



RELAZIONE PRE-SISMICA EDIFICIO SCAMBIO

PROGETTO GEOTERMICO OSTELLATO

PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE – (PAUR)



Relazione Tecnica Generale

<i>Revisione</i>	<i>Documento</i>	<i>Data</i>	<i>Preparato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>
REV.00	M25025-CIV-0001	7 APR 2026	CELLI M.	TAMBINI G.	GIANNACE D.



INDICE DEI CONTENUTI

1	PREMESSA	3
2	SCOPO	3
3	DEFINIZIONI	4
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
4.1.	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	5
4.2.	DOCUMENTI DI PROGETTO	5
5	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO	6
6	CONDIZIONI D'USO E LIVELLI DI SICUREZZA DELLA COSTRUZIONE	7
6.1.	INQUADRAMENTO SISMICO	8
7	INDAGINI GEOLOGICHE	11
8	DESCRIZIONE STRUTTURALE	17
9	ANALISI DEI CARICHI	18
9.1.	NEVE	18
9.2.	VENTO	18
9.3.	IMPALCATI	19
10	RISULTATI ANALISI	20
11	RELAZIONE SUI MATERIALI	24
11.1.	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA.....	24
11.2.	VALORI DI CALCOLO	25

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	– Serre idroponiche della società FRI-EL GREEN HOUSE.....	6
Figura 2	- Individuazione del sito.....	6
Figura 3	- Parametri sismici di riferimento.....	7
Figura 4	– Area oggetto di indagini geologiche.....	11
Figura 5	– Modello 3D struttura edificio	17
Figura 6	- Deformazioni SLE capannone (cm)	20
Figura 7	- Deformazioni SLE-SLD dir X capannone (cm)	21
Figura 8	- Deformazioni SLE-SLD dir Y capannone (cm)	21
Figura 9	- Verifica rapporto N/M pilastri ok<1	22
Figura 10	- Verifica rapporto V/T pilastri ok<1	22
Figura 11	- Verifica di stabilità - ok<1	23
Figura 12	– Reazioni verticali pali di fondazione (daN)	23



1 PREMESSA

Rev. 00 Prima Emissione

2 SCOPO

La società FRI-EL Geo-Power, attiva nello sviluppo e nella realizzazione di impianti per la valorizzazione della risorsa geotermica, ha promosso un'iniziativa finalizzata alla realizzazione di un sistema di scambio termico a servizio delle serre idroponiche di proprietà del gruppo FRI-EL situati in località di San Giovanni di Ostellato, nel comune di Ostellato (FE), presso il sito di via delle Serre 1. L'iniziativa si inserisce nella strategia del gruppo volta a ridurre la dipendenza dalle fonti fossili per il riscaldamento invernale delle serre, sfruttando la risorsa geotermica disponibile nel territorio.

Il progetto di sfruttamento della risorsa geotermica prevede la perforazione di due tipologie di pozzi:

- due doppietti di pozzi profondi (circa 2.500 m), dai quali viene prelevato fluido geotermico a circa 70°C, costituendo la principale fonte di calore;
- un doppietto di pozzi superficiali (circa 300 m), utilizzati per l'accumulo stagionale di energia termica.

Il calore recuperato dai pozzi profondi durante l'estate viene trasferito ai pozzi superficiali tramite scambiatori a piastre, dove viene immagazzinato nel sottosuolo per essere riutilizzato nei mesi invernali. L'energia termica accumulata sarà distribuita agli impianti idroponici mediante la realizzazione di una rete di teleriscaldamento di distribuzione del calore.


Da un punto di vista energetico, l'intervento consente di:

- trasferire, durante la stagione invernale, il calore dai pozzi profondi al circuito di acqua di teleriscaldamento tramite scambiatori a piastre, con una potenza termica di circa 5,1 MW, per riscaldare gli impianti idroponici;
- accumulare, nella stagione estiva, energia termica nei pozzi superficiali, conservando il calore in eccesso per soddisfare i picchi di fabbisogno invernale;

Nell'ambito di tale iniziativa, la società FRI-EL Geo-Power ha affidato alla società MGF Ingegneria S.r.l. l'incarico per lo sviluppo della progettazione definitiva dell'impianto di scambio termico e delle relative opere impiantistiche, nonché delle reti di trasporto dei fluidi geotermici dai pozzi di prelievo a quelli di reiniezione e della rete di distribuzione del calore fino all'interfaccia con gli impianti idroponici.

L'impianto di scambio termico sarà realizzato all'interno di un edificio denominato Energy Building che sarà edificato in prossimità delle serre e dove saranno collocate le principali apparecchiature necessarie per la gestione, il trasferimento e la distribuzione dell'energia geotermica, inclusi scambiatori di calore, pompe, valvole e sistemi di controllo.

La presente relazione è inerente la sola realizzazione del un nuovo edificio in c.a. ad uso industriale di dimensioni 57x32,6 m, ne illustra la concezione strutturale dell'opera e le scelte ipotesi progettuali iniziali, come riportato nell'atto di indirizzo approvato con DGR 1373/2011 del 26/09/2011 all'allegato A par. A.1.

