 1.0.

## **8 ANALISI DEI CARICHI**

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche;

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	19 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

### 8.1 Peso proprio strutture

Il peso proprio delle travi e dei pilastri indicati a seguire, viene calcolato automaticamente dal programma considerando il peso specifico del cemento armato pari a 25 kN/m<sup>3</sup>

### 8.2 Struttura principale in c.a.

Il solaio di copertura è realizzato con lastre predalles in cemento armato di altezza 24 cm alleggerite con polistirene espanso.

Solaio in lastre Predalles (H =4+16+4=24cm) lastra larga 1.20 m.

Predalles (s = 4cm) 25x0.04x1.20=1.2 kN;

Nervatura centrale (h=16 cm. s=14 cm) 25x0.16x0.14= 0.56 kN;

Nervature laterali (h=16 cm. s=13 cm) 2x25x0.13x0.16= 1.04 kN;

Soletta superiore (s=4 cm) 25x0.04x1.20= 1.2 kN;

Alleggerimento in polistirene espanso (h=16 cm. s=40 cm) 2x0.15x0.4x0.16=0.0192 kN.

Peso totale di una lastra larga 1.20 m:  $G=1.2+0.56+1.04+1.2+0.0192 = 4.02$  kN

Peso totale a metro quadrato =  $4.02/1.20 = 3.35$  kN/m<sup>2</sup>

### 8.3 Carichi permanenti non strutturali

- Tamponamenti esterni

Il rivestimento esterno è ottenuto mediante pannelli di tamponamento prefabbricati in calcestruzzo di spessore pari a 20 cm (pannello a taglio termico) il cui peso è pari a 4.20 kN/m<sup>2</sup>.

Il peso per unità di superficie moltiplicato per l'altezza totale del singolo pannello h=5.00 m, trascurando le eventuali aperture, è pari a 21 kN/m, che è il peso a metro lineare del pannello.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	20 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Considerando che il pannello viene fissato alle travi di elevazione e al cordolo in c.a. posto al di sopra della trave rovescia, il peso da applicare alle travi perimetrali di elevazione e a quelle di fondazione è pari a 10.5 kN/m.

- Peso delle apparecchiature: 10kN/m<sup>2</sup>
- Peso terreno di ricoprimento della fondazione: sp.=1.00m  $\gamma=20$  kN/m<sup>3</sup> p=20kN/m<sup>2</sup>
- Carichi permanenti non strutturali agenti in copertura

Incidenza zone piene solaio	0,20	kN/m <sup>2</sup>
Massetto delle pendenze	0,60	kN/m <sup>2</sup>
Strato coibente	0,10	kN/m <sup>2</sup>
Guaina di impermeabilizzazione	0,10	kN/m <sup>2</sup>
Malta di allettamento (2 cm)	0,40	kN/m <sup>2</sup>
Pavimento	0,50	kN/m <sup>2</sup>
Intonaco intradosso	0,30	kN/m <sup>2</sup>
Incidenza impianti	0,30	kN/m <sup>2</sup>
Controsoffitto	0,10	kN/m <sup>2</sup>
Totale carico:	2.60	kN/m <sup>2</sup>

#### 8.4 Sovraccarichi variabili (Qk1)

Il sovraccarico variabile in copertura è assunto pari a 0.50 kN/m<sup>2</sup> in quanto copertura accessibile per sola manutenzione.

#### 8.5 Azione della neve (Qk2)

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	21 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

dove:

$\mu_i$  - Coefficiente di forma della copertura;

$C_e$  - Coefficiente di esposizione;

$C_t$  - Coefficiente termico;

$q_{sk}$  - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di  $q_{sk}$  si è fatto riferimento ad un sito posto in zona II, con altezza sul livello del mare pari a  $a_s < 200m$  :

$$q_{sk} = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

Il fabbricato si trova ad altitudine 250 m.s.l.m.

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, essendo un tipologico, si assume  $C_e = 1.0$ .

Il coefficiente termico  $C_t$  può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1.0$  (3.4.4 - NTC2018).

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 17 Gennaio 2018):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha  $\alpha = 0^\circ$  circa, pertanto:

$$\mu_i (0^\circ) = 0.8$$

Si assume una distribuzione uniforme del carico da neve per la copertura piana, quindi si ha:

$$q_s = 0.8 \cdot 1.08 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 0.824 \text{ kN/m}^2$$

## 8.6 Azione del vento (Qk3)

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018. Per il calcolo dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento ad un sito posto in zona 2, con altezza sul livello del mare pari  $as < a_0 = 1000$  m.

### 8.6.1 Pressione del vento:

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- $q_b$  - Pressione cinetica di riferimento
- $c_e$  - Coefficiente di esposizione
- $c_p$  - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- $c_d$  - Coefficiente dinamico che si assume unitario.

### 8.6.2 Pressione cinetica di riferimento:

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in (N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

- $v_b$  - Velocità di riferimento del vento;
- $\rho$  - Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento  $v_b(TR)$  riferita ad un generico periodo di ritorno TR può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

$$V_b(TR) = \alpha \cdot v_b$$

dove:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	23 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

- $v_b$  – Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;
- $\alpha_R$  – Coefficiente posto in un diagramma in funzione di TR espresso in anni;

Il periodo di ritorno TR al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 75 anni (in accordo con il periodo di riferimento VR della struttura).

### **8.6.3 Coefficiente di esposizione:**

Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per il caso in esame considerando zona 3, classe di rugosità del terreno C e categoria d'esposizione del sito II, il coefficiente di esposizione, per un'altezza massima del fabbricato di circa 5.00 m, risulta pari ad 1.881 .

### **8.6.4 Coefficiente dinamico:**

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.

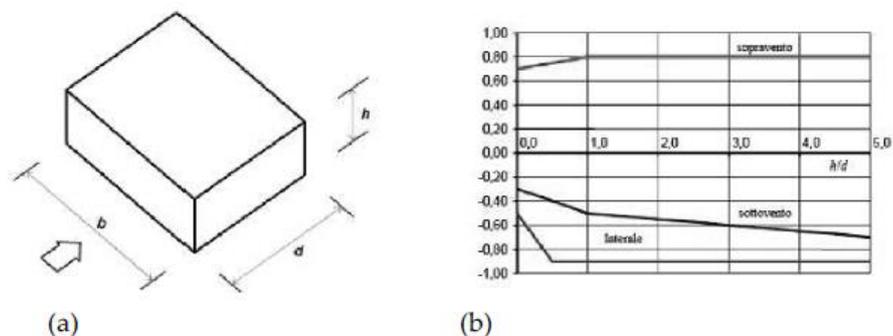
### **8.6.5 Coefficiente di forma (o aerodinamico):**

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3.8 della Circolare del 21/01/2019 in relazione al coefficiente globale  $c_{pe}$  per edifici a pianta rettangolare con coperture piane:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	24 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravento, sottovento e laterali

**Figura C3.3.2**

**Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravento, sottovento e laterali**

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - -0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

per il carico sopravento si assume  $c_p = + 0,8$ ;

per il carico sottovento si assume  $c_p = - 0,4$ ;

in copertura si assume  $c_p = \pm 0,4$ ;

per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, la pressione interna si assumerà  $c_{pi} = + 0,2$ .

Azione tangenziale del vento:

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

$q_b$ ,  $c_e$  sono stati definiti precedentemente;

$c_f$  - Coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Dati i coefficienti d'attrito riportati in tabella C3.3.XIX (Circolare 2019) si assume un valore di 0.02, relativo a superficie scabra (cemento a faccia scabra...). Pertanto sviluppando l'espressione relativa all'azione tangenziale del vento si ottiene un valore ampiamente trascurabile rispetto alle altre azioni in gioco.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	25 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Si riporta di seguito il prospetto delle caratteristiche assunte per la determinazione della pressione normale del vento secondo normativa:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
3	27	500	0.02
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			250
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b (T_R = 50)$ [m/s]			27.000
$\alpha_R (T_R)$			1.00073
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27.020

$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
$C_e$ (coefficiente di esposizione)
$C_p$ (coefficiente di forma)
$C_d$ (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autotelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

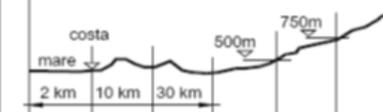
C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

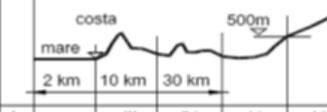
**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IR0B 02 D10 CL FA0100 001 A 26 di 114

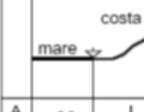
**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

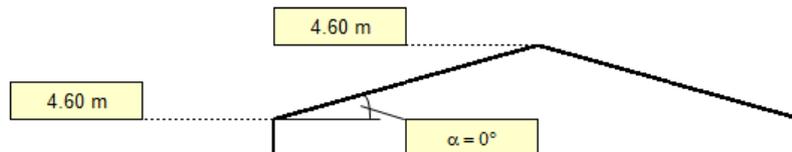
Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
3	C	250

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

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

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

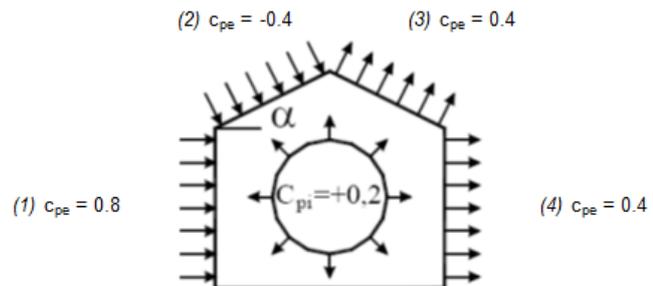
z [m]	$c_e$
$z \leq 4$	1.801
$z = 4.6$	1.881
$z = 4.6$	1.881



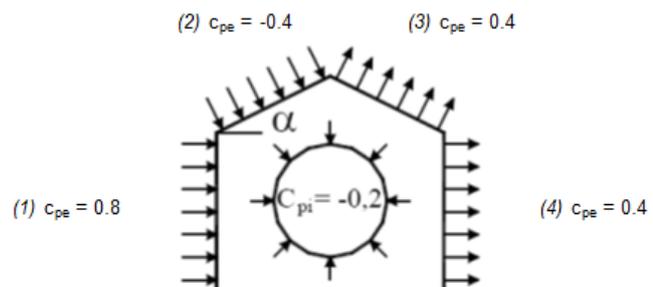
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture stagne

(1)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.80	0.687
(2)	$c_p$	p [kN/mq]
	-0.40	-0.343
(3)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.40	0.343
(4)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.40	0.343



(1)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.80	0.687
(2)	$c_p$	p [kN/mq]
	-0.40	-0.343
(3)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.40	0.343
(4)	$c_p$	p [kN/mq]
	0.40	0.343



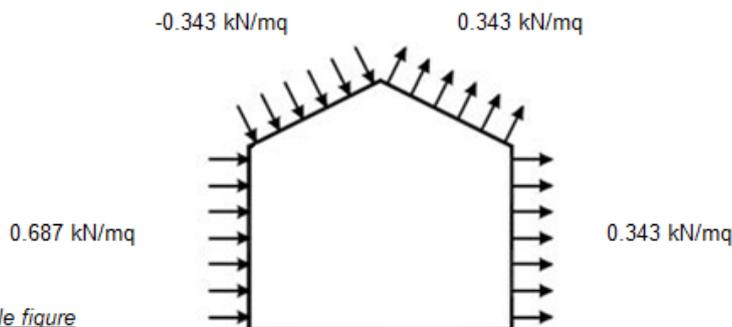
**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	27 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0.687
(2)	-0.343
(3)	0.343
(4)	0.343



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

L'azione del vento sui pannelli di tamponamento viene trasmessa alle travi perimetrali e alle travi di fondazione come una forza a metro lineare pari alla pressione del vento precedentemente calcolata ( $p_2$  e  $p_3$ ) per la metà dell'altezza dei pannelli ( $4.60 \times 0.50 = 2.30$  m):

L'azione del vento (depressione) sul solaio viene trasmessa alle travi trasversali come un carico metro lineare pari alla pressione del vento precedentemente calcolata  $p_1$  (pressione vento in copertura) per la zona d'influenza delle travi.

## 8.7 Pressione aerodinamica dei convogli (P\_DIN)

Il passaggio dei convogli induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione. L'ampiezza di tali azioni dipende principalmente dai fattori di seguito elencati:

1. dal quadrato della velocità del treno ( $v$ );
2. dalla forma aerodinamica del convoglio ( $K_1$ );
3. dalla forma della struttura ( $K_2$ );
4. dalla posizione della struttura e dalla distanza stessa dal binario ( $ag$ ).

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa e alla coda del treno.

I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni ( $\pm q_{1k}$ ).

Si ha pertanto:

$$q_{1k} = f(v; ag) \times K_1 \times K_2$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	28 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

dove:

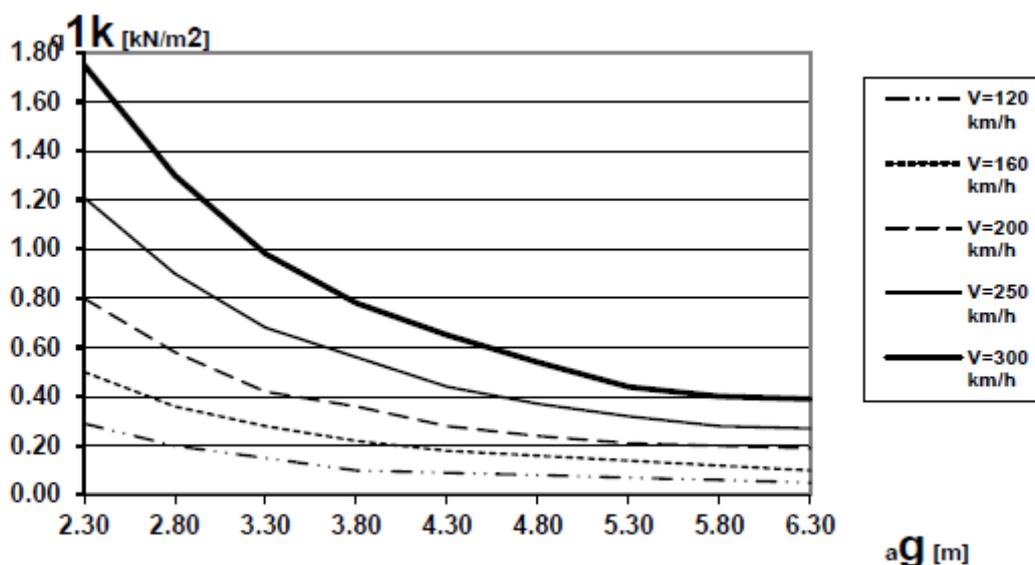
$K1 = 1.00$  per treni con forme aerodinamiche sfavorevoli

$= 0.85$  per treni con carrozze a sagoma arrotondata

$= 0.60$  per treni aerodinamici (ETR)

$K2 = 1.30$  se l'altezza dell'elemento è  $\leq 1.00$  o se la larghezza è  $\leq 2.50$ ; altrimenti  $K2 = 1.00$ ;

$a_g$  = distanza dalla mezzeria del binario più vicino;



Nel caso specifico essendo  $a_g$  maggiore di 6.3 m (infatti la distanza del fabbricato tecnico oggetto di studio dall'asse del binario è di circa 18 m), dall'abaco precedentemente riportato si evince che tale azione è pressochè nulla e pertanto non risulta dimensionante.

## 8.8 Variazioni termiche

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  $\Delta T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

**Tab. 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici**

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

Nel caso in esame, , si tiene conto della sola componente  $\Delta T_u$  e in particolare si assume  $\Delta T_u = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$  per tutta la struttura.

## 8.9 Azione sismica

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione (2.4 – NTC2018):

- Vita Nominale (VN);
- Classe d'uso (Cu);
- Periodo di Riferimento (VR).

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR (3.2 – NTC2018).

La normativa NTC2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  – Accelerazione orizzontale massima al sito;

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>FABBRICATI E PIAZZALI</b></p> <p><b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL FA0100 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>30 di 114</p>

F0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC\* - Periodo d’inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (3.2.1 – NTC2018), ai quali corrispondono i seguenti valori dei parametri precedentemente definiti:

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III – NTC2018).

Il terreno su cui insiste la costruzione è stato assimilato ad un sottosuolo di categoria B.

Nel caso in esame si può assumere una categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell’accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Lo spettro di risposta elastico orizzontale è descritto dalle seguenti espressioni, riportate al punto 3.2.3.2.1 – NTC2018:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>FABBRICATI E PIAZZALI</b>  <b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  CL FA0100 001	REV.  A	FOGLIO  31 di 114

### 8.9.1 Parametri sismici

Si attribuisce alla struttura una vita nominale  $VN = 50$  anni essendo opera nuova su infrastruttura esistente e la classe d'uso IV con coefficiente d'uso  $Cu=2.0$ , in conformità ai riferimenti normativi di cui al §3.1.

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi  $VR = Cu \times VN = 100$  anni.

Nelle figure seguenti sono riportati gli spettri elastici utilizzati per la definizione dell'azione sismica di progetto. I valori di progetto caratteristici (probabilità di superamento PVR e periodo di ritorno TR) sono i seguenti:

Stato Limite di salvaguardia della Vita: PVR = 10%                      TR = 949 anni;

Stato limite di Danno:    PVR = 63%                      TR = 101 anni;

Stato limite di Operatività:                                      PVR = 81%                      TR = 60 anni.

Si riporta di seguito la definizione degli spettri per i vari stati limite utilizzati:

FABBRICATI E PIAZZALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	32 di 114

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

**S** Response Spectrum Italian NTC2008 Function Definition

**Function Name**

**Function Damping Ratio**

**Parameters**

ag, F0 and Tc\* - by Latitude/Longitude  
 ag, F0 and Tc\* - by Island  
 ag, F0 and Tc\* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc\*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

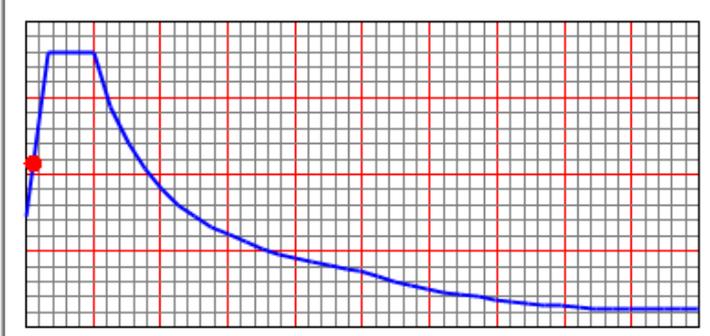
Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.1164
0.135	0.2872
0.4051	0.2872
0.5051	0.2303
0.6051	0.1923
0.7051	0.165
0.8051	0.1445
0.9051	0.1285

**Function Graph**



( 0.0435 , 0.1714 )

Figura 2 – Parametri sismici SLD

FABBRICATI E PIAZZALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	33 di 114

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

**S** Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition ✕

**Function Name**

**Function Damping Ratio**

**Parameters**

ag, F0 and Tc\* - by Latitude/Longitude  
 ag, F0 and Tc\* - by Island  
 ag, F0 and Tc\* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc\*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

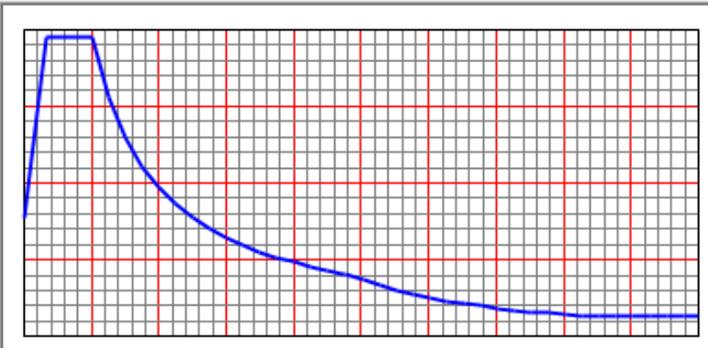
Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.0936
0.1326	0.234
0.3978	0.234
0.4978	0.187
0.5978	0.1557
0.6978	0.1334
0.7978	0.1167
0.8978	0.1037

**Function Graph**



**Figura 3 – Parametri sismici SLO**

FABBRICATI E PIAZZALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	34 di 114

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

**S** Response Spectrum Italian NTC2008 Function Definition

**Function Name**

**Function Damping Ratio**

**Parameters**

ag, F0 and Tc\* - by Latitude/Longitude  
 ag, F0 and Tc\* - by Island  
 ag, F0 and Tc\* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc\*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

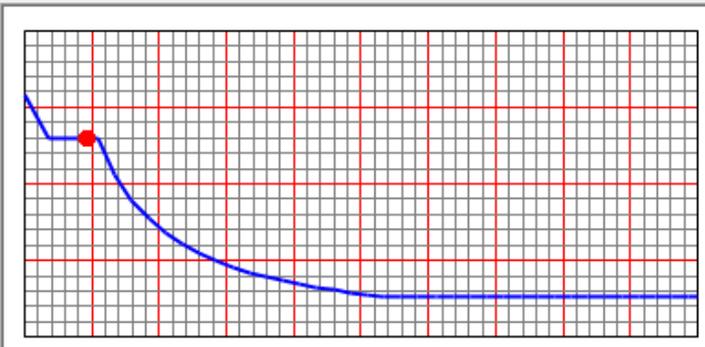
Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.2529
0.1458	0.2074
0.4374	0.2074
0.5374	0.1688
0.6374	0.1423
0.7374	0.123
0.8374	0.1084
0.9374	0.0968

**Function Graph**



**Figura 4 – Parametri sismici SLV**

### 8.9.2 *Fattore di struttura*

Poiché il fabbricato è dotato di solai che presentano luce inferiore a 8 m, non è stata considerata la componente verticale dell'azione sismica, come stabilito al punto 7.2.1 delle NTC2018:

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	35 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4 - NTC2018  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura

$K_R$  è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento  $q_0$ , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa. Osservando le tipologie strutturali riportate al punto 7.4.3.1 – NTC2018 si evince che l'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di progettare il fabbricato in accordo con un comportamento strutturale dissipativo caratterizzato da Classe di Duttilità bassa (CD" B").

Pertanto, in base alla tabella 7.4.I delle NTC 2018, il coefficiente di comportamento  $q_0$  può essere valutato come segue:

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

La struttura risulta non è regolare per cui per il calcolo si assume a favore di sicurezza di  $\alpha_u / \alpha_1$  pari ad 1.

Pertanto il fattore di struttura al quale si farà riferimento per la definizione dello spettro di progetto è

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>FABBRICATI E PIAZZALI</b></p> <p><b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL FA0100 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>36 di 114</p>

$q = 3.0$ .

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Per i fabbricati tecnologici in progetto, gli spettri di risposta di progetto agli stati limite SLD, SLV e SLO sono stati determinati tramite il foglio elettronico spettri.

Gli effetti dell'azione sismica vengono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio (G1), ai sovraccarichi permanenti (G2) e a un'aliquota ( $\psi_{2j}$ ) dei sovraccarichi accidentali (Qkj):

$$G1 + G2 + \sum_j \psi_{2j} * Qkj$$

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I – NTC2018. Nel caso in esame i sovraccarichi accidentali che possono essere sottoposti ad eccitazione sismica sono:

- per il solaio di copertura, la neve ed il vento per copertura presentano  $\psi_{2j} = 0$ ;
- per il solaio di copertura, il sovraccarico variabile agente presenta  $\psi_{2j} = 0$ .

Per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita un'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per gli edifici, gli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo. In assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica.

Gli effetti delle forze equivalenti dovute all'eccentricità accidentale, vengono portati in conto nella combinazione sismica, sommandoli al contributo delle sollecitazioni che si ottengono a valle dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Come prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' 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%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al punto 7.3.3.1 delle NTC2018.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle due componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x$$

Si è infine provveduto a combinare gli effetti dell'analisi spettrale ai differenti stati limite con quelli provocati dalle forze equivalenti all'eccentricità accidentale.

## **9 MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>FABBRICATI E PIAZZALI</b>  <b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  CL FA0100 001	REV.  A	FOGLIO  38 di 114

## 9.1 Metodologia di modellazione ed analisi

La struttura è stata modellata con l'ausilio di un programma di calcolo agli elementi finiti. Sono state svolte analisi sia statiche che dinamiche. In particolare, per le azioni sismiche si è fatto ricorso ad un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta, utilizzando le azioni descritte nel paragrafo precedente.

## 9.2 Modellazione della geometria

L'analisi e le verifiche di sicurezza della struttura sono state condotte coerentemente con quanto indicato nel paragrafo §7.2.5 delle NTC18. In particolare è stato creato un primo modello della sola struttura in elevazione considerata incastrata alla base, utilizzato per il calcolo e la verifica di tutti gli elementi strutturali ad esclusione delle fondazioni e per il calcolo delle azioni trasmesse in fondazione. Il secondo modello comprende anche le strutture di fondazione impostando delle travi di fondazione a T rovescia interagenti con un suolo elastico.

Lo step del lavoro relativo al calcolo computazionale e alla definizione dell'output, in termini di caratteristiche di sollecitazione e deformazioni per i vari elementi strutturali, prevede un approccio preliminare basato sulla modellazione della struttura attraverso un processo di discretizzazione agli elementi finiti facendo riferimento ad un modello elastico. Gli elementi strutturali, travi e pilastri in elevazione e graticcio di travi rovesce in fondazione, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo frame. Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali.

L'analisi degli effetti dovuti all'azione sismica prevede la definizione delle masse strutturali partecipanti all'eccitazione dinamica dovuta al terremoto. Pertanto nel modello le masse strutturali coincidono con i carichi caratteristici permanenti strutturali e non strutturali (i carichi di esercizio dovuti alla manutenzione sono trascurati).

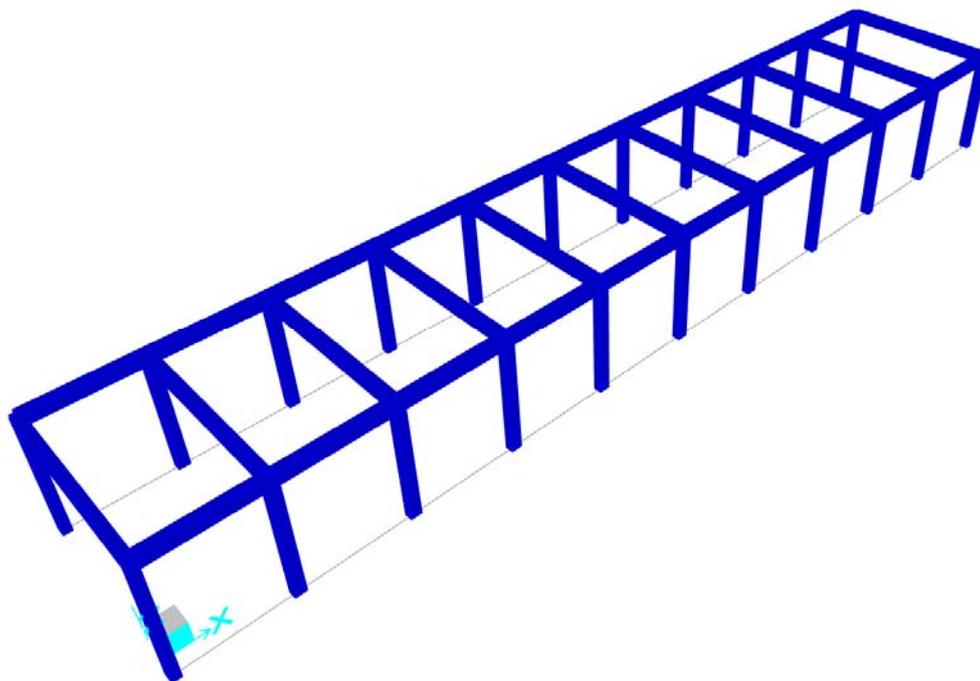
La presenza del solaio di copertura è stata modellata mediante un vincolo di diaframma al livello di copertura, oltre che con l'assegnazione dei carichi alle travi. Seguendo tale ipotesi di calcolo, le componenti di spostamento del singolo nodo di impalcato vengono riferite a quelle di un nodo master, coincidente con il centro di massa dell'impalcato. L'assegnazione dei carichi alle travi è stata effettuata sulla base della tessitura dei solai secondo il criterio della larghezza d'influenza. Agli elementi in elevazione è stato assegnato un carico termico, pari a quello riportato nell'analisi dei carichi. Nelle figure seguenti si riportano le rappresentazioni dei modelli della struttura, con l'indicazione della numerazione delle aste e dei nodi.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

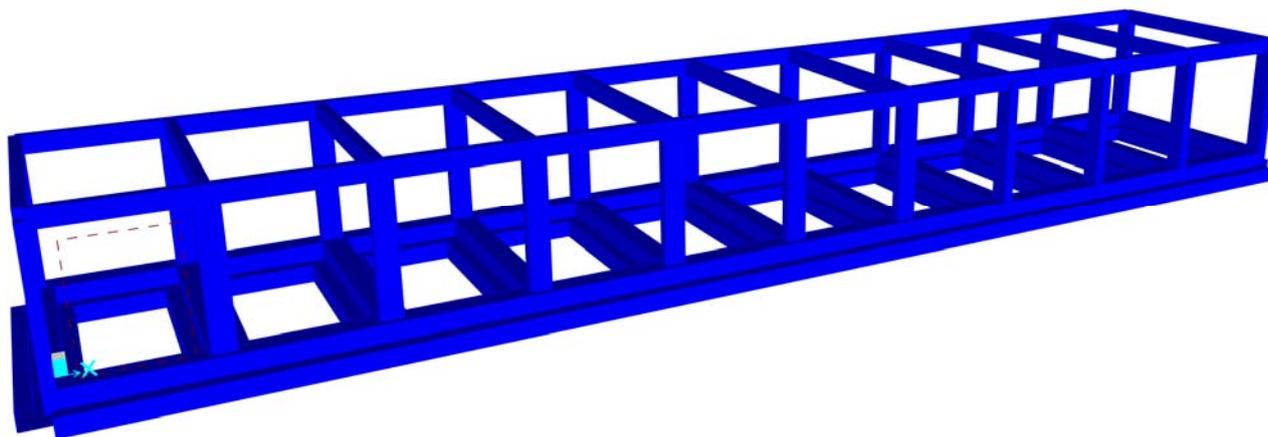
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	39 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

**9.2.1**      *Modelli SAP2000*



**Figura 5 – Modello elevazione SAP, vista assometrica**

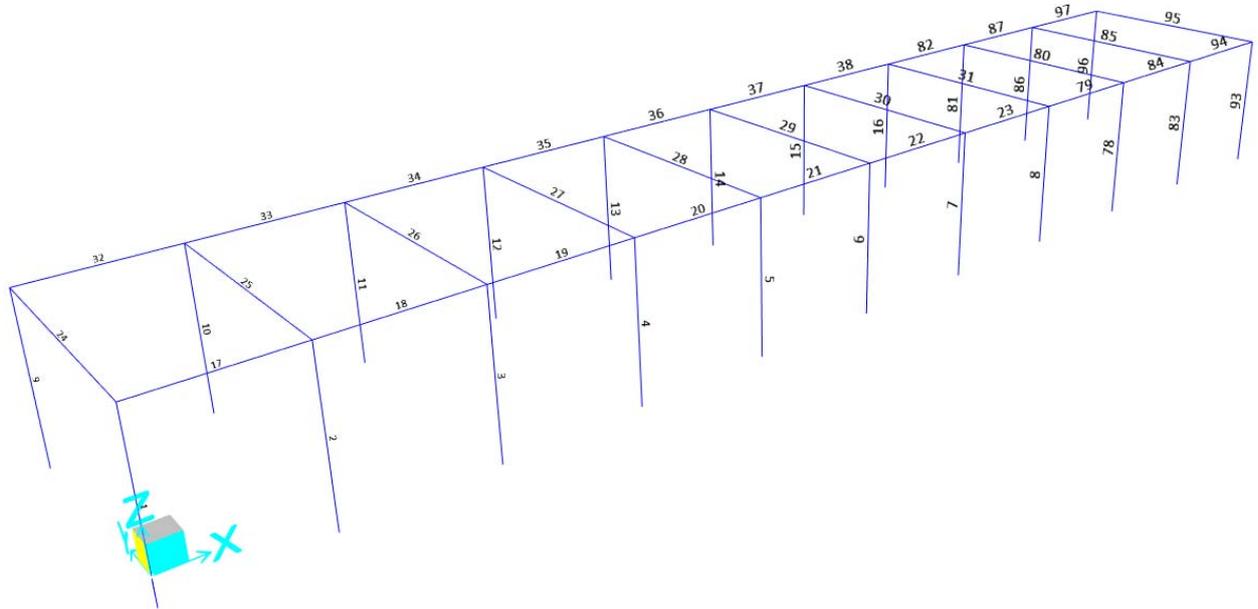


**Figura 6 – Modello fondazioni SAP, vista assometrica**

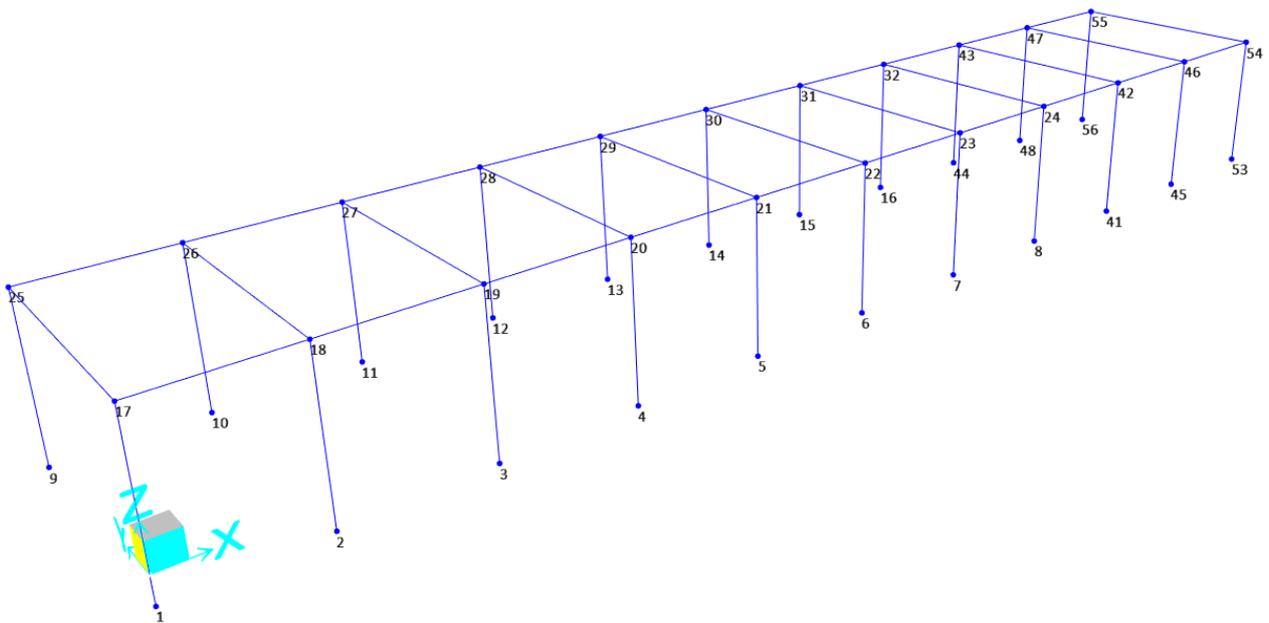
**FABBRICATI E PIAZZALI**

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	40 di 114



**Figura 7 – Modello elevazione SAP, numerazione aste**



**Figura 8 – Modello elevazione SAP, numerazione nodi**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	41 di 114

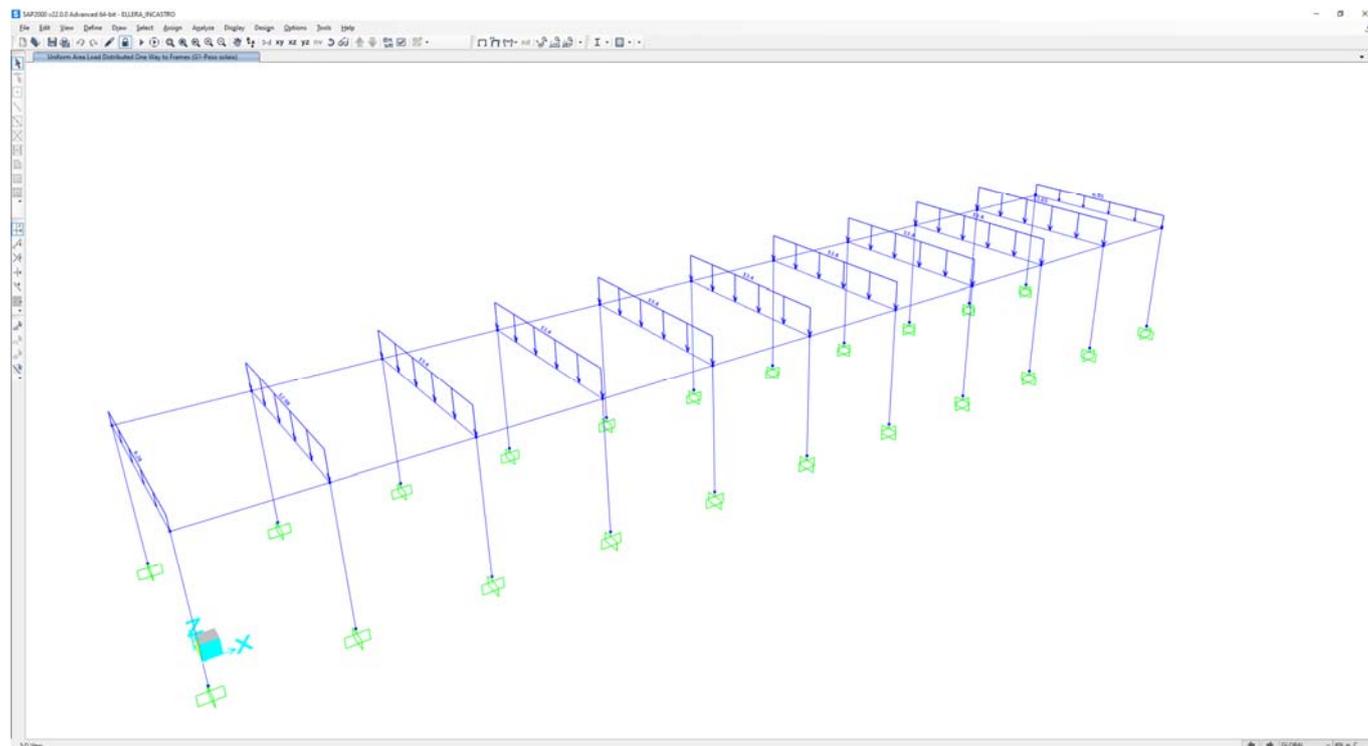
**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

### 9.2.2 *Costante di sottofondo del terreno*

L'interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno. L'intera struttura è poggiata a terra su un letto di molle alla Winkler la cui rigidezza viene assegnata per unità di lunghezza di elemento. Il coefficiente di fondazione (Winkler) adottato nel modello è pari a  $K = 15000 \text{ kN/m}^3$ .