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>07 APRILE 2026</p>
---	-----------------------------------	-----------------------

3 DEFINIZIONI

Committente	<p>FRI-EL GEOPOWER S.r.l.</p> <p>Via Portici 27</p> <p>39100 Bolzano (BZ)</p>
Progettista:	<p>MGF Ingegneria S.r.l.</p> <p>Via Santa Barbara 146/A</p> <p>48034 – FUSIGNANO - ITALY</p> <p>Tel. +39 0545 51130 – Fax +39 0545 53002</p> <p>e-mail: info@mgfingegneria.it</p>
Sito:	<p>Centrale di scambio geotermico presso lo stabilimento FRI-EL Greenhouse in via delle Serre 1, 44020 - Ostellato (FE)</p>
Relazione	<p>Questo documento.</p>
Deve / Devono	<p>rappresenta un requisito assoluto, essenziale e non emendabile o derogabile.</p>
Dovrebbe / Dovrebbero	<p>rappresenta una raccomandazione da utilizzare nell'elenco di possibili alternative.</p>
Può / Possono	<p>rappresenta un requisito condizionale soggetto a verifica del raggiungimento dei requisiti minimi richiesti.</p>



4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione delle opere strutturali relative all'edificio prefabbricato impianto geotermico a servizio delle serre di Ostellato è stata sviluppata in conformità alla normativa comunitaria, nazionale e regionale vigente alla data di redazione del presente progetto.

Di seguito è riportato un elenco indicativo, ma non esaustivo, delle principali leggi, direttive, regolamenti e norme tecniche di riferimento applicabili alle opere civili. Resta inteso che la progettazione e la successiva realizzazione dovranno risultare conformi a tutta la normativa cogente vigente al momento dell'esecuzione dei lavori e della messa in esercizio dell'impianto, anche se non espressamente richiamata nel presente documento.

4.1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

La progettazione delle opere strutturali dovrà rispettare, nella sua interezza o per le parti a cui sono applicabili, i requisiti e le prescrizioni contenute nelle seguenti leggi e direttive e regolamenti comunitari, comprese le relative leggi di recepimento ed integrazioni e/o modificazioni vigenti in Italia (ove presenti).

D.M. 17-01-2018	Norme tecniche per le costruzioni
Circ. 21-01-2019 n°7	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"
UNI EN 1992-1-1	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
UNI EN 1993-1	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio

4.2. DOCUMENTI DI PROGETTO

- **M25025-GEN-0206** Planimetria generale impianto
- **M25025-ARC-0201** Prospetti e sezioni edificio centrale termica
- **M25025-CIV-0204** Elaborati grafici Pre-sismica Edificio Scambio



Pagina 6



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
44.71606524	12.09931394			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
44.717815	12.100119			
Altitudine (mt) -2				
Classe dell'edificio				
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti. ▼				
Vita Nominale Struttura 50 ▼				
Periodo di Riferimento per l'azione sismica 50				
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T_c [s]
Operatività	30	0.036	2.537	0.252
Danno	50	0.043	2.527	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.115	2.586	0.282
Prevenzione Collasso	975	0.152	2.585	0.283

Figura 3 - Parametri sismici di riferimento

6 CONDIZIONI D'USO E LIVELLI DI SICUREZZA DELLA COSTRUZIONE

Il fabbricato è costituito da ambienti ad uso industriale. Nella definizione dei carichi d'esercizio (Tab. 3.1.II - DM 17-01-2018), si valuta l'opera di categoria E (industriale). Nelle combinazioni di calcolo si utilizzano i seguenti valori dei coefficienti di combinazione (Tab. 2.5.I - DM 17-01-18):


$$\psi_{0j} = 1 \quad \psi_{1j} = 0.9 \quad \psi_{2j} = 0.8$$

Per quanto riguarda la definizione dei carichi derivanti dall'azione della neve (Tab. 3.1.II - DM 17-01-2018), si applicano nelle combinazioni di calcolo i seguenti valori dei coefficienti di combinazione (Tab. 2.5.I - DM 17-01-2018):

$$\psi_{0j} = 0.5 \quad \psi_{1j} = 0.2 \quad \psi_{2j} = 0.0$$

Per quanto riguarda la definizione dei carichi derivanti dall'azione del vento (Tab. 3.1.II - DM 17-01-2018), si applicano nelle combinazioni di calcolo i seguenti valori dei coefficienti di combinazione (Tab. 2.5.I - DM 17-01-2018):

$$\psi_{0j} = 0.6 \quad \psi_{1j} = 0.2 \quad \psi_{2j} = 0.0$$

	RELAZIONE TECNICA GENERALE	07 APRILE 2026
---	----------------------------	----------------

L'azione sismica viene valutata in base ai seguenti parametri:

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	C	T1

Nelle verifiche agli stati limite svolte si distinguono:

- stato limite di esercizio SLD
- stato limite ultimo SLV

Per quanto riguarda i coefficienti parziali per le azioni o per effetto delle azioni nelle verifiche SLU (Tab. 2.6.I - DM 17-01-2018) si utilizza l'approccio 2, che impiega un'unica combinazione dei gruppi dei coefficienti parziali, riportati nella colonna A1.

6.1. INQUADRAMENTO SISMICO

L'area di insediamento si colloca nel Comune di Ostellato, in zona sismica di III categoria.

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

Allo stato attuale, la pericolosità sismica per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;
Fo: 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;

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s * S_t$ (3.2.3)



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2
- F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale
- T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.
- T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.
- T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	12.099	44.716	
16075	12.085	44.677	4.614
16076	12.155	44.677	6.210
15854	12.154	44.727	4.392
15853	12.083	44.727	1.764

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	30.1	0.035	2.537	0.252
SLD	63.0	50.3	0.043	2.529	0.280
SLV	10.0	474.6	0.115	2.586	0.282
SLC	5.0	974.8	0.151	2.586	0.283

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.035	1.500	2.537	0.644	0.139	0.417	1.742
SLD	0.043	1.500	2.529	0.710	0.149	0.447	1.773
SLV	0.115	1.500	2.586	1.181	0.150	0.450	2.058
SLC	0.151	1.466	2.586	1.356	0.150	0.451	2.204

Fattore di comportamento

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento q , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente.

Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

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

dove:



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

q_0 il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in (Tab. 7.3.II - DM 17-01-2018) in dipendenza della Classe di Duttività, della tipologia strutturale, del coefficiente λ di cui al (§ 7.9.2.1- DM 17-01-2018) e del rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_r è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel progetto in esame:

La costruzione, nuova, è caratterizzata da non regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").

Parametri fattore in direzione x e y

Sistema costruttivo: calcestruzzo prefabbricato

Tipologia strutturale: strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati

Valore base fattore $q_0 = 2.500$

Fattore di regolarità $K_R = 0.8$

Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R = 2.000$

Fattori di comportamento utilizzati

Dissipativi

q SLU x 2.000

q SLU y 2.000

q SLU z 1.500

7 INDAGINI GEOLOGICHE

Si riporta di seguito un estratto di alcune indagini geologiche effettuate nelle vicinanze dell'area interessata dalla nuova costruzione, utili per la caratterizzazione del sito.

Come si può notare dai dati sotto riportati, l'area presenta uno spessore variabile dello strato di copertura, caratterizzato da terreni coesivi organici.

Il sito è dunque caratterizzato da uno strato di copertura caratterizzato da argille limose organiche molli e poco consistenti, successivamente si rilevano sabbie moderatamente addensate.

Va posta comunque molta attenzione allo strato coesivo superficiale in quanto lo spessore è variabile e presenta scarse caratteristiche geotecniche e quindi forte attitudine a comprimersi.

Per quanto detto si rende necessario l'utilizzo di fondazioni tipo plinto su pali, con diametro e lunghezza da definire in fase esecutiva.

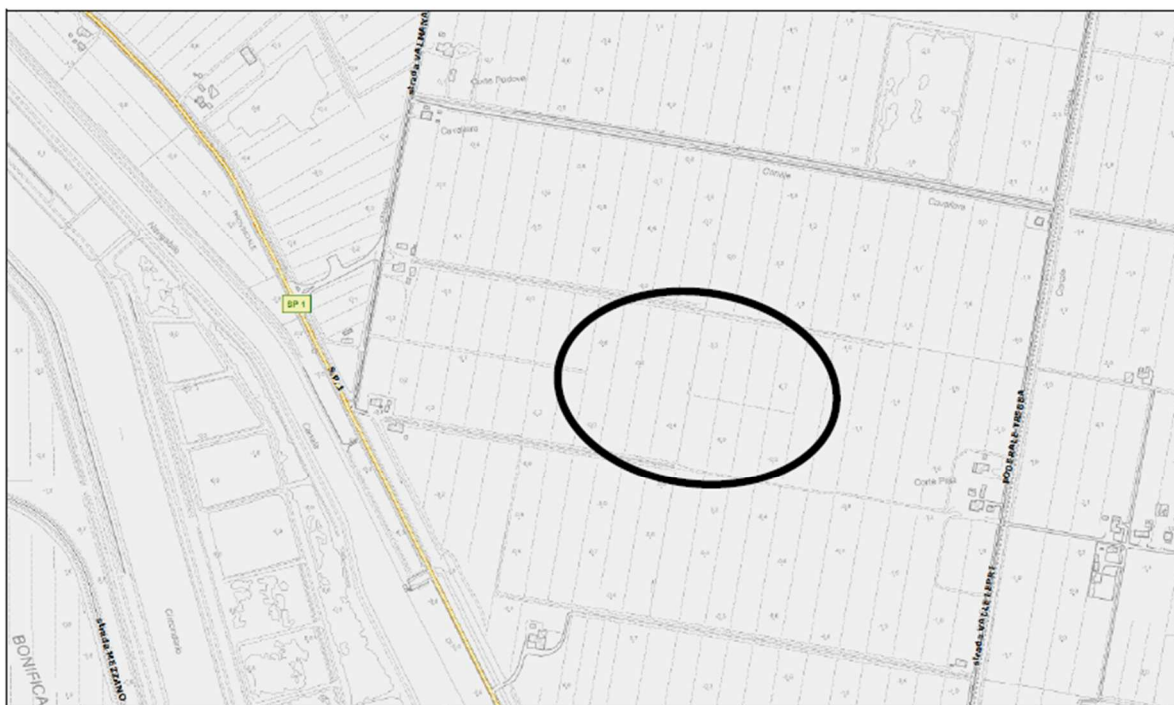
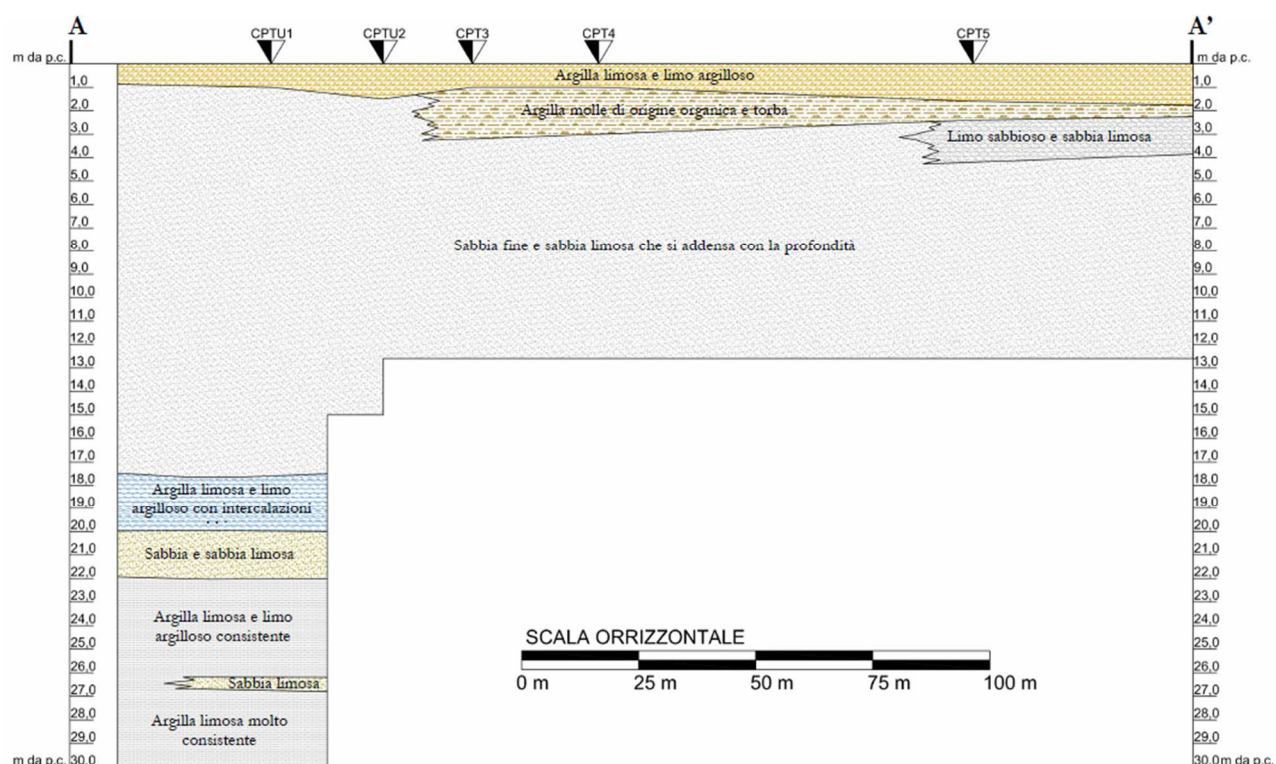