### 9.2.3 *Condizioni di carico elementari*

Di seguito si riportano alcune immagini del modello in cui sono visibili le condizioni di carico elementari

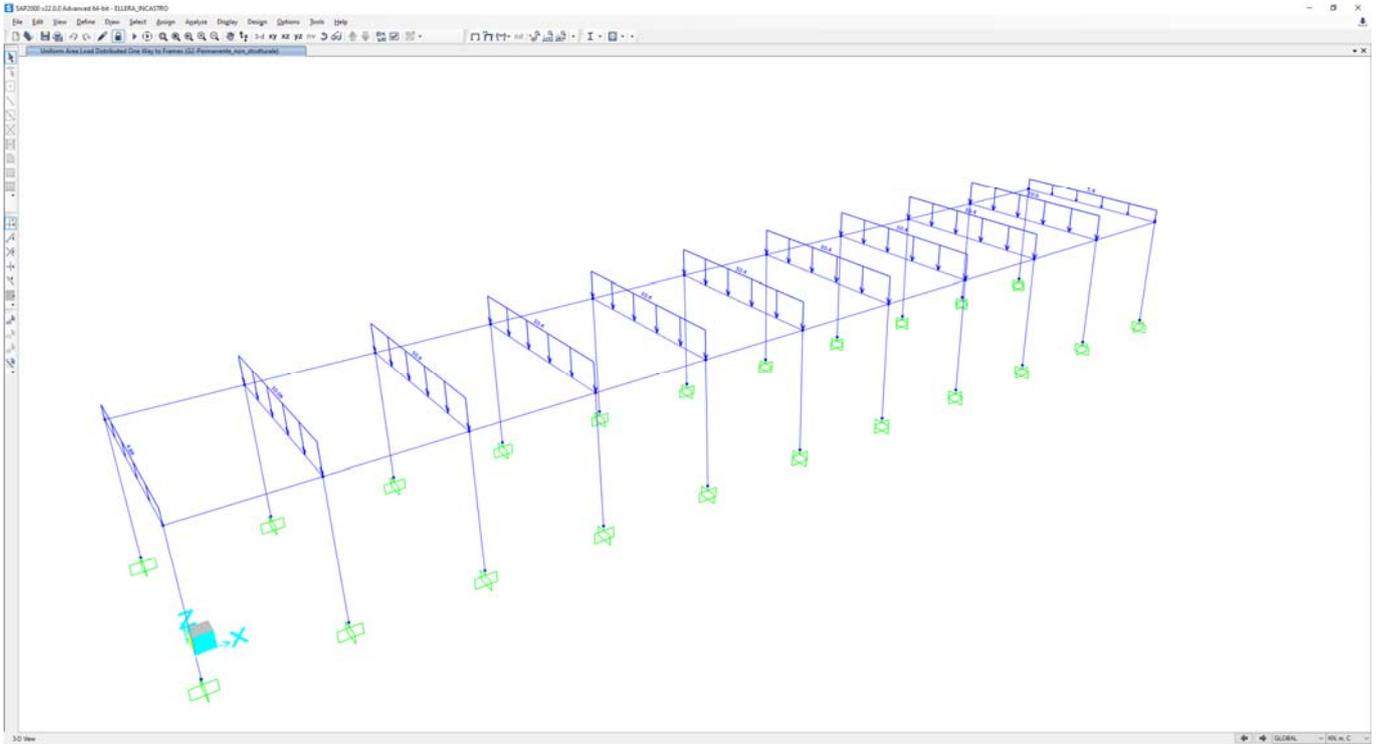


**Figura 9 – Carichi G1, carichi risultanti dalle aree di carico**

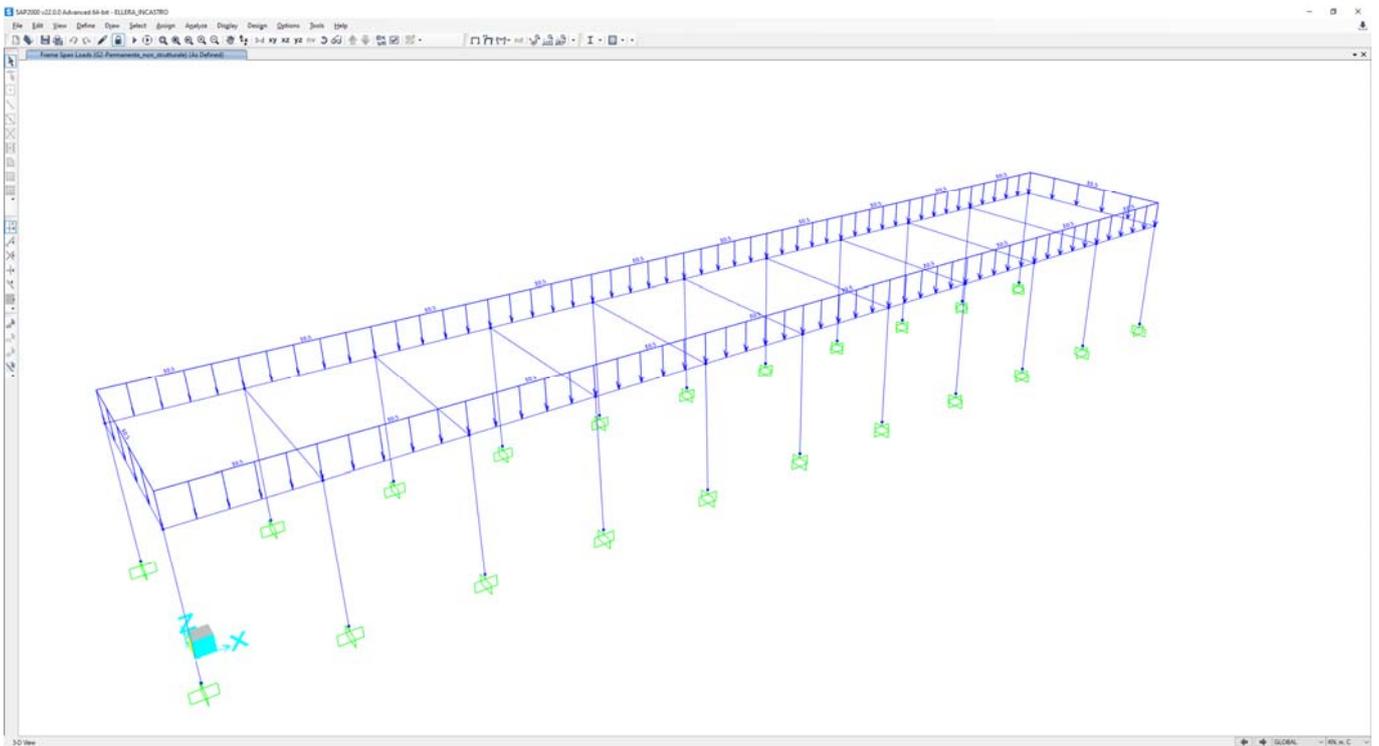
**FABBRICATI E PIAZZALI**

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	42 di 114



**Figura 10 – Carichi G2, carichi risultanti dalle aree di carico**

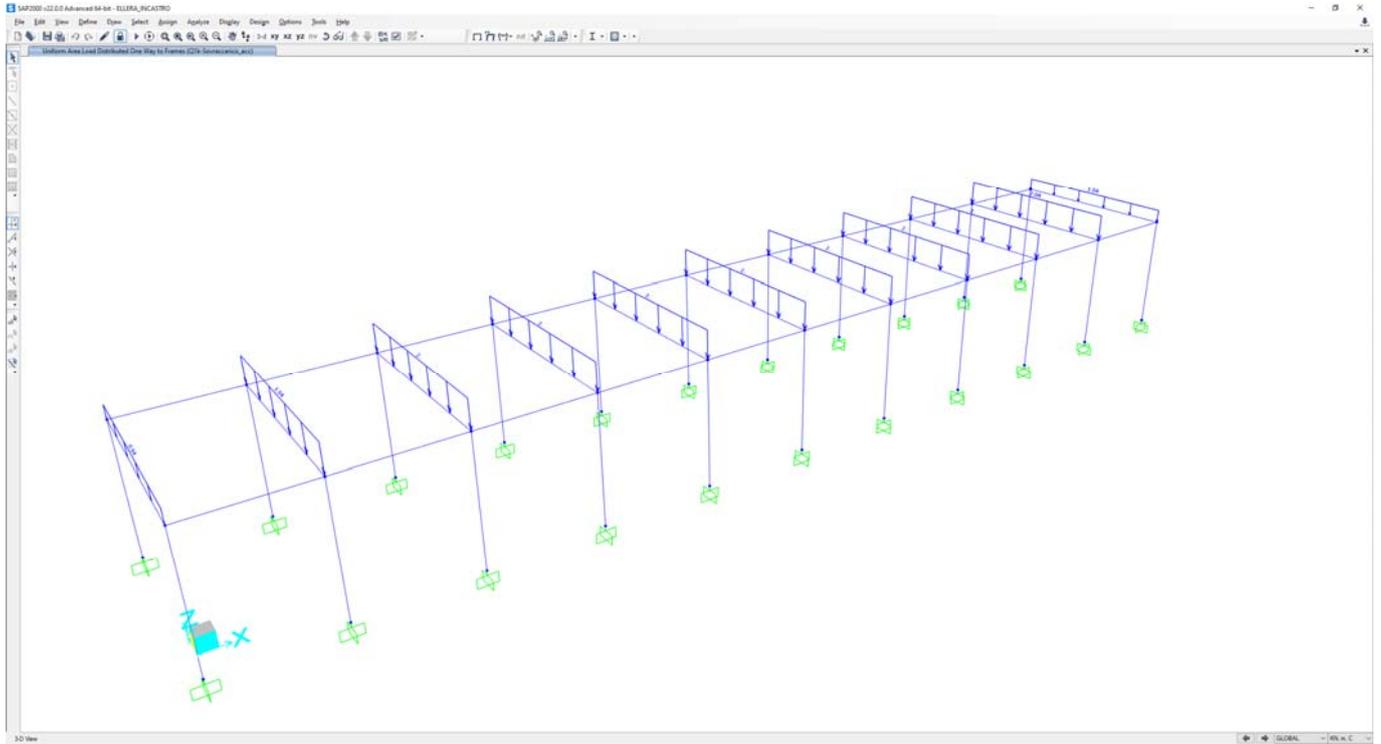


**Figura 11 – Carichi G2, carichi applicati ai frame**

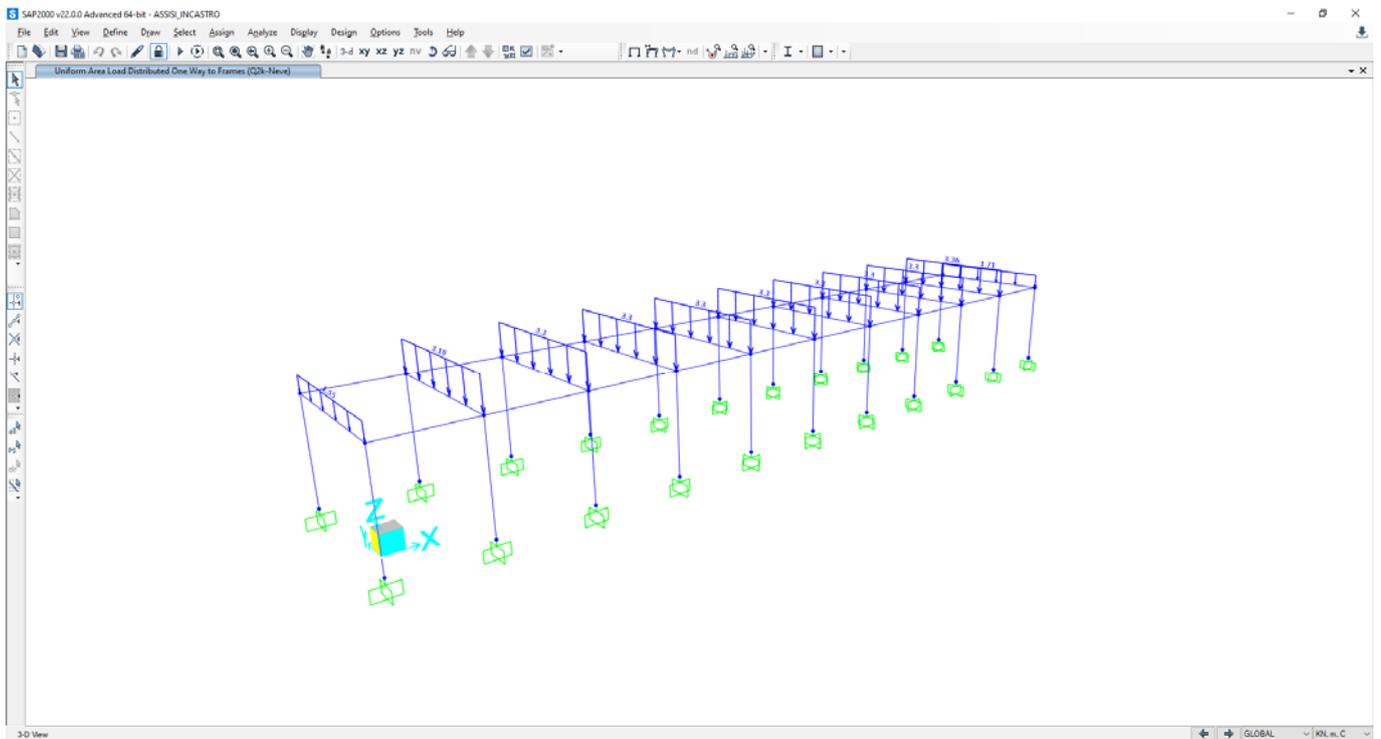
**FABBRICATI E PIAZZALI**

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	43 di 114



**Figura 12 – Carico Qk1 manutenzione, carichi risultanti dalle aree di carico**

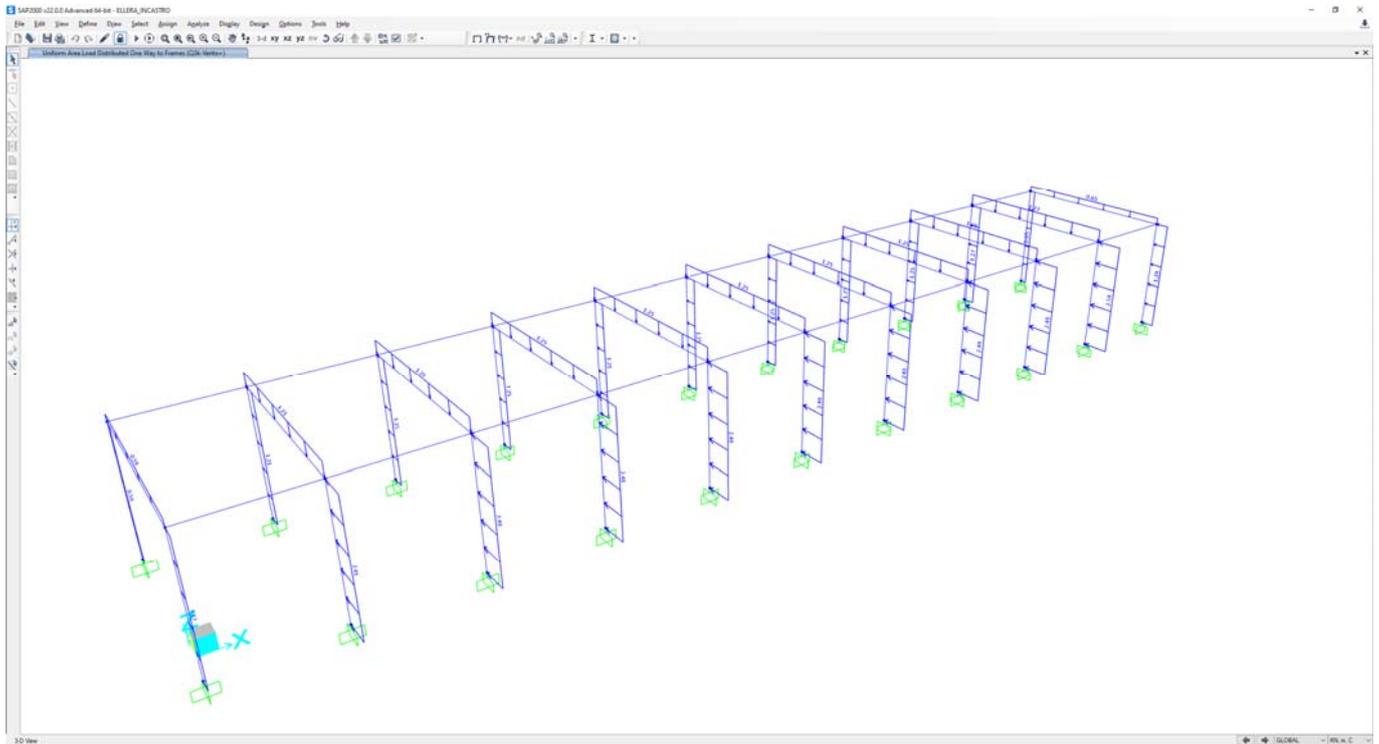


**Figura 13 – Carico Qk2 neve, carichi risultanti dalle aree di carico**

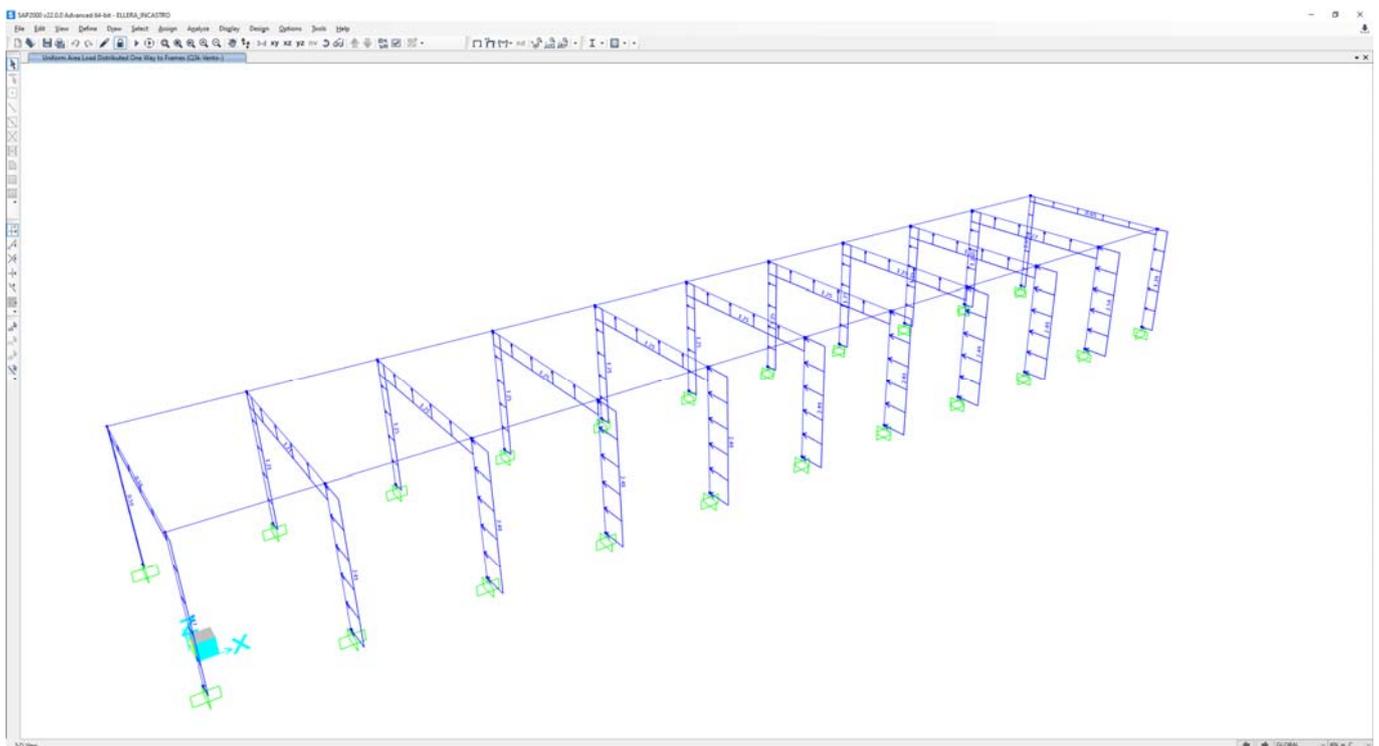
**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	44 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**



**Figura 14 – Carico Qk3 + vento, carichi risultanti dalle aree di carico**



**Figura 15 – Carico Qk3 - vento, carichi risultanti dalle aree di carico**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	45 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle condizioni di carico elementari considerate nella modellazione.

Numero	Sigla	Nome
1	G1	Peso Proprio
2	G1	Carico Solaio di Copertura
3	G2	Carico permanente non strutturale
4	Qk1	Sovraccarichi variabili solaio di copertura
5	Qk2	Neve
6+	Qk3+	Vento
6-	Qk3-	Vento
7	Qk4	Termica (+)
8	Qk5	Termica (-)
9	E	SismaY_SLV
10	E	SismaX_SLV
11	E	SismaY_SLD
12	E	SismaX_SLD
13	E	SismaY_SLO
14	E	SismaX_SLO

**Tabella 2 – SAP2000, Condizioni di carico elementari**

### 9.3 Combinazioni di carico

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

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

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	46 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

combinazione Eccezionale (per le verifiche di resistenza al fuoco):

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

Nel seguito vengono riportate le combinazioni di carico che sollecitano la struttura. Le combinazioni di carico sotto riportate fanno riferimento alle condizioni di carico elementari descritte sopra.

SLU	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3+	Qk3-	Qk4	Qk5
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali – CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento +	Variabile Vento -	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb. 1	1.3	1.3	1.5	0	1.5	0.9		0.9	
Comb. 2	1.3	1.3	0.8	0	1.5	0.9		0.9	
Comb. 3	1.3	1.3	1.5	0	0.75	1.5		0.9	
Comb. 4	1.3	1.3	0.8	0	0.75	1.5		0.9	
Comb. 5	1.3	1.3	1.5	1.5	0.75	0.9		0.9	
Comb. 6	1.3	1.3	0.8	1.5	0.75	0.9		0.9	
Comb. 7	1.3	1.3	1.5	0	0.75	0.9		1.5	

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	47 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Comb. 8	1.3	1.3	0.8	0	0.75	0.9		1.5	
Comb. 9	1.3	1.3	1.5	0	1.5	0.9			0.9
Comb. 10	1.3	1.3	0.8	0	1.5	0.9			0.9
Comb. 11	1.3	1.3	1.5	0	0.75	1.5			0.9
Comb. 12	1.3	1.3	0.8	0	0.75	1.5			0.9
Comb. 13	1.3	1.3	1.5	1.5	0.75	0.9			0.9
Comb. 14	1.3	1.3	0.8	1.5	0.75	0.9			0.9
Comb. 15	1.3	1.3	1.5	0	0.75	0.9			1.5
Comb. 16	1.3	1.3	0.8	0	0.75	0.9			1.5
Comb. 17	1.3	1.3	1.5	0	1.5		0.9	0.9	
Comb. 18	1.3	1.3	0.8	0	1.5		0.9	0.9	
Comb. 19	1.3	1.3	1.5	0	0.75		1.5	0.9	
Comb. 20	1.3	1.3	0.8	0	0.75		1.5	0.9	
Comb. 21	1.3	1.3	1.5	1.5	0.75		0.9	0.9	
Comb. 22	1.3	1.3	0.8	1.5	0.75		0.9	0.9	
Comb. 23	1.3	1.3	1.5	0	0.75		0.9	1.5	
Comb. 24	1.3	1.3	0.8	0	0.75		0.9	1.5	
Comb. 25	1.3	1.3	1.5	0	1.5		0.9		0.9
Comb. 26	1.3	1.3	0.8	0	1.5		0.9		0.9
Comb. 27	1.3	1.3	1.5	0	0.75		1.5		0.9
Comb. 28	1.3	1.3	0.8	0	0.75		1.5		0.9
Comb. 29	1.3	1.3	1.5	1.5	0.75		0.9		0.9
Comb. 30	1.3	1.3	0.8	1.5	0.75		0.9		0.9
Comb. 31	1.3	1.3	1.5	0	0.75		0.9		1.5

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	48 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Comb. 32	1.3	1.3	0.8	0	0.75		0.9		1.5
----------	-----	-----	-----	---	------	--	-----	--	-----

**Tabella 3 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
SLV	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLV	SismaX SLV
Comb. 1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb. 2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

**Tabella 4 – Combinazioni di carico allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
SLO	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLO	SismaX SLO
Comb. 1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb. 2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

**Tabella 5 – Combinazioni di carico allo Stato Limite di Operatività**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
SLD	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLD	SismaX SLD
Comb. 1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb. 2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

**Tabella 6 – Combinazioni di carico allo Stato Limite di Danno**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3+	Qk3-	Qk4	Qk5
SLE RARA	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento +	Variabile Vento -	TERMICA (+)	TERMICA (-)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	49 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

				H					
Comb. 1	1	1	1	0	1	0.6		0.6	
Comb. 2	1	1	1	0	0.5	1		0.6	
Comb. 3	1	1	1	1	0.5	0.6		0.6	
Comb. 4	1	1	1	0	0.5	0.6		1	
Comb. 5	1	1	1	0	1	0.6			0.6
Comb. 6	1	1	1	0	0.5	1			0.6
Comb. 7	1	1	1	1	0.5	0.6			0.6
Comb. 8	1	1	1	0	0.5	0.6			1
Comb. 9	1	1	1	0	1		0.6	0.6	
Comb. 10	1	1	1	0	0.5		1	0.6	
Comb. 11	1	1	1	1	0.5		0.6	0.6	
Comb. 12	1	1	1	0	0.5		0.6	1	
Comb. 13	1	1	1	0	1		0.6		0.6
Comb. 14	1	1	1	0	0.5		1		0.6
Comb. 15	1	1	1	1	0.5		0.6		0.6
Comb. 16	1	1	1	0	0.5		0.6		1

**Tabella 7 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio - Rara**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3+	Qk3-	Qk4	Qk5
SLE FREQ.	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento +	Variabile Vento -	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb. 1	1	1	1	0	0.2	0		0	
Comb. 2	1	1	1	0	0	0.2		0	

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	50 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Comb. 3	1	1	1	0	0	0		0	
Comb. 4	1	1	1	0	0	0		0.5	
Comb. 5	1	1	1	0	0	0			0.5
Comb. 6	1	1	1	0	0		0.2	0	

**Tabella 8 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio – Frequente**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5
SLE QUASI PERM	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb. 1	1	1	1	0	0	0	0	0

**Tabella 9 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio – Quasi permanente**

	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
SLU	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovaccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLV	SismaX SLV
Comb. 1	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0

**Tabella 10 – Combinazioni di carico Eccezionale allo Stato Limite Ultimo**

#### 9.4 Risultati dell'analisi modale

È stata condotta un'analisi modale con condensazione di piano, di cui di seguito si riportano i risultati maggiormente significativi.

FABBRICATI E PIAZZALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	51 di 114

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.315526	0.00%	79.95%	0.00%	0.00%	79.95%
MODAL	Mode	2	0.246058	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	79.95%
MODAL	Mode	3	0.245088	0.00%	20.05%	0.00%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	4	0.022962	0.00%	0.00%	19.81%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	5	0.022915	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	6	0.022876	0.00%	0.00%	53.87%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	7	0.022853	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	8	0.022845	0.00%	0.00%	1.43%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	9	0.022815	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	10	0.022786	0.00%	0.00%	3.92%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	11	0.022751	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
MODAL	Mode	12	0.022703	0.00%	0.00%	1.10%	100.00%	100.00%

Tabella 11 – SAP2000 – Risultati analisi modale

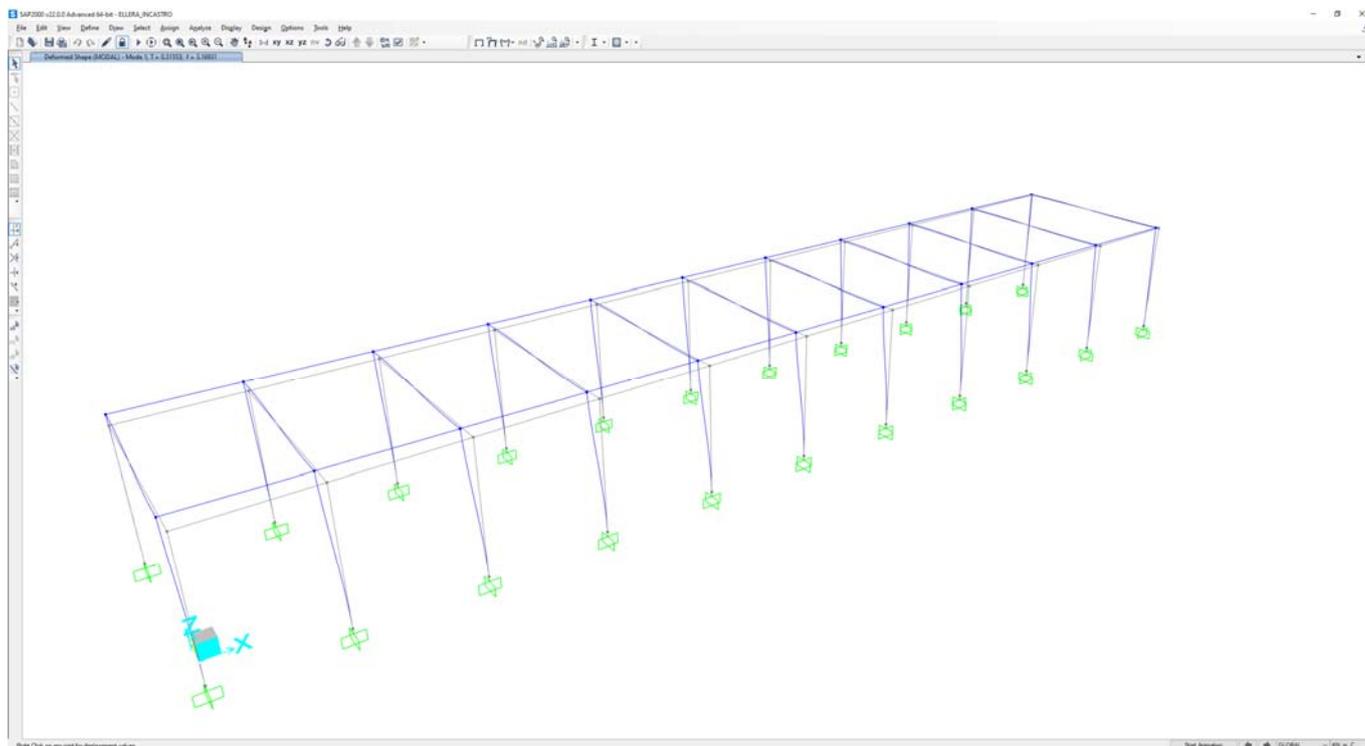
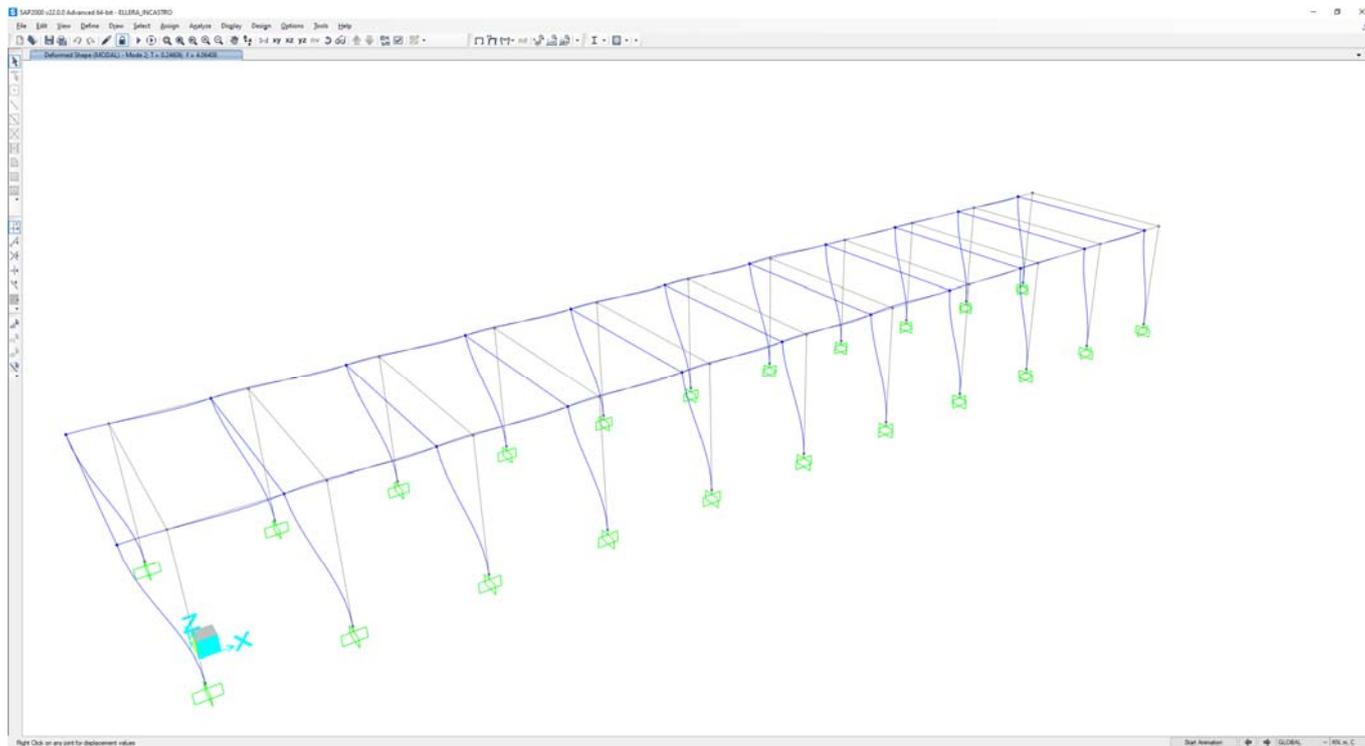


Figura 16 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n.1 – traslazione pura lungo y

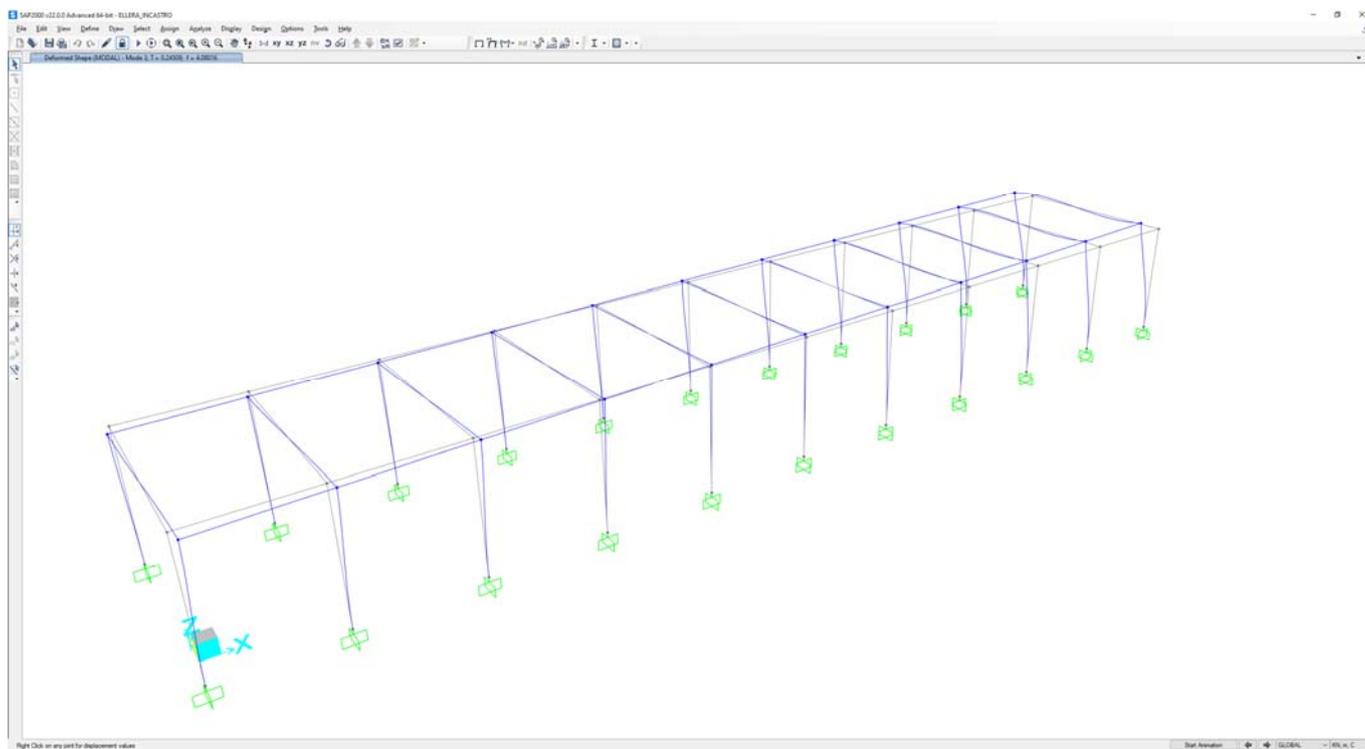
**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	52 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**



**Figura 17 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n.2 – traslazione pura lungo x**



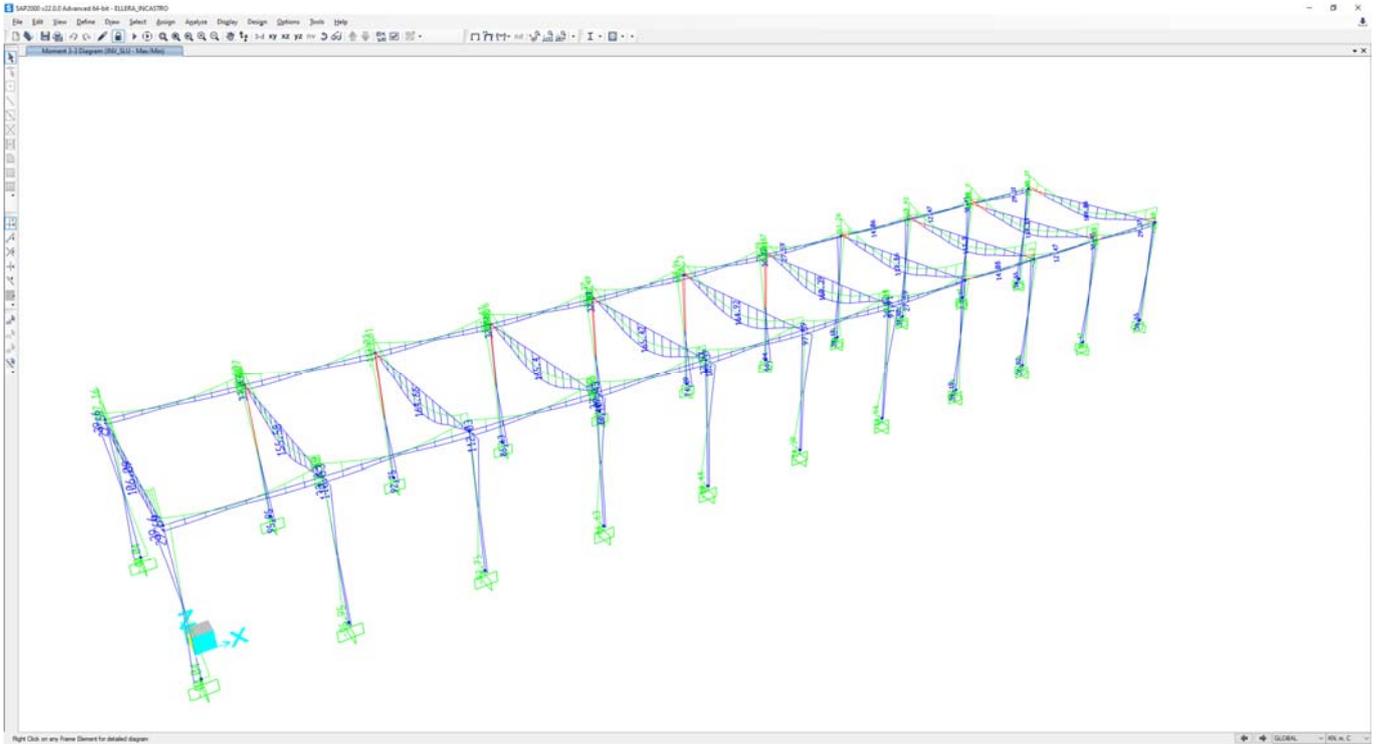
**Figura 18 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n.3 – torsione**



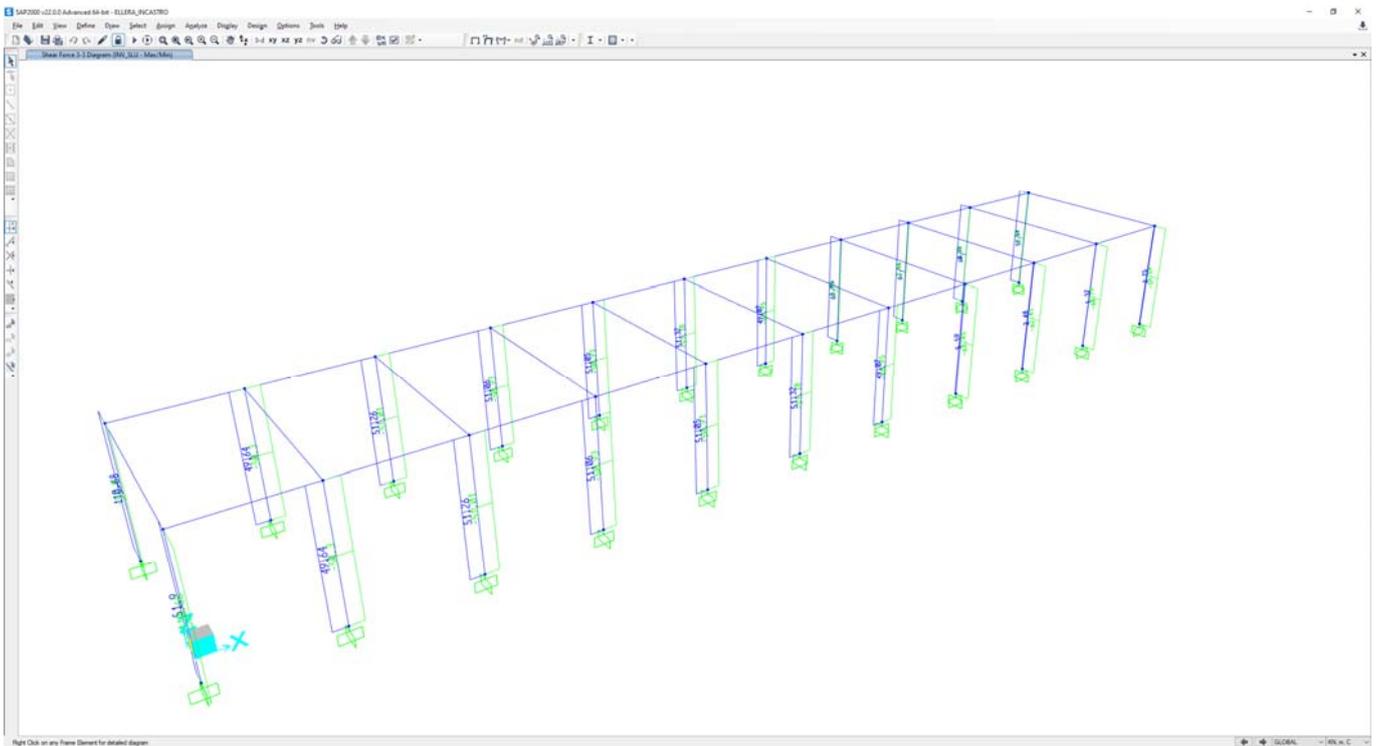
**FABBRICATI E PIAZZALI**

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	54 di 114



**Figura 20 – SAP2000 - INV SLU/SLV – Sollecitazione di flessione M3**

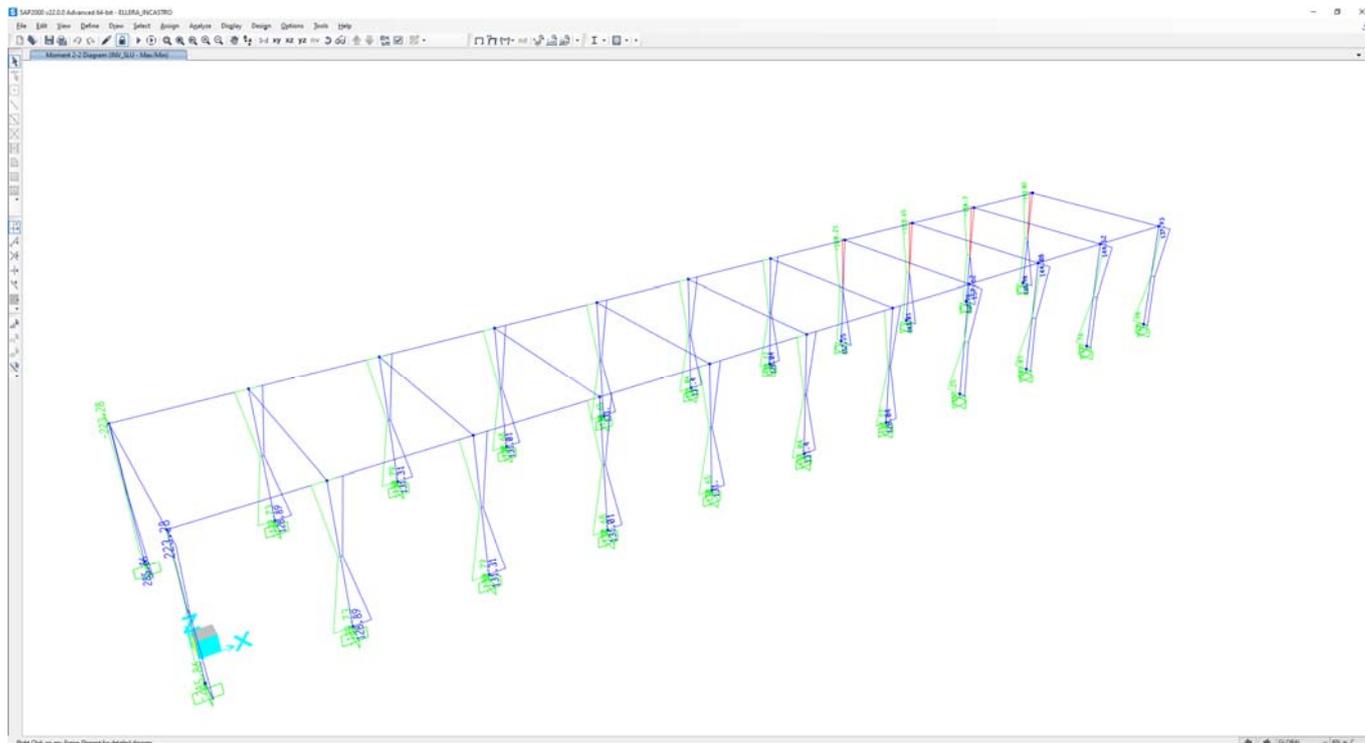


**Figura 21 – SAP2000 - INV SLU – Sollecitazione di taglio V3**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	55 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**



**Figura 22 – SAP2000 - INV SLU/SLV – Sollecitazione di flessione M2**

Si precisa inoltre che nella condizione di carico “Permanent portati” sono presenti anche i carichi lineari associati alle murature, sia interne che perimetrali. Ovviamente tali carichi sono stati considerati anche come masse sismiche in corrispondenza del primo impalcato.