Figura 4 – Area oggetto di indagini geologiche

L'area in esame, nel territorio comunale di Ostellato, ricade in un'area geomorfologicamente complessa, dove ha avuto sede fino a circa un millennio fa, il corso del fiume Padoa-Eridano, antica diramazione principale di quello che è poi diventato l'attuale fiume Po.

Sul sito si rilevano depositi di canale distributore e di argine con strati decimetrici di sabbie da medie a fini, lateralmente intercalate a sabbie fini e limose. Allontanandosi dal paleoalveo del Padoa-Eridano prevalgono sedimenti distali, di bassa consistenza, con possibili livelli organici dovuti alla presenza in epoche recenti di bacini palustri.




Categoria di suolo

Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Dove:

- V_{s30} : velocità media ponderata delle onde di taglio "S",
- h_i : spessore dello strato i esimo,
- v_i : velocità delle onde di taglio "S" nello strato i esimo.

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>07 APRILE 2026</p>
---	-----------------------------------	-----------------------

Il valore di V_{s30} calcolato risulta: $V_{s30} = 212$ m/s e quindi la Categoria di suolo è C.
Tale valore verrà assunto con uno scarto di $\pm 10\%$, come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro.

$V_{s30} = 212$ m/s Categoria di suolo C

ACQUISIZIONE DATI CON PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

L'esecuzione delle prove penetrometriche è avvenuta con un Penetrometro Statico con punta elettrica e piezocono.

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati; le interpretazioni litologiche, in base alle valutazioni stratigrafiche fornite da Douglas-Olsen (1981), Robertson-Campanella (1983) e Olsen-Farr (1986). Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati della penetrometria statica sono riportate in tabella parametri geotecnici.

Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro q_c (Mpa), la resistenza laterale F_s (MPa), il peso di volume γ' (kN/m³), la coesione non drenata C_u (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati E_{u50} (MPa) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico M_o (Mpa).

Per i terreni di natura granulare vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro q_c (MPa), la resistenza laterale F_s (MPa), la densità relativa D_r (%), dell'angolo di attrito interno efficace ϕ' (°), i moduli di deformazione drenati E'_{25} (MPa) e del modulo di deformazione edometrico M_o (MPa).

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le 16 prove penetrometriche statiche di cui n. 5 con punta elettrica e piezocono CPTU, con rif. U32-16 e n. 11 con punta meccanica CPT con rif. 32-16:



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

CPT3 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,00	12,3	8,0	1,85	0,56	49,0	--	--	95,0	--
1,00 – 3,20	8,7	4,0	1,77	0,40	35,1	--	--	73,0	--
3,20 – 12,60	55,4	28,0	1,94	--	193,5	56,4	31°2	--	92,3

CPT4 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,00	14,8	9,0	1,85	0,65	57,0	--	--	110,0	--
1,00 – 3,00	6,3	3,0	1,77	0,30	26,4	--	--	68,1	--
3,00 – 11,60	52,7	32,0	1,93	--	184,5	56,6	31°	--	87,8
11,60 – 12,60	100,4	86,0	2,00	--	351,4	67,0	34°	--	167,2

CPT5 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,60	12,9	8,0	1,85	0,59	51,3	--	--	99,6	--
1,60 – 2,40	3,8	3,0	1,62	0,19	15,3	--	--	45,0	--
2,40 – 4,20	22,3	10,0	1,91	--	77,6	41,9	25°	--	37,0
4,20 – 12,60	44,4	22,0	1,92	--	155,4	48,2	30°3	--	74,0

CPT7 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,40	16,8	14,0	1,85	0,70	63,2	--	--	120,5	--
1,40 – 10,40	45,8	10,0	1,92	--	159,3	55,1	29°8	--	75,8
10,40 – 12,60	79,1	18,0	1,98	--	276,6	56,5	32°4	--	131,7