## 10 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche relative agli elementi strutturali principali della struttura.

Si considereranno le sollecitazioni di calcolo, per l’elemento maggiormente sollecitato, in corrispondenza della sezione d’appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)).

Verranno considerate le sollecitazioni minime e massime per gli SLU, SLV, SLD, SLE rara, SLE frequente e SLE quasi permanente.

È stato utilizzato un calcestruzzo C30/37 per le parti in elevazione, mentre per le fondazioni è stato utilizzato un calcestruzzo C25/30.

## 10.1 Stati Limite Ultimi

La verifica agli Stati Limite Ultimi sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

Con riferimento alla sezione presso inflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli  $\sigma - \epsilon$  di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 del D.M.17/01/18, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$MRd = MRd (NEd) \geq MEd$$

dove:

- NEd è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- MRd è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a NEd;
- MEd è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Per la verifica nello stato limite ultimo a taglio si valuta inizialmente la resistenza VRd1 dell'elemento privo di armatura trasversale. Qualora risulti inferiore alla sollecitazione di taglio VEd agente nella sezione, si predispone un'armatura trasversale e si valuta il taglio resistente VRd dell'elemento ricorrendo alla schematizzazione a traliccio ideale.

Per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio la resistenza si valuta con l'espressione 4.1.14 delle DM17.01.18 di seguito riportata

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	57 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

in cui

$$k = 1 + (200/d) \cdot 0,5 \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{0,5}$$

d                                      altezza utile della sezione

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$                       rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ )

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$                       tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ ) assunta pari a 0

$b_w$                                       larghezza sezione

Per gli elementi dotati di specifica armatura a taglio la verifica di resistenza diventa

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

La resistenza a taglio della trave è pari a

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

in cui con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è pari a

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

E con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	58 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta)}{(1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)}$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo assunto pari a 1

L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:  $1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5$ .

## 10.2 Stati Limite di Esercizio

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

### a) Verifiche di fessurazione:

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2018 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo stato limite di apertura delle fessure. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare si verifica che risulti  $w_d < 0.2$  mm.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	59 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

*b) Verifiche delle tensioni di esercizio:*

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio. In particolare bisogna verificare che:

- Per il calcestruzzo compresso:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ (per combinazione caratteristica rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ (per combinazione quasi permanente);}$$

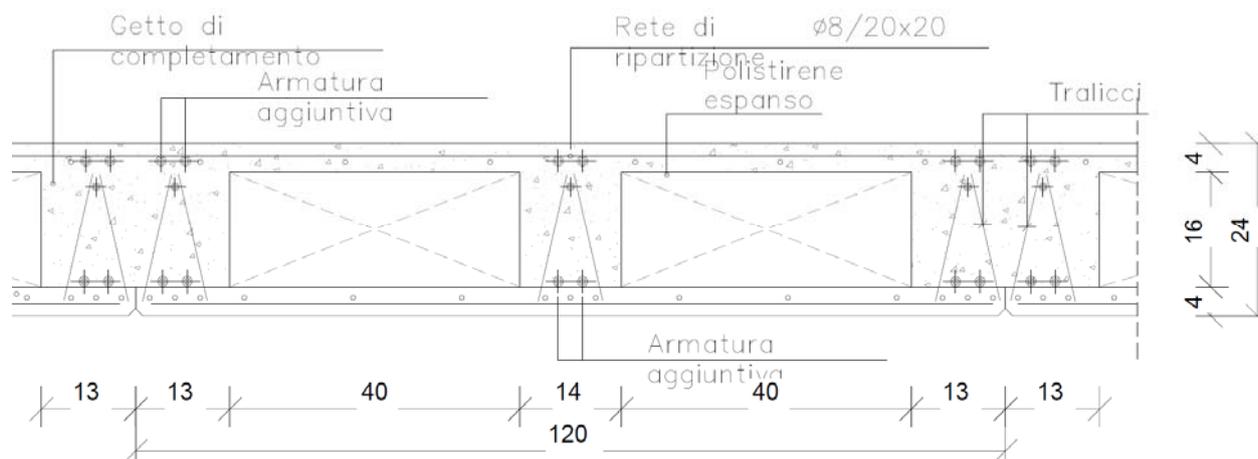
- Per l'acciaio:

$$\sigma_s < 0.70 f_{yk} \text{ (per combinazione caratteristica rara).}$$

Di seguito si riportano le tensioni di esercizio determinate in corrispondenza della combinazione che produce il valore di tensione più gravoso distinguendo tra combinazioni rare e quasi permanenti. Dalle tabelle seguenti, nelle quali accanto a ciascun valore di tensione viene indicato il corrispondente valore limite, si evince che le verifiche delle tensioni di esercizio risultano soddisfatte.

### 10.3 Solaio di copertura

Si prevede di realizzare l'impalcato di copertura utilizzando lastre prefabbricate tipo predalles, creando un solaio di spessore 4+14+4, la cui sezione tipica è riportata nella figura seguente.



	<b>PROGETTO DEFINITIVO  POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA  INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL  PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>FABBRICATI E PIAZZALI</b>  <b>FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IR0B	LOTTO 02	CODIFICA D10	DOCUMENTO CL FA0100 001	REV. A	FOGLIO 60 di 114

**Figura 23 - Solaio copertura – Sezione tipica**

I carichi agenti sono quelli riportati nel paragrafo §8 della presente relazione.

Di seguito sono riportati nel dettaglio i calcoli e le verifiche condotte per i solai, con riferimento a ciascuno schema di calcolo significativo.

Il solaio si considera, a vantaggio di sicurezza, come una trave semplicemente appoggiata, con campata di luce pari a  $L_{max} = 4.00$  m. Con riferimento all'analisi dei carichi, di seguito si riportano le caratteristiche di sollecitazioni significative. La verifica viene condotta in riferimento al singolo travetto (interasse  $i = 0.54$  m).

Si considera agente il peso proprio dell'intero solaio e il carico della neve e il sovraccarico variabile. Lo schema è quello di trave semplicemente appoggiata per il dimensionamento della sezione in campata e di trave doppiamente incastrata per le sezioni di appoggio.

Peso del solaio:  $G_1 = 3.35 * 0.54 = 1.81$  kN/m

Carichi Permanenti:  $G_2 = 2.60 * 0.54 = 1.40$  kN/m

Carico Accidentale:  $Q_{1k} = 0.5 * 0.54 = 0.27$  kN/m

Carico Neve:  $Q_{2k} = 0.86 * 0.54 = 0.464$  kN/m

Carico Totale SLU combo 5:  $Q_{SLU} = 5.21$  kN/m

Carico Totale SLE rara:  $Q_{SLE\_rara} = 3.71$  kN/m

Carico Totale SLE frequente:  $Q_{SLE\_freq} = 3.30$  kN/m

Carico Totale SLE quasi permanente  $Q_{SLE\_qp} = 3.21$  kN/m

#### Sollecitazioni SLU

$M_{max}$  (in campata) =  $[5.21 * (4.00)^2] / 8 = 10.42$  kNm

$T_{max}$  (in appoggio) =  $5.21 * 4.00 / 2 = 10.42$  kN

$M_{min}$  (in appoggio) =  $[5.21 * (4.20)^2] / 12 = 6.95$  kNm

#### Sollecitazioni SLE rara

$M_{max}$  (in campata) =  $[3.71 * (4.00)^2] / 8 = 7.42$  kNm

$T_{max}$  (in appoggio) =  $3.71 * 4.00 / 2 = 7.42$  kN

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	61 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$M_{min}$  (in appoggio) =  $[3.71 \times (4.00)^2] / 12 = 4.95$  kNm

Sollecitazioni SLE frequente

$M_{max}$  (in campata) = 6.60 kNm

$M_{min}$  (in appoggio) = 4.40 kNm

$T_{max}$  (in appoggio) = 6.60 kN

Sollecitazioni SLE quasi permanente

$M_{max}$  (in campata) = 6.42 kNm

$M_{min}$  (in appoggio) = 4.28 kNm

$T_{max}$  (in appoggio) = 6.42 kN

Di seguito si riportano la verifiche del singolo travetto. La verifica a flessione è stata condotta mediante il software Sezioni CA (Geostru), per la sezione di appoggio e quella di campata.

### 10.3.1 Verifica a flessione

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME FILE SEZIONE: SOLAIO

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	158.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	79.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	323080	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	27.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	154.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	154.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	62 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-7.0	0.0
2	-7.0	16.0
3	-27.0	16.0
4	-27.0	20.0
5	27.0	20.0
6	27.0	16.0
7	7.0	16.0
8	7.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-3.0	4.0	16
2	3.0	4.0	16
3	-3.0	18.0	16
4	3.0	18.0	16
5	0.0	16.0	16

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	1042	0	1042	0
2	0	695	0	1042	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	63 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0	742	0
2	0	-495	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

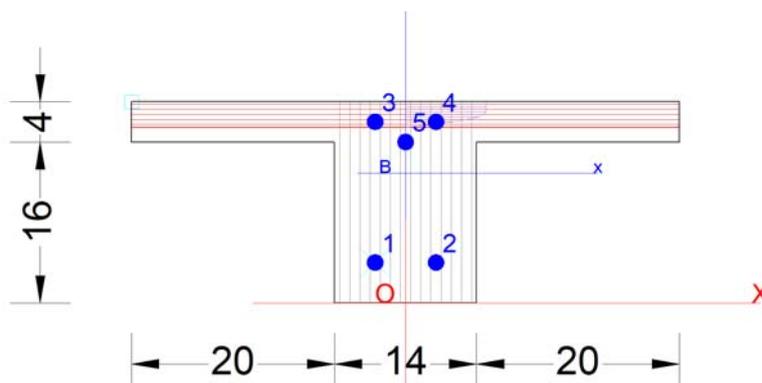
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0	660 (494)	0 (0)
2	0	-440 (-854)	0 (0)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0	642 (494)	0 (0)
2	0	-428 (-854)	0 (0)



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	1.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	0.4 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	64 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	1042	0	0	2525	0	2.42	6.0(0.4)
2	S	0	695	0	0	2525	0	3.63	6.0(0.4)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.158	-27.0	20.0	0.00074	-3.0	18.0	-0.01861	-3.0	4.0
2	0.00350	0.158	-27.0	20.0	0.00074	-3.0	18.0	-0.01861	-3.0	4.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.001382153	-0.024143066	0.158	0.700
2	0.000000000	0.001382153	-0.024143066	0.158	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	33.1	-27.0	20.0	-1284	3.0	4.0	70	4.0
2	S	37.8	-7.0	0.0	-623	3.0	18.0	112	4.0

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	65 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr <sub>max</sub>	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx <sub>fess.</sub>	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
My <sub>fess.</sub>	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	sr <sub>max</sub>	wk	Mx <sub>fess</sub>	My <sub>fess</sub>
1	S	-0.00086	0	0.500	16.0	32	0.00045 (0.00039)	156	0.070 (0.20)	494	0
2	S	-0.00038	0	0.500	16.0	12	0.00019 (0.00019)	117	0.022 (0.20)	-854	0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc <sub>max</sub>	Xc <sub>max</sub>	Yc <sub>max</sub>	Sf <sub>min</sub>	Xs <sub>min</sub>	Ys <sub>min</sub>	Ac <sub>eff.</sub>	As <sub>eff.</sub>
1	S	29.5	-27.0	20.0	-1142	3.0	4.0	70	4.0
2	S	33.6	-7.0	0.0	-554	3.0	18.0	112	4.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	sr <sub>max</sub>	wk	Mx <sub>fess</sub>	My <sub>fess</sub>
1	S	-0.00077	0	0.500	16.0	32	0.00038 (0.00034)	156	0.059 (0.20)	494	0
2	S	-0.00034	0	0.500	16.0	12	0.00017 (0.00017)	117	0.019 (0.20)	-854	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc <sub>max</sub>	Xc <sub>max</sub>	Yc <sub>max</sub>	Sf <sub>min</sub>	Xs <sub>min</sub>	Ys <sub>min</sub>	Ac <sub>eff.</sub>	As <sub>eff.</sub>
1	S	28.7	-27.0	20.0	-1111	3.0	4.0	70	4.0
2	S	32.7	-7.0	0.0	-539	3.0	18.0	112	4.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	sr <sub>max</sub>	wk	Mx <sub>fess</sub>	My <sub>fess</sub>
1	S	-0.00075	0	0.500	16.0	32	0.00043 (0.00033)	156	0.066 (0.20)	494	0
2	S	-0.00033	0	0.500	16.0	12	0.00016 (0.00016)	117	0.019 (0.20)	-854	0

**10.3.2 Verifica a taglio**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	66 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

<b>Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</b>		[4.1.2.1.3.1]
È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio $V_{Rd}$ di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.		
$V_{Rd} \geq V_{Ed}$		
$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		
Sollecitazioni Agenti:	$V_{Ed}$	<b>10.4</b> kN
	$N_{Ed}$	<b>0</b> kN
Calcestruzzo	<b>C30/37</b>	$R_{ck}$ <b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ck}$ <b>29.05</b> N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	<b>16.46</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	$\gamma_c$	<b>1.5</b>
Altezza sezione	$h$	<b>200</b> mm
Copriferro	$c$	<b>55</b> mm
Larghezza minima della sezione (in mm)	$b_w$	<b>140</b> mm
Altezza utile della sezione (in mm)	$d$	<b>145</b> mm
Area Calcestruzzo	$A_c$	<b>28000</b> mm <sup>2</sup>
Armatura longitudinale	$A_{sl}$	<b>401.92</b> mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$	<b>0.0198</b> ≤ 0.02 <b>ok</b>
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	<b>0.0000</b> ≤ 0.2 $f_{cd}$ <b>ok</b>
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	$k$	<b>2.00</b> ≤ 2 <b>ok</b>
$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{\min}$	<b>0.30</b>
	$V_{Rd}$	<b>18.81</b> kN
<b>Verifica:</b>	$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

### 10.3.3 Verifiche di deformabilità del solaio di copertura

Per travi e solai con luci non superiori a 10 m la verifica delle inflessioni è soddisfatta se il rapporto di snellezza  $\lambda=l/h$  tra luce e altezza rispetta la limitazione

$$\lambda \leq K \left[ 11 + \frac{0,0015 \cdot f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \cdot \left[ \frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} A_{s,calc}} \right]$$

dove  $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica a compressione del cls in MPa,  $\rho$  e  $\rho'$  sono i rapporti d'armatura tesa e compressa, rispettivamente,  $A_{s,eff}$  ed  $A_{s,calc}$  sono, rispettivamente, l'armatura tesa effettivamente presente nella

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	67 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

sezione più sollecitata e l'armatura di calcolo nella stessa sezione,  $f_{yk}$  è la tensione di snervamento caratteristica dell'armatura (in MPa) e  $K$  è un coefficiente correttivo, che dipende dallo schema strutturale, nel caso particolare si assume  $K=1$ .

Data la geometria del solaio e le armature inserite, si ottiene un valore limite pari a 30.66, da cui:

$$\lambda = l/h = 4.00/0.24 = 16.7 < 30.66$$

La verifica è soddisfatta.

#### 10.4 Travi 30x50

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle travi aventi sezione rettangolare di dimensioni 30x50 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto della combinazioni di carico più gravose.

Di seguito si riportano le tabelle delle sollecitazioni più gravose ottenute allo SLU (statico e sismico) e agli SLE (Rara, Frequente e Quasi Permanente).

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	<b>165.4</b>	28	3.5	SLU5
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-123.8	0.0	-0.3	0.0	<b>-207.2</b>	24	0.0	SLUV2
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	41.1	0.0	-1.2	<b>0.0</b>	1.0	17	3.8	SLUV2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	20.8	0.0	-16.1	<b>0.0</b>	-42.8	17	3.8	SLUV2
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-12.3	0.0	<b>16.1</b>	0.0	11.2	32	0.0	SLUV2
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-32.6	0.0	<b>-16.1</b>	0.0	-21.1	17	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-12.3	<b>0.0</b>	-1.2	0.0	11.2	17	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-32.6	<b>0.0</b>	-16.1	0.0	-21.1	17	0.0	SLUV2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>155.0</b>	0.0	0.0	0.0	-145.3	85	6.9	SLU5
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-157.9</b>	0.0	0.0	0.0	-155.2	85	0.0	SLU5
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-29.4	0.0	-13.0	0.0	-6.8	17	0.0	SLU1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-29.4	0.0	-13.0	0.0	-6.8	17	0.0	SLU1

FABBRICATI E PIAZZALI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	68 di 114

FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0	<b>118.8</b>	28	3.5	SLr3
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-113.2	0.0	0.0	0.0	<b>-111.1</b>	85	0.0	SLr3
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	28.3	0.0	0.1	<b>0.0</b>	-18.5	21	4.0	SLr2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	30.8	0.0	-7.9	<b>0.0</b>	-20.5	17	3.8	SLr10
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-22.4	0.0	<b>10.9</b>	0.0	-4.9	32	0.0	SLr3
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-22.6	0.0	<b>-9.9</b>	0.0	-5.2	17	0.0	SLr3
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-22.7	<b>0.0</b>	-8.9	0.0	-5.3	17	0.0	SLr2
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-28.7	<b>0.0</b>	0.1	0.0	-19.5	21	0.0	SLr2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>111.3</b>	0.0	0.0	0.0	-104.6	85	6.9	SLr3
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-113.2</b>	0.0	0.0	0.0	-111.1	85	0.0	SLr3
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-22.6	0.0	-9.8	0.0	-5.2	17	0.0	SLr1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-22.6	0.0	-9.8	0.0	-5.2	17	0.0	SLr1

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>105.0</b>	28	3.5	SLf1
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-99.0	0.0	0.0	0.0	<b>-94.9</b>	85	0.0	SLf1
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	28.4	0.0	0.1	<b>0.0</b>	-18.9	21	4.0	SLf2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	30.9	0.0	-8.4	<b>0.0</b>	-20.9	17	3.8	SLf6
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-22.5	0.0	<b>8.9</b>	0.0	-5.0	32	0.0	SLf1
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-22.5	0.0	<b>-8.9</b>	0.0	-5.0	17	0.0	SLf1
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-22.5	<b>0.0</b>	-8.6	0.0	-5.0	17	0.0	SLf2
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-28.6	<b>0.0</b>	0.1	0.0	-19.1	21	0.0	SLf2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>99.0</b>	0.0	0.0	0.0	-94.9	85	6.9	SLf1
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-99.0</b>	0.0	0.0	0.0	-94.9	85	0.0	SLf1
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-22.5	0.0	-8.9	0.0	-5.0	17	0.0	SLf1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-22.5	0.0	-8.9	0.0	-5.0	17	0.0	SLf1

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	69 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>102.5</b>	28	3.5	SLqp1
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-96.6	0.0	0.0	0.0	<b>-92.6</b>	85	0.0	SLqp1
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	-87.6	0.0	0.0	<b>0.0</b>	-82.6	24	0.0	SLqp1
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	87.6	0.0	0.0	<b>0.0</b>	-82.6	24	6.9	SLqp1
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-22.5	0.0	<b>8.7</b>	0.0	-5.0	32	0.0	SLqp1
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-22.5	0.0	<b>-8.7</b>	0.0	-5.0	17	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-87.6	<b>0.0</b>	0.0	0.0	-82.6	24	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-22.5	<b>0.0</b>	-8.7	0.0	-5.0	17	0.0	SLqp1
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>96.6</b>	0.0	0.0	0.0	-92.6	85	6.9	SLqp1
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-96.6</b>	0.0	0.0	0.0	-92.6	85	0.0	SLqp1
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-22.5	0.0	-8.7	0.0	-5.0	17	0.0	SLqp1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-22.5	0.0	-8.7	0.0	-5.0	17	0.0	SLqp1

#### 10.4.1 Verifica a flessione

Si riportano di seguito le verifiche a flessione, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)).

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle travi:

Armatura superiore 4  $\Phi$  20

Armatura inferiore 4  $\Phi$  20

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2  $\Phi$  12 come ferri di parete.

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software RC-Sec considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: T30X50

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	70 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	50.0
3	15.0	50.0
4	15.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-10.7	4.3	20
2	-10.7	45.7	20
3	10.7	4.3	20
4	10.7	45.7	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	71 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

N°Barre                                      Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 $\emptyset$     Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	$\emptyset$
1	1	2	1	12
2	1	3	2	20
3	3	4	1	12
4	2	4	2	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N    Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx    Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My    Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy    Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx    Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	16542	0	-59	0
2	0	-20716	0	-12376	0
3	0	97	0	4111	0
4	0	-4281	0	2083	0
5	0	1117	0	-1232	0
6	0	-2109	0	-3260	0
7	0	1117	0	-1232	0
8	0	-2109	0	-3260	0
9	0	-14528	0	15500	0
10	0	-15517	0	-15786	0
11	0	-678	0	-2942	0
12	0	-678	0	-2942	0

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N    Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx    Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My    Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	11879	0
2	0	-11115	0
3	0	-1854	0
4	0	-2053	0
5	0	-485	0
6	0	-518	0
7	0	-528	0
8	0	-1946	0
9	0	-10455	0
10	0	-11115	0
11	0	-518	0
12	0	-518	0

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	72 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	10501 (5499)	0 (0)
2	0	-9495 (-5499)	0 (0)
3	0	-1885 (-5499)	0 (0)
4	0	-2085 (-5499)	0 (0)
5	0	-497 (-5499)	0 (0)
6	0	-497 (-5499)	0 (0)
7	0	-502 (-5499)	0 (0)
8	0	-1914 (-5499)	0 (0)
9	0	-9495 (-5499)	0 (0)
10	0	-9495 (-5499)	0 (0)
11	0	-497 (-5499)	0 (0)
12	0	-497 (-5499)	0 (0)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	10245 (5499)	0 (0)
2	0	-9262 (-5499)	0 (0)
3	0	-8256 (-5499)	0 (0)
4	0	-8256 (-5499)	0 (0)
5	0	-496 (-5499)	0 (0)
6	0	-496 (-5499)	0 (0)
7	0	-8256 (-5499)	0 (0)
8	0	-496 (-5499)	0 (0)
9	0	-9262 (-5499)	0 (0)
10	0	-9262 (-5499)	0 (0)
11	0	-496 (-5499)	0 (0)
12	0	-496 (-5499)	0 (0)
13	0	-382 (-5499)	0 (0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	73 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	16542	0	0	22611	0	1.37	14.8(2.3)
2	S	0	-20716	0	0	-22611	0	1.09	14.8(2.3)
3	S	0	97	0	0	22611	0	233.10	14.8(2.3)
4	S	0	-4281	0	0	-22611	0	5.28	14.8(2.3)
5	S	0	1117	0	0	22611	0	20.24	14.8(2.3)
6	S	0	-2109	0	0	-22611	0	10.72	14.8(2.3)
7	S	0	1117	0	0	22611	0	20.24	14.8(2.3)
8	S	0	-2109	0	0	-22611	0	10.72	14.8(2.3)
9	S	0	-14528	0	0	-22611	0	1.56	14.8(2.3)
10	S	0	-15517	0	0	-22611	0	1.46	14.8(2.3)
11	S	0	-678	0	0	-22611	0	33.35	14.8(2.3)
12	S	0	-678	0	0	-22611	0	33.35	14.8(2.3)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.145	-15.0	50.0	0.00122	-10.7	45.7	-0.02070	-10.7	4.3
2	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
3	0.00350	0.145	-15.0	50.0	0.00122	-10.7	45.7	-0.02070	-10.7	4.3
4	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
5	0.00350	0.145	-15.0	50.0	0.00122	-10.7	45.7	-0.02070	-10.7	4.3
6	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
7	0.00350	0.145	-15.0	50.0	0.00122	-10.7	45.7	-0.02070	-10.7	4.3
8	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
9	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
10	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
11	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7
12	0.00350	0.145	-15.0	0.0	0.00122	-10.7	4.3	-0.02070	-10.7	45.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000529644	-0.022982199	0.145	0.700
2	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	74 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

3	0.000000000	0.000529644	-0.022982199	0.145	0.700
4	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
5	0.000000000	0.000529644	-0.022982199	0.145	0.700
6	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
7	0.000000000	0.000529644	-0.022982199	0.145	0.700
8	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
9	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
10	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
11	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700
12	0.000000000	-0.000529644	0.003500000	0.145	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	79.8	-15.0	50.0	-2257	3.6	4.3	323	12.6
2	S	74.7	-15.0	0.0	-2112	3.6	45.7	315	12.6
3	S	12.5	15.0	0.0	-352	3.6	45.7	315	12.6
4	S	13.8	-15.0	0.0	-390	3.6	45.7	315	12.6
5	S	3.3	-15.0	0.0	-92	3.6	45.7	315	12.6
6	S	3.5	-15.0	0.0	-98	3.6	45.7	315	12.6
7	S	3.5	15.0	0.0	-100	-10.7	45.7	315	12.6
8	S	13.1	-15.0	0.0	-370	-3.6	45.7	315	12.6
9	S	70.2	-15.0	0.0	-1986	3.6	45.7	315	12.6
10	S	74.7	-15.0	0.0	-2112	3.6	45.7	315	12.6
11	S	3.5	-15.0	0.0	-98	3.6	45.7	315	12.6
12	S	3.5	-15.0	0.0	-98	3.6	45.7	315	12.6

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00129	0	0.500	20.0	33	0.00085 (0.00068)	200	0.170 (0.20)	5499	0
2	S	-0.00121	0	0.500	20.0	33	0.00078 (0.00063)	197	0.155 (0.20)	-5499	0
3	S	-0.00020	0	0.500	20.0	33	0.00011 (0.00011)	197	0.021 (0.20)	-5499	0

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	75 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

4	S	-0.00022	0	0.500	20.0	33	0.00012 (0.00012)	197	0.023 (0.20)	-5499	0
5	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.005 (0.20)	-5499	0
6	S	-0.00006	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
7	S	-0.00006	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
8	S	-0.00021	0	0.500	20.0	33	0.00011 (0.00011)	197	0.022 (0.20)	-5499	0
9	S	-0.00114	0	0.500	20.0	33	0.00072 (0.00060)	197	0.143 (0.20)	-5499	0
10	S	-0.00121	0	0.500	20.0	33	0.00078 (0.00063)	197	0.155 (0.20)	-5499	0
11	S	-0.00006	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
12	S	-0.00006	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	70.6	-15.0	50.0	-1995	3.6	4.3	315	12.6
2	S	63.8	-15.0	0.0	-1804	3.6	45.7	315	12.6
3	S	12.7	-15.0	0.0	-358	3.6	45.7	315	12.6
4	S	14.0	-15.0	0.0	-396	3.6	45.7	315	12.6
5	S	3.3	-15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
6	S	3.3	-15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
7	S	3.4	15.0	0.0	-95	3.6	45.7	315	12.6
8	S	12.9	-15.0	0.0	-364	3.6	45.7	315	12.6
9	S	63.8	-15.0	0.0	-1804	3.6	45.7	315	12.6
10	S	63.8	-15.0	0.0	-1804	3.6	45.7	315	12.6
11	S	3.3	-15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
12	S	3.3	-15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00114	0	0.500	20.0	33	0.00073 (0.00060)	197	0.143 (0.20)	5499	0
2	S	-0.00103	0	0.500	20.0	33	0.00063 (0.00054)	197	0.125 (0.20)	-5499	0
3	S	-0.00020	0	0.500	20.0	33	0.00011 (0.00011)	197	0.021 (0.20)	-5499	0
4	S	-0.00023	0	0.500	20.0	33	0.00012 (0.00012)	197	0.023 (0.20)	-5499	0
5	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
6	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
7	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
8	S	-0.00021	0	0.500	20.0	33	0.00011 (0.00011)	197	0.022 (0.20)	-5499	0
9	S	-0.00103	0	0.500	20.0	33	0.00063 (0.00054)	197	0.125 (0.20)	-5499	0
10	S	-0.00103	0	0.500	20.0	33	0.00063 (0.00054)	197	0.125 (0.20)	-5499	0
11	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
12	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	68.8	-15.0	50.0	-1946	10.7	4.3	329	12.6
2	S	62.2	15.0	0.0	-1760	3.6	45.7	315	12.6
3	S	55.5	15.0	0.0	-1568	3.6	45.7	315	12.6
4	S	55.5	15.0	0.0	-1568	3.6	45.7	315	12.6
5	S	3.3	15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
6	S	3.3	15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
7	S	55.5	15.0	0.0	-1568	3.6	45.7	315	12.6
8	S	3.3	15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
9	S	62.2	15.0	0.0	-1760	3.6	45.7	315	12.6
10	S	62.2	15.0	0.0	-1760	3.6	45.7	315	12.6
11	S	3.3	15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	76 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

12	S	3.3	15.0	0.0	-94	3.6	45.7	315	12.6
13	S	2.6	15.0	0.0	-73	3.6	45.7	315	12.6

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00111	0	0.500	20.0	33	0.00079 (0.00058)	201	0.158 (0.20)	5499	0
2	S	-0.00101	0	0.500	20.0	33	0.00070 (0.00053)	197	0.138 (0.20)	-5499	0
3	S	-0.00090	0	0.500	20.0	33	0.00060 (0.00047)	197	0.119 (0.20)	-5499	0
4	S	-0.00090	0	0.500	20.0	33	0.00060 (0.00047)	197	0.119 (0.20)	-5499	0
5	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
6	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
7	S	-0.00090	0	0.500	20.0	33	0.00060 (0.00047)	197	0.119 (0.20)	-5499	0
8	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
9	S	-0.00101	0	0.500	20.0	33	0.00070 (0.00053)	197	0.138 (0.20)	-5499	0
10	S	-0.00101	0	0.500	20.0	33	0.00070 (0.00053)	197	0.138 (0.20)	-5499	0
11	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
12	S	-0.00005	0	0.500	20.0	33	0.00003 (0.00003)	197	0.006 (0.20)	-5499	0
13	S	-0.00004	0	0.500	20.0	33	0.00002 (0.00002)	197	0.004 (0.20)	-5499	0

**10.4.2 Verifica a taglio**

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.3.5.1):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	77 di 114

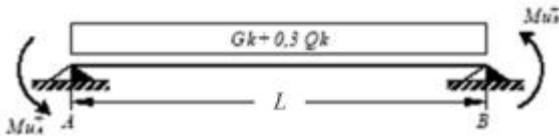
**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

- 1° Schema:

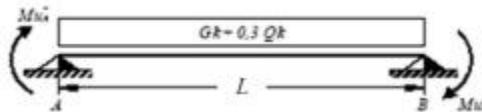


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

- 2° Schema:



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

Base	0.30	m	$M_{uA}^{(+)}$ (kNm)	$M_{uB}^{(-)}$ (kNm)	$M_{uA}^{(-)}$ (kNm)	$M_{uB}^{(+)}$ (kNm)
------	------	---	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	78 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Altezza	0.50	m
L <sub>trave</sub>	6.90	m
L <sub>influenza</sub>	4.08	m
Peso proprio trave	3.75	kN/m
Carico solaio	3.35	kN/m <sup>2</sup>
Carico perm.	2.60	kN/m <sup>2</sup>
G <sub>k</sub>	24.25	kN/m
Y <sub>o</sub>	0.30	[-]
Q <sub>k</sub>	0.50	kN/m
Y <sub>Rd</sub>	1.00	[-]

226.1	226.1	226.1	226.1
-------	-------	-------	-------

1° Schema		2° Schema	
V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)	V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)
149.7	-18.6	149.7	-18.6

V <sub>2 (output)</sub> =	157.9	kN
V <sub>Ed</sub> =	157.90	kN

Si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo:

$$V_{Ed-max} = 157.9 \text{ kN}$$

Si adotteranno nelle zone d'appoggio, per un tratto pari ad 100 cm dal filo esterno del pilastro, staffe  $\Phi 10 / 10\text{cm}$ , per il rispetto dei limiti normativi, mentre nelle zone centrali di campata staffe  $\Phi 10 / 15 \text{ cm}$ .

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	79 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

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 di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>157.08 mm<sup>2</sup></b>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	8.23 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	252.81 kN
		$V_{Rcd}$	507.80 kN
		$V_{Rd}$	252.81 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

**10.5 Pilastri (60x30)**

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pilastri aventi sezione rettangolare di dimensioni 30x60 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto delle combinazioni di carico più gravose.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	80 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Preliminarmente alla verifica di resistenza dei pilastri allo SLU è necessario valutare la stabilità degli elementi snelli. Tali verifiche devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi. In via approssimativa gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza  $\lambda$  non supera il valore limite (4.1.2.3.9.2-NTC2018):

$$\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{\nu}}$$

dove:

$$\nu = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) \quad \text{è l'azione assiale adimensionale;}$$

E' stata valutata la snellezza  $\lambda$  del pilastro:

$$\lambda = L_0 / i = 3850 / 173.21 = 22.23$$

dove:

$$L_0 = \beta L = 3,85 \text{ m} \quad \text{lunghezza di libera inflessione}$$

$$\beta = 1 \quad \text{coefficiente di vincolo per asta incastrata al piede}$$

$$L = 3.85 \text{ m} \quad \text{luce netta del pilastro}$$

$$i = (I/A)^{0.5} = [(h^3 \cdot b) / (12 \cdot b \cdot h)]^{0.5} = [600^3 \cdot 300 / (12 \cdot 600 \cdot 300)]^{0.5} = 173.21 \text{ mm raggio giratore d'inerzia (asse debole).}$$

Si riporta di seguito il confronto tra snellezza di calcolo dei pilastri e snellezza limite, facendo riferimento alla combinazione di carico più gravosa sul pilastro più caricato dallo sforzo assiale massimo.

N            276200    N            SLU

Ac            180000    mmq

fcd            15.87     Mpa

$\nu$             0.096688

**$\lambda$  lim       80.40**

L<sub>0</sub>           3.85      m

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	81 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

i            173.21    mm  
 b            1  
 L            3.85        m  
 λ            **22.23**

La verifica risulta soddisfatta

### 10.5.1 Verifica a flessione

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni ottenute agli SLU statico e simico ed agli SLE (rara, frequente e quasi permanente).

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-136.4	5.0	24.2	1.9	48.8	<b>112.0</b>	3	4.6	SLUV2
<b>M3</b>	<b>min</b>	-167.1	-5.0	-23.9	-1.9	-49.4	<b>-112.0</b>	11	4.6	SLUV2
<b>M2</b>	<b>max</b>	-92.1	5.8	110.7	1.9	<b>285.9</b>	15.2	9	0.0	SLUV2
<b>M2</b>	<b>min</b>	-169.5	-9.0	-110.7	-1.9	<b>-285.9</b>	-20.2	1	0.0	SLUV2
<b>T</b>	<b>max</b>	-92.1	5.8	51.9	<b>1.9</b>	197.9	15.2	1	0.0	SLUV2
<b>T</b>	<b>min</b>	-169.5	-9.0	-110.7	<b>-1.9</b>	-285.9	-20.2	1	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>max</b>	-92.1	5.8	<b>110.7</b>	1.9	285.9	15.2	9	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>min</b>	-169.5	-9.0	<b>-110.7</b>	-1.9	-285.9	-20.2	1	0.0	SLUV2
<b>V2</b>	<b>max</b>	-154.4	<b>44.9</b>	23.2	1.9	60.4	96.0	10	0.0	SLUV2
<b>V2</b>	<b>min</b>	-191.5	<b>-44.9</b>	-23.9	-1.9	-61.3	-96.0	2	0.0	SLUV2
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-71.4</b>	5.8	51.9	1.9	223.3	21.4	1	4.6	SLUV2
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-276.2</b>	-0.6	54.8	-0.1	85.8	-0.8	86	0.0	SLU5

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	82 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-167.1	-25.0	0.3	0.0	-0.6	<b>70.3</b>	5	4.6	SLr3
<b>M3</b>	<b>min</b>	-167.9	22.9	-0.2	0.0	0.4	<b>-73.1</b>	12	4.6	SLr3
<b>M2</b>	<b>max</b>	-166.5	-0.1	-36.4	0.0	<b>109.3</b>	0.3	8	4.6	SLr3
<b>M2</b>	<b>min</b>	-168.8	0.0	38.0	0.0	<b>-117.6</b>	-0.1	16	4.6	SLr3
<b>T</b>	<b>max</b>	-135.9	-1.7	-25.6	<b>0.0</b>	-33.1	-2.7	1	0.0	SLr1
<b>T</b>	<b>min</b>	-132.8	-1.8	-20.7	<b>-0.1</b>	-22.2	-2.8	1	0.0	SLr2
<b>V3</b>	<b>max</b>	-185.1	0.1	<b>43.0</b>	-0.1	69.6	0.2	16	0.0	SLr2
<b>V3</b>	<b>min</b>	-166.5	-0.1	<b>-36.4</b>	0.0	109.3	0.3	8	4.6	SLr3
<b>V2</b>	<b>max</b>	-183.7	<b>27.4</b>	-0.3	-0.1	-0.9	41.9	12	0.0	SLr2
<b>V2</b>	<b>min</b>	-161.6	<b>-25.1</b>	0.5	-0.1	-1.0	66.2	5	4.6	SLr2
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-108.0</b>	-1.7	-24.6	-0.1	80.8	5.3	1	4.6	SLr10
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-197.1</b>	-0.4	39.0	0.0	60.8	-0.6	86	0.0	SLr3

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-154.4	-20.5	0.1	0.0	-0.1	<b>62.9</b>	5	4.6	SLf1
<b>M3</b>	<b>min</b>	-154.4	20.5	0.1	0.0	-0.1	<b>-62.9</b>	13	4.6	SLf1
<b>M2</b>	<b>max</b>	-154.6	0.0	-32.2	0.0	<b>100.0</b>	0.1	8	4.6	SLf1
<b>M2</b>	<b>min</b>	-154.6	0.0	32.2	0.0	<b>-100.0</b>	0.1	16	4.6	SLf1
<b>T</b>	<b>max</b>	-130.8	-1.6	-29.4	<b>0.0</b>	-44.0	-2.5	1	0.0	SLf3
<b>T</b>	<b>min</b>	-130.6	-1.6	-27.4	<b>0.0</b>	-39.3	-2.5	1	0.0	SLf2
<b>V3</b>	<b>max</b>	-174.2	0.0	<b>33.4</b>	0.0	50.9	0.0	16	0.0	SLf2
<b>V3</b>	<b>min</b>	-175.3	0.0	<b>-32.2</b>	0.0	-48.2	-0.1	8	0.0	SLf1
<b>V2</b>	<b>max</b>	-173.8	<b>21.2</b>	0.0	0.0	0.0	32.3	12	0.0	SLf2
<b>V2</b>	<b>min</b>	-152.8	<b>-20.7</b>	0.1	0.0	-0.3	61.6	5	4.6	SLf2
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-109.1</b>	-1.6	-28.2	0.0	88.5	5.0	1	4.6	SLf6
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-182.9</b>	-0.5	-30.5	0.0	-45.6	-0.8	83	0.0	SLf1

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	83 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-152.0	-20.0	0.1	0.0	-0.1	<b>61.4</b>	5	4.6	SLqp1
<b>M3</b>	<b>min</b>	-152.0	20.0	0.1	0.0	-0.1	<b>-61.4</b>	13	4.6	SLqp1
<b>M2</b>	<b>max</b>	-152.3	0.0	-31.4	0.0	<b>97.6</b>	0.1	8	4.6	SLqp1
<b>M2</b>	<b>min</b>	-152.3	0.0	31.4	0.0	<b>-97.6</b>	0.1	16	4.6	SLqp1
<b>T</b>	<b>max</b>	-130.8	-1.6	-29.4	<b>0.0</b>	-44.0	-2.5	1	0.0	SLqp1
<b>T</b>	<b>min</b>	-130.8	-1.6	-29.4	<b>0.0</b>	-44.0	-2.5	1	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>max</b>	-173.0	0.0	<b>31.4</b>	0.0	47.0	-0.1	16	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>min</b>	-173.0	0.0	<b>-31.4</b>	0.0	-47.0	-0.1	8	0.0	SLqp1
<b>V2</b>	<b>max</b>	-172.7	<b>20.0</b>	0.1	0.0	0.2	30.4	13	0.0	SLqp1
<b>V2</b>	<b>min</b>	-172.7	<b>-20.0</b>	0.1	0.0	0.2	-30.4	5	0.0	SLqp1
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-110.1</b>	-1.6	-29.4	0.0	91.2	5.0	1	4.6	SLqp1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-180.5</b>	-0.5	-29.7	0.0	-44.5	-0.8	83	0.0	SLqp1