CPT8 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,60	19,9	10,0	1,85	0,53	48,0	--	--	90,0	--
1,60 – 10,00	49,4	21,0	1,94	--	172,5	57,2	30°7	--	82,3
10,00 – 12,60	86,3	44,0	1,98	--	302,1	61,4	32°2	--	143,8



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

CPT10 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,80	17,3	6,0	1,85	0,36	30,1	--	--	57,0	--
1,80 – 7,00	32,9	14,0	1,93	--	113,3	48,8	28°	--	54,0
7,00 – 9,20	52,7	26,0	1,94	--	184,5	52,8	30°9	--	87,8
9,20 – 12,80	116,2	68,0	2,03	--	406,8	73,1	34°5	--	193,8

CPT11 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,60	15,0	5,0	1,85	0,40	33,4	--	--	62,9	--
1,60 – 3,00	4,1	3,0	1,58	0,21	17,4	--	--	59,4	--
3,00 – 12,60	70,3	14,0	1,96	--	244,5	61,2	31°5	--	116,6

CPT12 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 1,60	11,6	5,0	1,85	0,54	44,9	--	--	87,0	--
1,60 – 3,00	4,9	3,0	1,66	0,24	20,0	--	--	56,3	--
3,00 – 11,00	72,3	28,0	1,96	--	253,2	67,2	32°2	--	120,6
11,00 – 12,60	48,1	18,0	1,95	--	160,6	36,4	26°8	--	76,5

CPT14 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 2,00	10,4	8,0	1,85	0,50	42,8	--	--	86,9	--
2,00 – 4,00	4,5	4,0	1,66	0,23	19,2	--	--	65,6	--
4,00 – 12,60	69,5	10,0	1,96	--	242,5	61,7	31°3	--	115,5

CPT15 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 2,00	9,8	7,0	1,88	0,48	40,3	--	--	81,7	--
2,00 – 4,00	4,4	4,0	1,56	0,22	15,9	--	--	39,5	--
4,00 – 12,60	77,2	10,0	1,97	--	296,1	66,5	31°9	--	128,2

CPT16 *rif. 32-16*

strato (m da p.c.)	Rp med. (kg/cm ²)	Rp min. (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu med. (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{mf}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,00 – 3,40	6,4	3,0	1,66	0,31	25,7	--	--	47,8	--
3,40 – 10,20	56,1	21,0	1,93	--	196,3	62,6	31°2	--	93,6
10,20 – 13,20	38,1	10,0	1,92	--	127,7	28,8	26°	--	60,7
13,20 – 14,60	18,7	7,0	1,91	0,50	46,4	--	--	248,9	--
14,60 – 15,60	134,8	62,0	2,05	--	471,6	71,6	35°2	--	225,0

Tabella 4.1 – Parametri geotecnici



RELAZIONE TECNICA GENERALE

07 APRILE 2026

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda in aprile 2016 all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con rif. U32-16. In Tabella 4.2 si riportano le letture dei livelli di falda rilevati nel sito in esame nei diversi giorni di indagine.

n. Prova	Prof. superficie della falda freatica (m da p.c.)	Data
CPTU1	1,50	12/04/2016
CPTU2	1,35	12/04/2016
CPT3	1,40	11/04/2016
CPT4	1,30	11/04/2016
CPT5	1,10	11/04/2016
CPTU6	1,10	13/04/2016
CPT7	1,40	11/04/2016
CPT8	1,55	11/04/2016
CPTU9	1,60	12/04/2016
CPT10	1,30	08/04/2016
CPT11	1,90	08/04/2016
CPT12	1,50	08/04/2016
CPTU13	0,90	12/04/2016
CPT14	1,20	11/04/2016
CPT15	1,10	11/04/2016
CPT16	0,90	08/04/2016

Tabella 4.2 – Profondità della superficie falda freatica

La falda freatica non va considerata come un qualcosa di statico, ma fortemente influenzato da tanti elementi, tra cui la quota topografica e l'andamento delle precipitazioni metereologiche. Solo un monitoraggio prolungato nei piezometri di controllo potrebbe descrivere le oscillazioni complete a cui la falda freatica può essere soggetta.

I fori dei sondaggi geognostici S, sono stati attrezzati di piezometro microfessurato, con tratto fessurato compreso tra -1,00 e -3,00 m da p.c. per tutti i 3 piezometri. Questo ci permette il monitoraggio continuo delle variazioni dei flussi di falda nel corso di un anno solare e durante la realizzazione della serra.

Con le indagini geognostiche non si indagano tutti i punti sotto il sedime dei fabbricati di progetto. Quindi, in fase di esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni, è bene che la direzione lavori verifichi la coerenza tra ciò che emerge nelle trincee di scavo con quanto rilevato e previsto nella relazione geologica.

8 DESCRIZIONE STRUTTURALE

L'intervento in oggetto, propone la realizzazione di un nuovo edificio industriale di dimensioni 57x32,6 m ed altezza massima pari a 10,00 m, caratterizzato da un solo piano fatta eccezione per una zona ristretta di 5x32 m, in cui è previsto un impalcato rigido in c.a. ad uso soppalco.

Le scelte progettuali adottate, hanno portato alla definizione di :

- strutture in elevazione a mensola in c.a. (pilastri) con fondazioni in c.a. tipo plinto su pali;
- copertura con travi principali in c.a. a "T" ed impalcato con tegoli in c.a.
- tamponamenti verticali in c.a.