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale del pilastro:

1) Lato corto:

Armatura superiore 3  $\Phi$  20

Armatura inferiore 3  $\Phi$  20

2) Lato lungo:

Armatura superiore 2  $\Phi$  16

Armatura inferiore 2  $\Phi$  16

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di incastro e di campata sono state condotte con il supporto del software RC-Sec considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.  
 NOME FILE SEZIONE: PILASTRO 30X60**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe:

C30/37

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	84 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	60.0
3	15.0	60.0
4	15.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-10.7	4.3	20
2	-10.7	55.7	20
3	10.7	4.3	20
4	10.7	55.7	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	2	16
2	1	3	1	20

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	85 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

3	3	4	2	16
4	2	4	1	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	13641	4877	11203	2418	499
2	16710	-4940	-11203	-2393	-499
3	9207	28586	1521	11068	579
4	16954	-28586	-2018	-11068	-903
5	9207	19794	1521	5191	579
6	16954	-28586	-2018	-11068	-903
7	9207	28586	1521	11068	579
8	16954	-28586	-2018	-11068	-903
9	15440	6042	9595	2323	4489
10	19147	-6126	-9595	-2389	-4489
11	7137	22328	2136	5191	579
12	27618	8580	-85	5483	-60

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	16706	-63	7029
2	16793	38	-7312
3	16653	10934	28
4	16881	-11757	-8
5	13590	-3308	-269
6	13276	-2219	-280
7	18509	6957	23
8	16653	10934	28
9	18374	-86	4193
10	16162	-96	6624
11	10801	8078	525
12	19708	6083	-59

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	86 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	15441	-14 (-8)	6292 (3767)
2	15441	-14 (-8)	-6292 (-3767)
3	15463	10000 (8566)	10 (9)
4	15463	-10000 (-8566)	10 (9)
5	13080	-4396 (-8991)	-249 (-508)
6	13063	-3929 (-9235)	-255 (-599)
7	17420	5093 (11466)	-2 (-4)
8	17533	-4818 (-11880)	-8 (-19)
9	17378	-4 (-6)	3233 (4554)
10	15276	-31 (-19)	6159 (3767)
11	10913	8849 (7218)	502 (409)
12	18289	-4557 (-12045)	-78 (-206)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

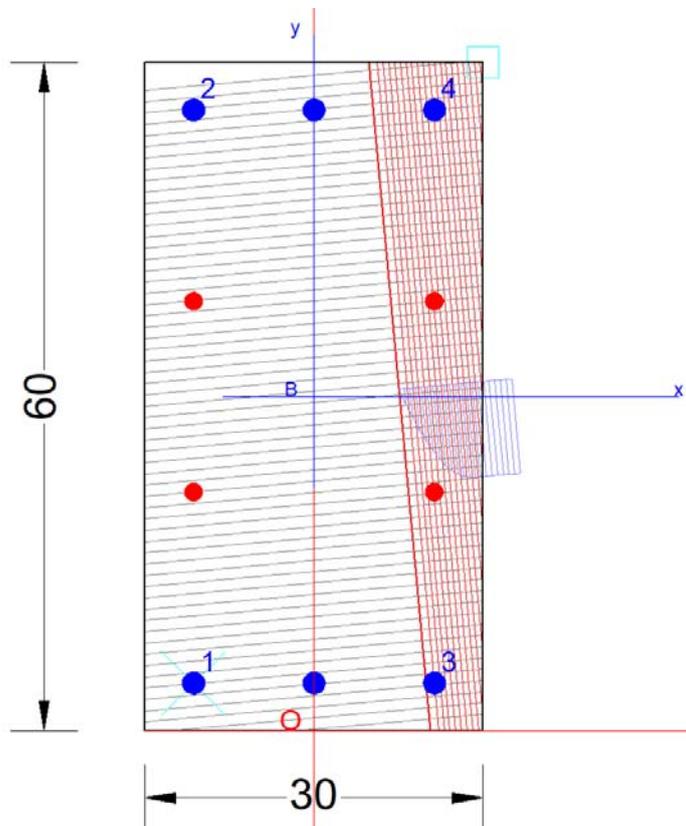
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	15203	-14 (-9)	6139 (3772)
2	15203	-14 (-9)	-6139 (-3772)
3	15226	9756 (8582)	10 (9)
4	15226	-9756 (-8582)	10 (9)
5	13080	-4396 (-8991)	-249 (-508)
6	13080	-4396 (-8991)	-249 (-508)
7	17295	4701 (11968)	-8 (-20)
8	17295	-4701 (-11968)	-8 (-20)
9	17273	18 (27)	3041 (4640)
10	17273	18 (27)	-3041 (-4640)
11	11011	9123 (7233)	496 (393)
12	18048	-4448 (-12126)	-78 (-214)
13	0	-382 (-7111)	0 (0)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	87 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**



## RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	13641	4877	11203	13656	5765	13292	1.19	26.9(5.4)
2	S	16710	-4940	-11203	16711	-5952	-13518	1.21	26.9(5.4)
3	S	9207	28586	1521	9207	28974	1417	1.01	26.9(5.4)
4	S	16954	-28586	-2018	16956	-29984	-2240	1.05	26.9(5.4)
5	S	9207	19794	1521	9222	28437	2268	1.44	26.9(5.4)
6	S	16954	-28586	-2018	16956	-29984	-2240	1.05	26.9(5.4)
7	S	9207	28586	1521	9207	28974	1417	1.01	26.9(5.4)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	88 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

8	S	16954	-28586	-2018	16956	-29984	-2240	1.05	26.9(5.4)
9	S	15440	6042	9595	15435	8260	12983	1.36	26.9(5.4)
10	S	19147	-6126	-9595	19141	-8391	-13257	1.38	26.9(5.4)
11	S	7137	22328	2136	7119	27720	2718	1.24	26.9(5.4)
12	S	27618	8580	-85	27615	32980	-306	3.84	26.9(5.4)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	15.0	60.0	0.00188	10.7	55.7	-0.00715	-10.7	4.3
2	0.00350	-15.0	0.0	0.00191	-10.7	4.3	-0.00694	10.7	55.7
3	0.00350	15.0	60.0	0.00228	10.7	55.7	-0.01077	-10.7	4.3
4	0.00350	-15.0	0.0	0.00241	-10.7	4.3	-0.00880	10.7	55.7
5	0.00350	15.0	60.0	0.00234	10.7	55.7	-0.00958	-10.7	4.3
6	0.00350	-15.0	0.0	0.00241	-10.7	4.3	-0.00880	10.7	55.7
7	0.00350	15.0	60.0	0.00228	10.7	55.7	-0.01077	-10.7	4.3
8	0.00350	-15.0	0.0	0.00241	-10.7	4.3	-0.00880	10.7	55.7
9	0.00350	15.0	60.0	0.00201	10.7	55.7	-0.00657	-10.7	4.3
10	0.00350	-15.0	0.0	0.00205	-10.7	4.3	-0.00633	10.7	55.7
11	0.00350	15.0	60.0	0.00234	10.7	55.7	-0.00923	-10.7	4.3
12	0.00350	-15.0	60.0	0.00243	-10.7	55.7	-0.00997	10.7	4.3

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c. nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000346506	0.000031375	-0.003580084	----	----
2	-0.000339026	-0.000031034	-0.001585387	----	----
3	0.000049781	0.000233297	-0.011244519	----	----
4	-0.000060928	-0.000192795	0.002586084	----	----
5	0.000065975	0.000204346	-0.009750403	----	----
6	-0.000060928	-0.000192795	0.002586084	----	----
7	0.000049781	0.000233297	-0.011244519	----	----
8	-0.000060928	-0.000192795	0.002586084	----	----
9	0.000307805	0.000038700	-0.003439054	----	----
10	-0.000299896	-0.000038112	-0.000998441	----	----
11	0.000075209	0.000193755	-0.009253450	----	----
12	-0.000011632	0.000236396	-0.010858264	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver

S = comb. verificata/ N = comb. non verificata

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	89 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	101.3	15.0	0.0	-2098	-10.7	55.7	390	10.3
2	S	105.1	-15.0	60.0	-2202	10.7	4.3	390	10.3
3	S	68.3	15.0	60.0	-1386	-10.7	4.3	330	9.4
4	S	72.8	-15.0	0.0	-1522	10.7	55.7	330	9.4
5	S	25.4	-15.0	0.0	-212	10.7	55.7	114	3.1
6	S	18.7	-15.0	0.0	-79	10.7	55.7	47	3.1
7	S	44.9	15.0	60.0	-628	-10.7	4.3	308	9.4
8	S	68.3	15.0	60.0	-1386	-10.7	4.3	330	9.4
9	S	61.5	15.0	0.0	-955	-10.7	55.7	341	10.3
10	S	95.8	15.0	0.0	-1965	-10.7	55.7	390	10.3
11	S	58.7	15.0	60.0	-1174	-10.7	4.3	289	9.4
12	S	40.3	-15.0	60.0	-455	10.7	4.3	269	9.4

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00135	0	0.500	18.2	33	0.00067 (0.00063)	229	0.153 (0.20)	-33	3737
2	S	-0.00142	0	0.500	18.2	33	0.00072 (0.00066)	229	0.165 (0.20)	19	-3727
3	S	-0.00079	0	0.500	20.0	33	0.00042 (0.00042)	231	0.096 (0.20)	8506	21
4	S	-0.00086	0	0.500	20.0	33	0.00046 (0.00046)	231	0.106 (0.20)	-8449	-5
5	S	-0.00013	0	0.500	20.0	33	0.00006 (0.00006)	236	0.015 (0.20)	-9897	-805
6	S	-0.00006	0	0.500	20.0	33	0.00002 (0.00002)	163	0.004 (0.20)	-11713	-1480
7	S	-0.00036	0	0.500	20.0	33	0.00019 (0.00019)	223	0.042 (0.20)	10002	33
8	S	-0.00079	0	0.500	20.0	33	0.00042 (0.00042)	231	0.096 (0.20)	8506	21
9	S	-0.00063	0	0.500	18.2	33	0.00029 (0.00029)	215	0.061 (0.20)	-87	4204
10	S	-0.00127	0	0.500	18.2	33	0.00060 (0.00059)	229	0.138 (0.20)	-54	3740
11	S	-0.00068	0	0.500	20.0	33	0.00035 (0.00035)	216	0.076 (0.20)	7171	466
12	S	-0.00027	0	0.500	20.0	33	0.00014 (0.00014)	209	0.029 (0.20)	10768	-104

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	90.4	15.0	0.0	-1856	-10.7	55.7	390	10.3

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	90 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

2	S	90.4	-15.0	0.0	-1856	10.7	55.7	390	10.3
3	S	62.3	15.0	60.0	-1257	-10.7	4.3	330	9.4
4	S	62.3	15.0	0.0	-1257	-10.7	55.7	330	9.4
5	S	32.0	-15.0	0.0	-395	10.7	55.7	220	9.4
6	S	29.1	-15.0	0.0	-320	10.7	55.7	187	6.3
7	S	33.2	-15.0	60.0	-349	10.7	4.3	270	9.4
8	S	31.6	-15.0	0.0	-304	10.7	55.7	255	9.4
9	S	47.1	15.0	0.0	-624	-10.7	55.7	330	10.3
10	S	88.7	15.0	0.0	-1813	-10.7	55.7	390	10.3
11	S	63.0	15.0	60.0	-1304	-10.7	4.3	304	9.4
12	S	31.1	-15.0	0.0	-257	10.7	55.7	216	9.4

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00120	0	0.500	18.2	33	0.00056 (0.00056)	229	0.128 (0.20)	-8	3767
2	S	-0.00120	0	0.500	18.2	33	0.00056 (0.00056)	229	0.128 (0.20)	-8	-3767
3	S	-0.00071	0	0.500	20.0	33	0.00038 (0.00038)	231	0.087 (0.20)	8566	9
4	S	-0.00071	0	0.500	20.0	33	0.00038 (0.00038)	231	0.087 (0.20)	-8566	9
5	S	-0.00024	0	0.500	20.0	33	0.00012 (0.00012)	191	0.023 (0.20)	-8991	-508
6	S	-0.00019	0	0.500	20.0	33	0.00010 (0.00010)	213	0.020 (0.20)	-9235	-599
7	S	-0.00021	0	0.500	20.0	33	0.00010 (0.00010)	210	0.022 (0.20)	11466	-4
8	S	-0.00018	0	0.500	20.0	33	0.00009 (0.00009)	204	0.019 (0.20)	-11880	-19
9	S	-0.00042	0	0.500	18.2	33	0.00019 (0.00019)	211	0.040 (0.20)	-6	4554
10	S	-0.00117	0	0.500	18.2	33	0.00054 (0.00054)	229	0.125 (0.20)	-19	3767
11	S	-0.00075	0	0.500	20.0	33	0.00039 (0.00039)	222	0.087 (0.20)	7218	409
12	S	-0.00016	0	0.500	20.0	33	0.00008 (0.00008)	190	0.015 (0.20)	-12045	-206

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	88.2	15.0	0.0	-1806	-10.7	55.7	390	10.3
2	S	88.2	-15.0	0.0	-1806	10.7	55.7	390	10.3
3	S	60.8	15.0	60.0	-1222	-10.7	4.3	330	9.4
4	S	60.8	15.0	0.0	-1222	-10.7	55.7	330	9.4
5	S	32.0	-15.0	0.0	-395	10.7	55.7	220	9.4
6	S	32.0	-15.0	0.0	-395	10.7	55.7	220	9.4
7	S	30.9	-15.0	60.0	-292	10.7	4.3	255	9.4
8	S	30.9	-15.0	0.0	-292	10.7	55.7	255	9.4
9	S	44.4	15.0	60.0	-558	-10.7	4.3	330	10.3
10	S	44.4	-15.0	60.0	-558	10.7	4.3	330	10.3
11	S	64.5	15.0	60.0	-1349	-10.7	4.3	308	9.4
12	S	30.4	-15.0	0.0	-247	10.7	55.7	213	9.4
13	S	2.2	-15.0	0.0	-69	0.0	55.7	315	9.4

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00116	0	0.500	18.2	33	0.00065 (0.00054)	229	0.149 (0.20)	-9	3772
2	S	-0.00116	0	0.500	18.2	33	0.00065 (0.00054)	229	0.149 (0.20)	-9	-3772
3	S	-0.00069	0	0.500	20.0	33	0.00037 (0.00037)	231	0.086 (0.20)	8582	9
4	S	-0.00069	0	0.500	20.0	33	0.00037 (0.00037)	231	0.086 (0.20)	-8582	9
5	S	-0.00024	0	0.500	20.0	33	0.00012 (0.00012)	191	0.023 (0.20)	-8991	-508
6	S	-0.00024	0	0.500	20.0	33	0.00012 (0.00012)	191	0.023 (0.20)	-8991	-508
7	S	-0.00018	0	0.500	20.0	33	0.00009 (0.00009)	204	0.018 (0.20)	11968	-20
8	S	-0.00018	0	0.500	20.0	33	0.00009 (0.00009)	204	0.018 (0.20)	-11968	-20

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	91 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

9	S	-0.00038	0	0.500	18.2	33	0.00017 (0.00017)	211	0.035 (0.20)	27	4640
10	S	-0.00038	0	0.500	18.2	33	0.00017 (0.00017)	211	0.035 (0.20)	27	-4640
11	S	-0.00077	0	0.500	20.0	33	0.00045 (0.00040)	223	0.100 (0.20)	7233	393
12	S	-0.00015	0	0.500	20.0	33	0.00007 (0.00007)	189	0.014 (0.20)	-12126	-214
13	S	-0.00004	0	0.500	20.0	33	0.00002 (0.00002)	226	0.005 (0.20)	-7111	0

### 10.5.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici o fragili dovuti al taglio, per quanto concerne la verifica a taglio del pilastro si utilizza il valore massimo tra il taglio di calcolo dedotto dall'output del modello di calcolo ( $V_{d,max-X} = 38.2$  kN centrale;  $V_{d,max-Y} = 48.5$  kN spigolo) e quello che si ottiene dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore  $M_{sC,Rd}$  ed inferiore  $M_{iC,Rd}$  secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{sC,Rd} + M_{iC,Rd}}{l_p}$$

dove:

$$\gamma_{Rd} = 1.10 \text{ per strutture in CD''B''};$$

Taglio massimo agente lungo Y

$$M_{sC,Rd} = M_{iC,Rd} = 299.8 \text{ kNm}$$

$$l_p = 3.85 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 171.34 \text{ kN lungo l'asse Y}$$

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000, si procede alla verifica di resistenza considerando il predetto valore del taglio massimo.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	92 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

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 di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>235.62 mm<sup>2</sup></b>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	8.23 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	213.25 kN
		$V_{Rcd}$	571.14 kN
		$V_{Rd}$	213.25 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

Si adotteranno staffe  $\Phi 10 / 10$  cm a 3 bracci alle estremità superiore e inferiore (lunghezza 1 m) del pilastro e staffe  $\Phi 10 / 15$  cm per la zona centrale del pilastro, rispettando ampiamente le prescrizioni relative ai dettagli costruttivi degli elementi in c.a. proposti dalle NTC-2018 al punto 4.1.6.

Taglio massimo agente lungo X

$$M^s_{C,Rd} = M^i_{C,Rd} = 135.2 \text{ kNm}$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	93 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
 $l_p = 3,85 \text{ m}$ 
 $V_{Ed} = 77.25 \text{ kN lungo l'asse Y}$ 

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000, si procede alla verifica di resistenza considerando il predetto valore del taglio massimo.

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

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 di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) / (1 + ctg^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>235.62 mm<sup>2</sup></b>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		$s$	<b>200 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	8.23 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	106.63 kN
		$V_{Rcd}$	571.14 kN
		$V_{Rd}$	106.63 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	94 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Si adoteranno staffe  $\Phi 10 / 20$  cm a 3 bracci rispettando ampiamente le prescrizioni relative ai dettagli costruttivi degli elementi in c.a. proposti dalle NTC-2008 al punto 4.1.6.

### 10.6 Verifica degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (SLO)

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente non operativa.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori a:

$$d_r \leq 2 * 0,01h / 3 = 0.026 \text{ m} = 25.66 \text{ mm}$$

Si riporta di seguito la tabella degli spostamenti calcolati in testa ai pilastri nelle combinazioni SLO, in cui si osserva che lo spostamento massimo è pari a 8.23 mm, pertanto la verifica è soddisfatta.

<b>TABLE: Joint Displacements</b>			
<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>
Text	Text	mm	mm
17	SLO1	3.729	2.495
17	SLO1	-3.738	-2.495
17	SLO2	1.747	8.232
17	SLO2	-1.756	-8.232
18	SLO1	3.729	2.283
18	SLO1	-3.738	-2.283
18	SLO2	1.747	7.54
18	SLO2	-1.756	-7.54
19	SLO1	3.729	2.062
19	SLO1	-3.738	-2.062
19	SLO2	1.747	6.816
19	SLO2	-1.756	-6.816
20	SLO1	3.729	1.846
20	SLO1	-3.738	-1.846
20	SLO2	1.747	6.114
20	SLO2	-1.756	-6.114
21	SLO1	3.729	1.64
21	SLO1	-3.738	-1.64
21	SLO2	1.747	5.439

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	95 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

21	SLO2	-1.756	-5.439
22	SLO1	3.729	1.445
22	SLO1	-3.738	-1.445
22	SLO2	1.747	4.805
22	SLO2	-1.756	-4.805
23	SLO1	3.729	1.271
23	SLO1	-3.738	-1.271
23	SLO2	1.747	4.232
23	SLO2	-1.756	-4.232
24	SLO1	3.729	1.132
24	SLO1	-3.738	-1.132
24	SLO2	1.747	3.754
24	SLO2	-1.756	-3.754
25	SLO1	3.729	2.495
25	SLO1	-3.738	-2.495
25	SLO2	1.747	8.232
25	SLO2	-1.756	-8.232
26	SLO1	3.729	2.283
26	SLO1	-3.738	-2.283
26	SLO2	1.747	7.54
26	SLO2	-1.756	-7.54
27	SLO1	3.729	2.062
27	SLO1	-3.738	-2.062
27	SLO2	1.747	6.816
27	SLO2	-1.756	-6.816
28	SLO1	3.729	1.846
28	SLO1	-3.738	-1.846
28	SLO2	1.747	6.114
28	SLO2	-1.756	-6.114
29	SLO1	3.729	1.64
29	SLO1	-3.738	-1.64
29	SLO2	1.747	5.439
29	SLO2	-1.756	-5.439
30	SLO1	3.729	1.445
30	SLO1	-3.738	-1.445
30	SLO2	1.747	4.805
30	SLO2	-1.756	-4.805
31	SLO1	3.729	1.271
31	SLO1	-3.738	-1.271
31	SLO2	1.747	4.232

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	96 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

31	SLO2	-1.756	-4.232
32	SLO1	3.729	1.132
32	SLO1	-3.738	-1.132
32	SLO2	1.747	3.754
32	SLO2	-1.756	-3.754
42	SLO1	3.729	1.029
42	SLO1	-3.738	-1.029
42	SLO2	1.747	3.398
42	SLO2	-1.756	-3.398
43	SLO1	3.729	1.029
43	SLO1	-3.738	-1.029
43	SLO2	1.747	3.398
43	SLO2	-1.756	-3.398
46	SLO1	3.729	0.976
46	SLO1	-3.738	-0.976
46	SLO2	1.747	3.205
46	SLO2	-1.756	-3.205
47	SLO1	3.729	0.976
47	SLO1	-3.738	-0.976
47	SLO2	1.747	3.205
47	SLO2	-1.756	-3.205
54	SLO1	3.729	0.982
54	SLO1	-3.738	-0.982
54	SLO2	1.747	3.21
54	SLO2	-1.756	-3.21
55	SLO1	3.729	0.982
55	SLO1	-3.738	-0.982
55	SLO2	1.747	3.21
55	SLO2	-1.756	-3.21

## **11 FONDAZIONI**

### **11.1 Descrizione**

Le fondazioni dell'edificio sono di tipo diretto, costituite da un grigliato di travi rovesce. Le travi hanno sezione a "T" rovescia con rettangolo superiore 70x50 cm<sup>2</sup> e rettangolo inferiore 150x50 cm<sup>2</sup>. Al di sotto delle fondazioni è previsto uno strato di magrone di spessore 0.15 m debordante l'impronta delle fondazioni di 0.15 m.