Si ipotizzano preliminarmente pilastri di sezione tipo 70x70 cm, ancorati alla base da plinti su pali in c.a. del diametro di 75 cm. I plinti di fondazione si prevedono collegati tra loro, al fine anche di garantire l'appoggio alle strutture di pannellatura esterne.

Le strutture secondarie di copertura sono caratterizzate da tegoli TT prefabbricati, ancorati alle travi principali del fabbricato.

Il piano intermedio si prevede realizzato allo stesso modo con l'aggiunta di una soletta in c.a. di spessore minimo 5 cm.

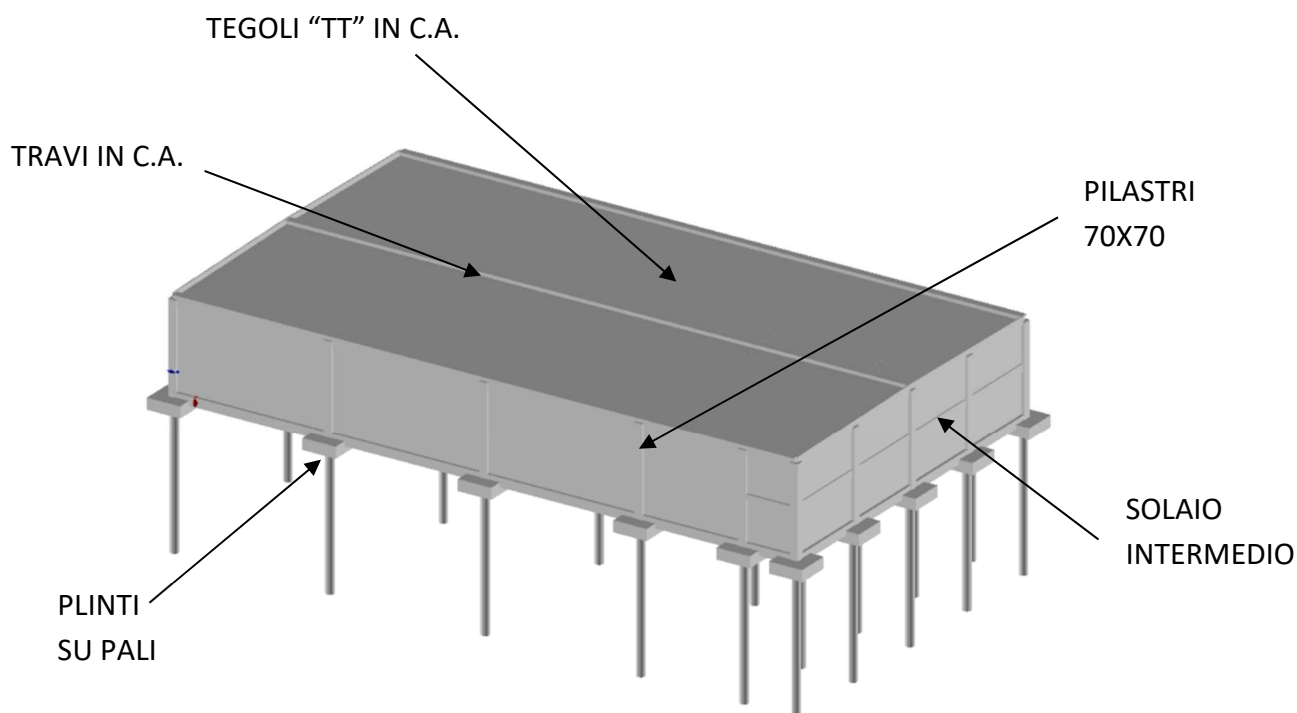


Figura 5 – Modello 3D struttura edificio



9 ANALISI DEI CARICHI

9.1. NEVE

Zona Neve = I Mediterranea

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} Ce = 150 \text{ daN/mq}$

Copertura a due falde:

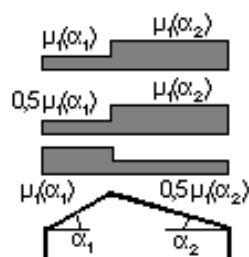
Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 1^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 120 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 1^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 120 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



9.2. VENTO

Zona vento = 2

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 750 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)


Altitudine del sito, $A_s = -2 \text{ m}$

Velocità di riferimento, $V_b = 25,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)

Periodo di ritorno, $Tr = 50 \text{ anni}$

$Cr = 1$ per $Tr = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b Cr = 25,00 \text{ m/s}$

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>07 APRILE 2026</p>
---	-----------------------------------	-----------------------

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Categoria esposizione: (Entroterra tra 10 e 40 km dalla costa) tipo II

($K_r = 0,20$; $Z_o = 0,10$ m; $Z_{min} = 5$ m)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 39$ daN/mq

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 2,23$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 8,25$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 87$ daN/mq

9.3. IMPALCATI

COPERTURA CAPANNONE			PIANO INTERNO		
Permanente strutturale	200	daN/m ²	Permanente strutturale	300	daN/m ²
Permanente non strutturale	100	daN/m ²	Permanente non strutturale	100	daN/m ²
Carichi permanenti	300	daN/m ²	Carichi permanenti	400	daN/m ²
Carico variabile neve	120	daN/m ²	Carico variabile	300	daN/m ²
Totale	420	daN/m ²	Totale	700	daN/m ²

10 RISULTATI ANALISI

Di seguito si riporta un predimensionamento di massima delle strutture, descritte nei capitoli precedenti, mediante il seguente programma di calcolo automatico:

- c.a., acciaio, legno: PRO-SAP di 2SI s.r.l. "Software e servizi per l'ingegneria" di Ferrara.

Travi, pilastri e i restanti elementi sono in cls.

Condizioni di esercizio - Stato deformativo

Si riporta, attraverso l'ausilio di mappe cromatiche, un andamento delle deformazioni della struttura sottoposta ad i carichi di progetto, allo stato limite d' esercizio.

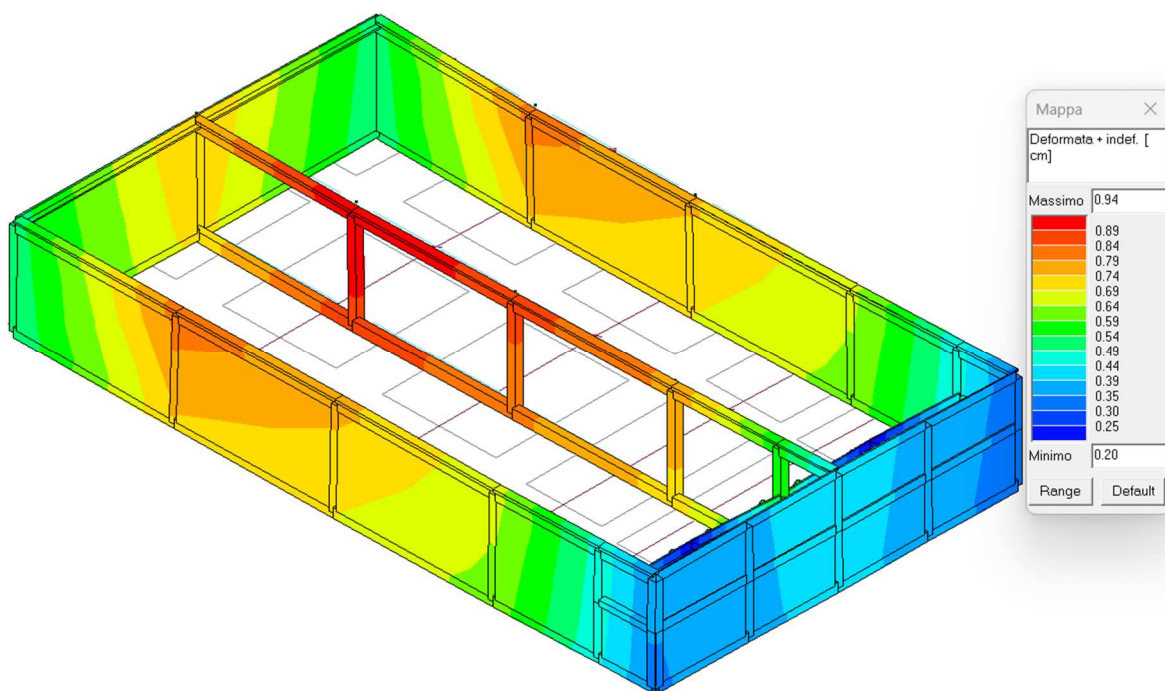


Figura 6 - Deformazioni SLE capannone (cm)

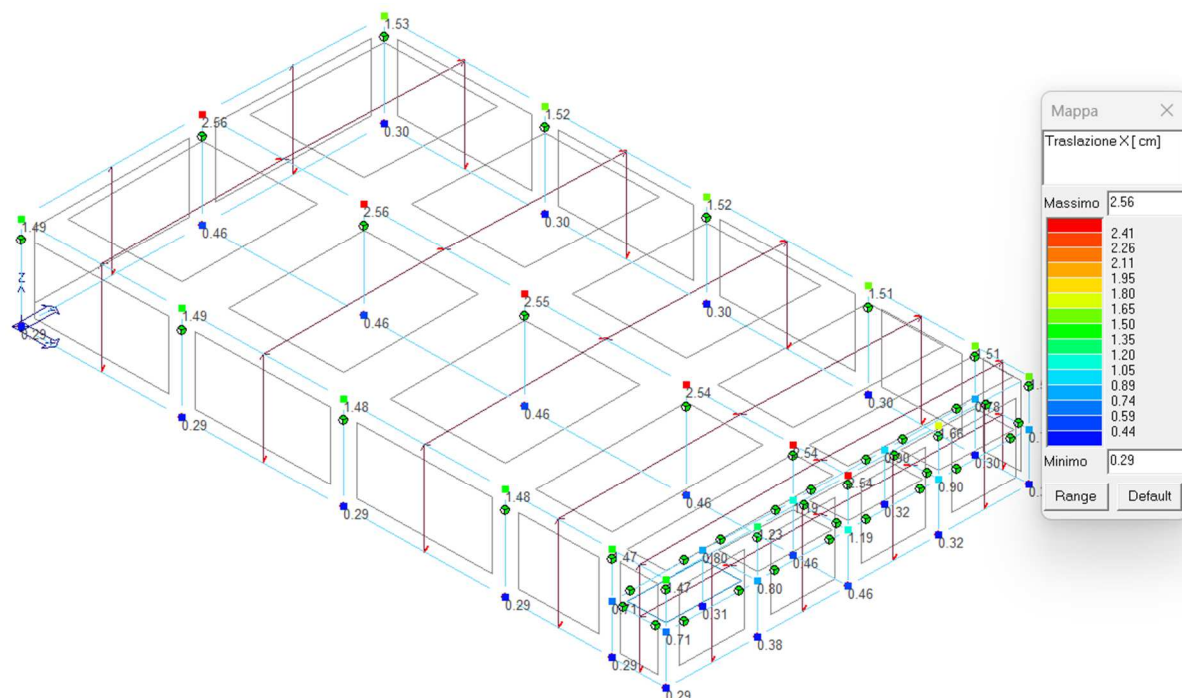


Figura 7 - Deformazioni SLE-SLD dir X capannone (cm)