Le verifiche di resistenza delle travi di fondazione sono state eseguite con riferimento alle travi rovesce perimetrali e di collegamento.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione. Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Le fondazioni superficiali sono verificate in condizioni sismiche e in condizioni statiche.

Il dimensionamento e la verifica delle strutture di fondazione sono stati eseguiti assumendo come azioni in fondazione, trasmesse dagli elementi sooprastanti, quelle derivanti dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando un comportamento strutturale non dissipativo, secondo quanto prescritto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC 2018.

In condizioni statiche utilizzando le sollecitazioni non amplificate della combinazione non sismica SLU.

Inoltre sono state eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni relative allo SLE.

Nei paragrafi seguenti vengono riportate le sollecitazioni massime e minime e le verifiche per le travi di fondazione.

### **11.2 Travi di fondazione**

Seguono tabelle delle sollecitazioni ottenute per le travi di fondazione nelle combinazioni statiche sismiche e agli stati limite.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	98 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	-2.6	0.0	0.1	0.0	<b>578.7</b>	64	3.5	SLU21
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-246.7	-0.2	-25.7	-0.8	<b>-226.8</b>	60	0.0	SLUV2
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	-37.5	0.5	24.9	<b>1.1</b>	40.2	39	0.0	SLUV2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	-91.0	-0.5	-65.6	<b>-1.1</b>	-49.6	39	0.0	SLUV2
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-51.5	0.5	<b>65.6</b>	0.8	24.6	59	0.0	SLUV2
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-91.0	-0.5	<b>-65.6</b>	-1.1	-49.6	39	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-37.5	<b>0.5</b>	24.9	1.1	40.2	39	0.0	SLUV2
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-91.0	<b>-0.5</b>	-65.6	-1.1	-49.6	39	0.0	SLUV2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>372.1</b>	0.0	0.3	0.0	-117.1	69	6.9	SLU5
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-380.6</b>	0.0	0.3	0.0	-146.5	69	0.0	SLU5
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-86.4	0.0	-22.9	0.0	-9.1	39	0.0	SLU1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-86.4	0.0	-22.9	0.0	-9.1	39	0.0	SLU1

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	-1.8	0.0	0.0	0.0	<b>404.6</b>	64	3.5	SLr11
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-266.4	0.0	0.2	0.0	<b>-102.5</b>	69	0.0	SLr3
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	62.9	0.0	24.2	<b>0.0</b>	-2.0	59	3.8	SLr2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	-66.7	0.0	-16.6	<b>0.0</b>	-7.8	39	0.0	SLr2
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-77.2	0.0	<b>27.5</b>	0.0	-26.1	59	0.0	SLr11
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-67.5	0.0	<b>-23.0</b>	0.0	-7.1	39	0.0	SLr11
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-230.6	<b>0.0</b>	-1.1	0.0	-61.5	61	0.0	SLr1
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-66.7	<b>0.0</b>	-16.6	0.0	-7.8	39	0.0	SLr2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>260.7</b>	0.0	0.2	0.0	-82.9	69	6.9	SLr3
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-266.4</b>	0.0	0.2	0.0	-102.5	69	0.0	SLr3
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-66.2	0.0	-18.0	0.0	-6.7	39	0.0	SLr1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-66.2	0.0	-18.0	0.0	-6.7	39	0.0	SLr1

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	99 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	<b>361.3</b>	64	3.5	SLf6
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-236.4	0.0	0.1	0.0	<b>-84.2</b>	69	0.0	SLf2
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	63.9	0.0	21.1	<b>0.0</b>	-4.1	59	3.8	SLf2
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	-64.7	0.0	-19.6	<b>0.0</b>	-5.3	39	0.0	SLf2
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-78.6	0.0	<b>21.2</b>	0.0	-31.8	59	0.0	SLf6
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-64.3	0.0	<b>-20.4</b>	0.0	-4.7	39	0.0	SLf3
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-228.5	<b>0.0</b>	0.0	0.0	-51.0	61	0.0	SLf3
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-64.7	<b>0.0</b>	-19.6	0.0	-5.3	39	0.0	SLf2
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>235.4</b>	0.0	0.0	0.0	-81.8	69	6.9	SLf1
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-236.4</b>	0.0	0.1	0.0	-84.2	69	0.0	SLf2
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-64.4	0.0	-20.3	0.0	-4.7	39	0.0	SLf1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-64.4	0.0	-20.3	0.0	-4.7	39	0.0	SLf1

		P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Distance	OutputCase
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>360.8</b>	64	3.5	SLqp1
<b>M3</b>	<b>min</b>	0.0	-235.4	0.0	0.0	0.0	<b>-80.9</b>	69	0.0	SLqp1
<b>M2</b>	<b>max</b>	0.0	64.3	0.0	20.4	<b>0.0</b>	-4.7	59	3.8	SLqp1
<b>M2</b>	<b>min</b>	0.0	-64.3	0.0	-20.4	<b>0.0</b>	-4.7	39	0.0	SLqp1
<b>T</b>	<b>max</b>	0.0	-78.2	0.0	<b>20.4</b>	0.0	-30.9	59	0.0	SLqp1
<b>T</b>	<b>min</b>	0.0	-64.3	0.0	<b>-20.4</b>	0.0	-4.7	39	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>max</b>	0.0	-228.5	<b>0.0</b>	0.0	0.0	-51.0	61	0.0	SLqp1
<b>V3</b>	<b>min</b>	0.0	-64.3	<b>0.0</b>	-20.4	0.0	-4.7	39	0.0	SLqp1
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.0	<b>235.4</b>	0.0	0.0	0.0	-80.9	69	6.9	SLqp1
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.0	<b>-235.4</b>	0.0	0.0	0.0	-80.9	69	0.0	SLqp1
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.0</b>	-64.3	0.0	-20.4	0.0	-4.7	39	0.0	SLqp1
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.0</b>	-64.3	0.0	-20.4	0.0	-4.7	39	0.0	SLqp1

### 11.2.1 Verifica a flessione

Essendo la combinazione peggiore non sismica, le sollecitazioni in fondazione non vengono amplificate secondo quanto riportato al paragrafo 7.2.5 (NTC2018).

Le verifiche vengono condotte a favore di sicurezza considerando l'armatura minima presente sia all'intradosso che all'estradosso della trave.

[DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.](#)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	100 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
**NOME FILE SEZIONE: Trave\_fond\_150x100**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.50	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-75.0	0.0
2	-75.0	50.0
3	-35.0	50.0
4	-35.0	100.0
5	35.0	100.0
6	35.0	50.0
7	75.0	50.0
8	75.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	101 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

1	-70.7	4.3	20
2	-70.7	45.7	20
3	-30.7	45.7	20
4	-30.7	95.7	20
5	30.7	95.7	20
6	30.7	45.7	20
7	70.7	45.7	20
8	70.7	4.3	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	8	5	20
2	4	5	3	20
3	3	4	1	20
4	6	5	1	20

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	57873	0	-263	-1
2	0	-22681	-83	-24674	-24
3	0	4024	111	-3750	52
4	0	-4958	-111	-9100	-52
5	0	2457	84	-5147	52
6	0	-4958	-111	-9100	-52
7	0	4024	111	-3750	52
8	0	-4958	-111	-9100	-52
9	0	-11706	2	37210	0
10	0	-14648	-2	-38062	0
11	0	-911	-4	-8641	-2
12	0	-911	-4	-8641	-2

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	102 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	40459	0
2	0	-10254	-1
3	0	-200	5
4	0	-776	-5
5	0	-2611	-2
6	0	-713	-3
7	0	-6149	-1
8	0	-776	-5
9	0	-8293	1
10	0	-10254	-1
11	0	-669	-3
12	0	-669	-3

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	36128 (59774)	0 (0)
2	0	-8423 (-42043)	0 (0)
3	0	-411 (-42009)	1 (102)
4	0	-527 (-42017)	-1 (-80)
5	0	-3185 (-42039)	-1 (-13)
6	0	-467 (-42043)	0 (0)
7	0	-5103 (-42043)	0 (0)
8	0	-527 (-42017)	-1 (-80)
9	0	-8176 (-42043)	0 (0)
10	0	-8423 (-42043)	0 (0)
11	0	-472 (-42043)	0 (0)
12	0	-472 (-42043)	0 (0)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

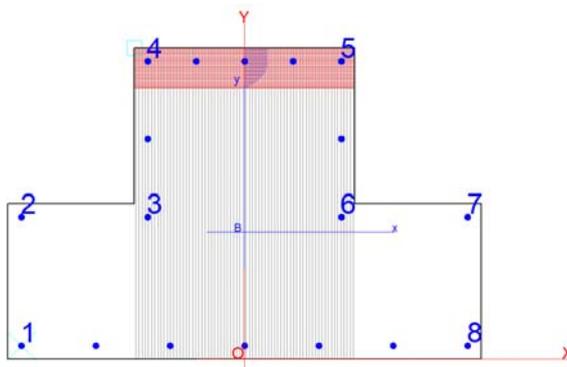
N°Comb.	N	Mx	My
1	0	36075 (59774)	0 (0)
2	0	-8089 (-42043)	0 (0)
3	0	-467 (-42043)	0 (0)
4	0	-467 (-42043)	0 (0)
5	0	-3086 (-42043)	0 (0)
6	0	-467 (-42043)	0 (0)
7	0	-5103 (-42043)	0 (0)
8	0	-467 (-42043)	0 (0)
9	0	-8089 (-42043)	0 (0)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	103 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

10	0	-8089 (-42043)	0 (0)
11	0	-467 (-42043)	0 (0)
12	0	-467 (-42043)	0 (0)



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	13.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.9 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	57873	0	0	112526	0	1.94	40.8(16.7)
2	S	0	-22681	-83	0	-103528	-684	4.56	34.6(15.5)
3	S	0	4024	111	0	111493	3040	27.71	40.8(16.9)
4	S	0	-4958	-111	0	-103324	-2550	20.84	34.6(15.5)
5	S	0	2457	84	0	111130	4074	45.23	40.8(17.0)
6	S	0	-4958	-111	0	-103324	-2550	20.84	34.6(15.5)
7	S	0	4024	111	0	111493	3040	27.71	40.8(16.9)
8	S	0	-4958	-111	0	-103324	-2550	20.84	34.6(15.5)
9	S	0	-11706	2	0	-103528	98	8.84	34.6(15.4)
10	S	0	-14648	-2	0	-103525	-78	7.07	34.6(15.4)
11	S	0	-911	-4	0	-103526	-404	113.64	34.6(15.5)
12	S	0	-911	-4	0	-103526	-404	113.64	34.6(15.5)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	104 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	-35.0	100.0	0.00233	-30.7	95.7	-0.02247	-70.7	4.3
2	0.00350	0.063	-75.0	0.0	0.00101	-70.7	4.3	-0.05188	30.7	95.7
3	0.00350	0.152	35.0	100.0	0.00247	30.7	95.7	-0.01945	-70.7	4.3
4	0.00350	0.064	-75.0	0.0	0.00106	-70.7	4.3	-0.05092	30.7	95.7
5	0.00350	0.158	35.0	100.0	0.00251	30.7	95.7	-0.01862	-70.7	4.3
6	0.00350	0.064	-75.0	0.0	0.00106	-70.7	4.3	-0.05092	30.7	95.7
7	0.00350	0.152	35.0	100.0	0.00247	30.7	95.7	-0.01945	-70.7	4.3
8	0.00350	0.064	-75.0	0.0	0.00106	-70.7	4.3	-0.05092	30.7	95.7
9	0.00350	0.063	75.0	0.0	0.00099	70.7	4.3	-0.05231	-30.7	95.7
10	0.00350	0.063	-75.0	0.0	0.00099	-70.7	4.3	-0.05232	30.7	95.7
11	0.00350	0.063	-75.0	0.0	0.00100	-70.7	4.3	-0.05208	30.7	95.7
12	0.00350	0.063	-75.0	0.0	0.00100	-70.7	4.3	-0.05208	30.7	95.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000271353	-0.023635302	0.135	0.700
2	-0.000000696	-0.000577869	0.003447772	0.063	0.700
3	0.000012882	0.000225635	-0.019514324	0.152	0.700
4	-0.000001212	-0.000567290	0.003409130	0.064	0.700
5	0.000015729	0.000213776	-0.018428139	0.158	0.700
6	-0.000001212	-0.000567290	0.003409130	0.064	0.700
7	0.000012882	0.000225635	-0.019514324	0.152	0.700
8	-0.000001212	-0.000567290	0.003409130	0.064	0.700
9	0.000000100	-0.000583015	0.003492529	0.063	0.700
10	-0.000000080	-0.000583210	0.003494028	0.063	0.700
11	-0.000000412	-0.000580341	0.003469132	0.063	0.700
12	-0.000000412	-0.000580341	0.003469132	0.063	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	25.0	-35.0	100.0	-236	-70.7	4.3	----	----
2	S	4.5	-75.0	0.0	-88	30.7	95.7	----	----
3	S	0.1	75.0	0.0	-2	-30.7	95.7	----	----
4	S	0.3	-75.0	0.0	-7	30.7	95.7	----	----
5	S	1.1	-75.0	0.0	-22	30.7	95.7	----	----

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	105 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

6	S	0.3	-75.0	0.0	-6	30.7	95.7	----	----
7	S	2.7	-75.0	0.0	-53	30.7	95.7	----	----
8	S	0.3	-75.0	0.0	-7	30.7	95.7	----	----
9	S	3.6	75.0	0.0	-71	-30.7	95.7	----	----
10	S	4.5	-75.0	0.0	-88	30.7	95.7	----	----
11	S	0.3	-75.0	0.0	-6	30.7	95.7	----	----
12	S	0.3	-75.0	0.0	-6	30.7	95.7	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	22.3	-35.0	100.0	-211	-70.7	4.3	----	----
2	S	3.7	-75.0	0.0	-72	15.4	95.7	----	----
3	S	0.2	75.0	0.0	-4	-30.7	95.7	----	----
4	S	0.2	-75.0	0.0	-5	30.7	95.7	----	----
5	S	1.4	-75.0	0.0	-27	30.7	95.7	----	----
6	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
7	S	2.2	-75.0	0.0	-44	15.4	95.7	----	----
8	S	0.2	-75.0	0.0	-5	30.7	95.7	----	----
9	S	3.6	-75.0	0.0	-70	15.4	95.7	----	----
10	S	3.7	-75.0	0.0	-72	15.4	95.7	----	----
11	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
12	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera  $f_{ctm}$  in almeno una combinazione

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area  $A_{c\ eff}$

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 =  $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  [eq.(7.13)EC2]

k3 = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	59774	0
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42009	102
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42017	-80
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42039	-13
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
7	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42017	-80
9	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
11	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	-42043	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	106 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	22.3	-35.0	100.0	-211	-70.7	4.3	----	----
2	S	3.5	-75.0	0.0	-70	15.4	95.7	----	----
3	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
4	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
5	S	1.3	-75.0	0.0	-27	15.4	95.7	----	----
6	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
7	S	2.2	-75.0	0.0	-44	15.4	95.7	----	----
8	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
9	S	3.5	-75.0	0.0	-70	15.4	95.7	----	----
10	S	3.5	-75.0	0.0	-70	15.4	95.7	----	----
11	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----
12	S	0.2	-75.0	0.0	-4	15.4	95.7	----	----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	59774	0
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
7	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
8	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
9	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
11	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	-42043	0

**11.2.2 Verifica a taglio**

Per le verifiche a taglio si è considerato, a vantaggio di sicurezza, la sola parte di sezione rettangolare di dimensione 70 x 100 cm<sup>2</sup> armata a taglio con staffe  $\Phi 14 / 20$  cm a due braccia.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	107 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>380.6</b> kN
$N_{Ed}$	<b>0</b> kN

Calcestruzzo

**C25/30**

$R_{ck}$	<b>30</b> N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	24.9 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	14.11 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	<b>1000</b> mm
-----	----------------

Copriferro

$c$	<b>60</b> mm
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>700</b> mm
-------	---------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	940 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	700000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>1570</b> mm <sup>2</sup>
----------	-----------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0024 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.46 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.22
------------	------

$V_{Rd}$	208.97 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	108 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**
**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

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 di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) / (1 + ctg^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>307.88</b> mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>200</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	7.06 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	509.60 kN
		$V_{Rcd}$	2088.99 kN
		$V_{Rd}$	509.60 kN

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	109 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

### **11.3 Verifica di capacità portante**

La verifica a capacità portante è stata eseguita considerando lo sforzo assiale massimo agente sui pilastri. In particolare, dal programma di calcolo (SAP2000) è stato ottenuto uno sforzo assiale massimo pari a:  $P=276.2$  kN. Con questo valore è stata svolta la verifica: infatti si è considerata un'area di influenza di  $1.5 \times 1.5$  mq (l'incrocio delle travi è stato considerato come area di impronta).

La verifica a capacità portante risulta soddisfatta, così come viene di seguito riportato.

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	110 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

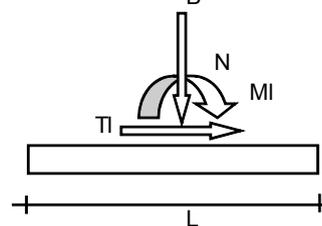
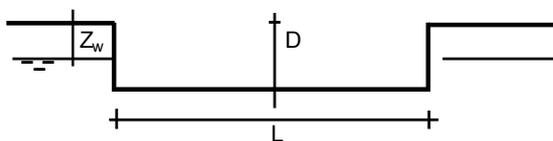
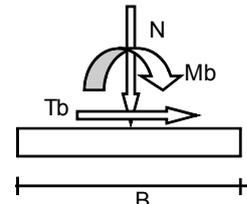
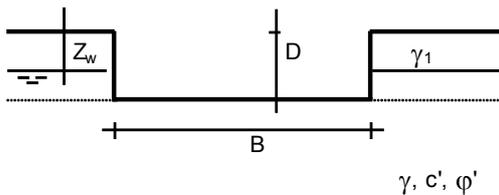
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

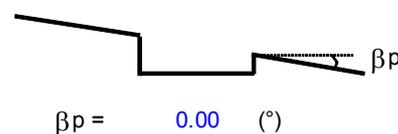
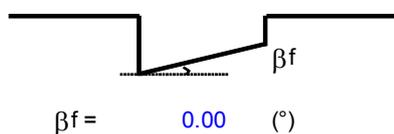
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	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	1.00
	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		1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.50 (m)  
L = 1.50 (m)  
D = 1.50 (m)



**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	111 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	276.20	0.00	276.20
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	0.00	0.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

*Peso unità di volume del terreno*

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 19.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 19.00 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 33.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Valori di progetto*

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 33.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 7.00 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.00 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 1.50 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 1.50 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 28.50 \quad (\text{kN/mq})$$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 26.09$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 38.64$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 35.19$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	112 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.68$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.65$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.60$$

**$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50 \quad \theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50 \quad m = 1.50 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 1.00$$

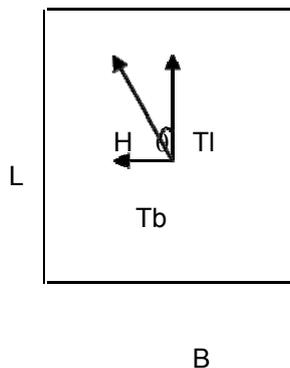
**$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.27$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$



**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	113 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

$$d_c = 1.28$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_y$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_y$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1857.71 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B * L^*$$

$$q = 122.76 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**FABBRICATI E PIAZZALI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL FA0100 001	A	114 di 114

**FABBRICATO TECNOLOGICO - Relazione di calcolo**

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 807.7 \geq q = 122.76 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**12 INCIDENZE**

Pilastrini 30 x 60: 190 kg/mc

Travi 30x50: 200 kg/mc

Fondazioni a T: 80 kg/mc