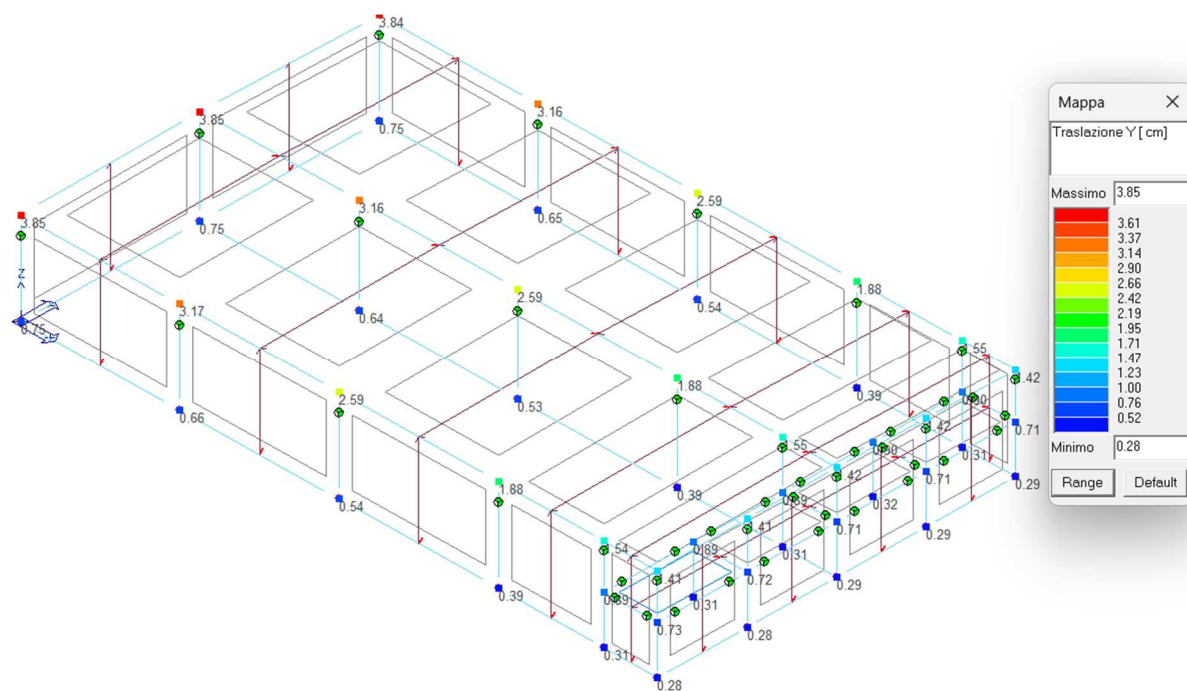


Figura 8 - Deformazioni SLE-SLD dir Y capannone (cm)

Condizioni ultime – Verifiche di resistenza

Si riportano le verifiche allo SLU degli elementi strutturali in acciaio richiamate nel DM 17-01-2018, attraverso controlli grafici elaborati con il software di calcolo. In particolare:

- Verifica del rapporto N/M (paragrafo 4.1.2.3 del DM 17-01-2018);
- Verifica del rapporto V/T (paragrafo 4.1.2.3 del DM 17-01-2018).

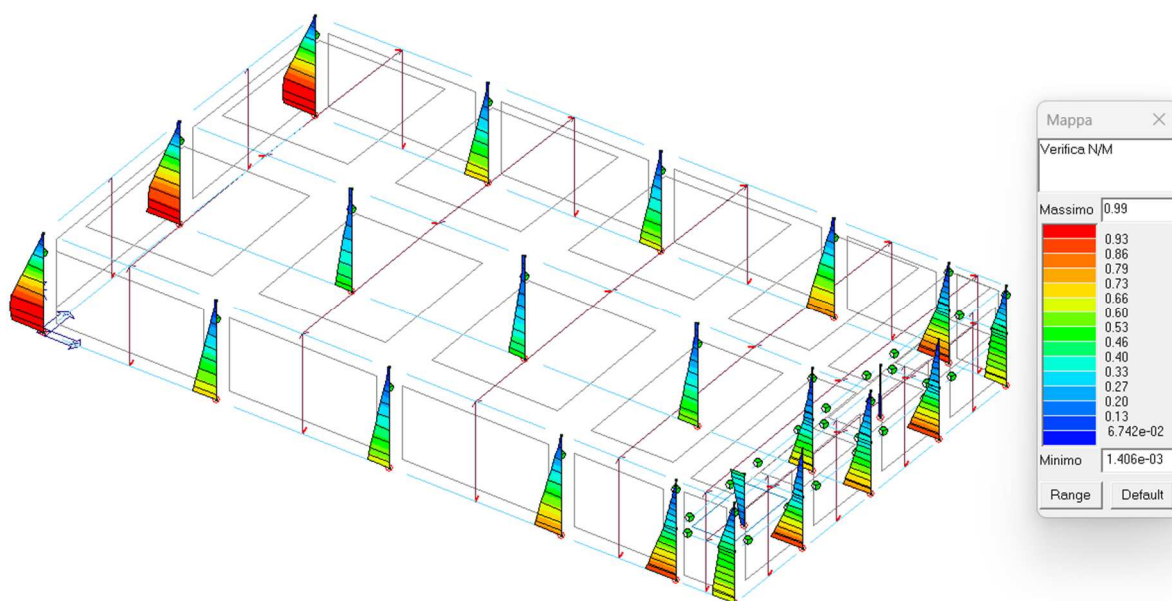


Figura 9 - Verifica rapporto N/M pilastri $ok < 1$

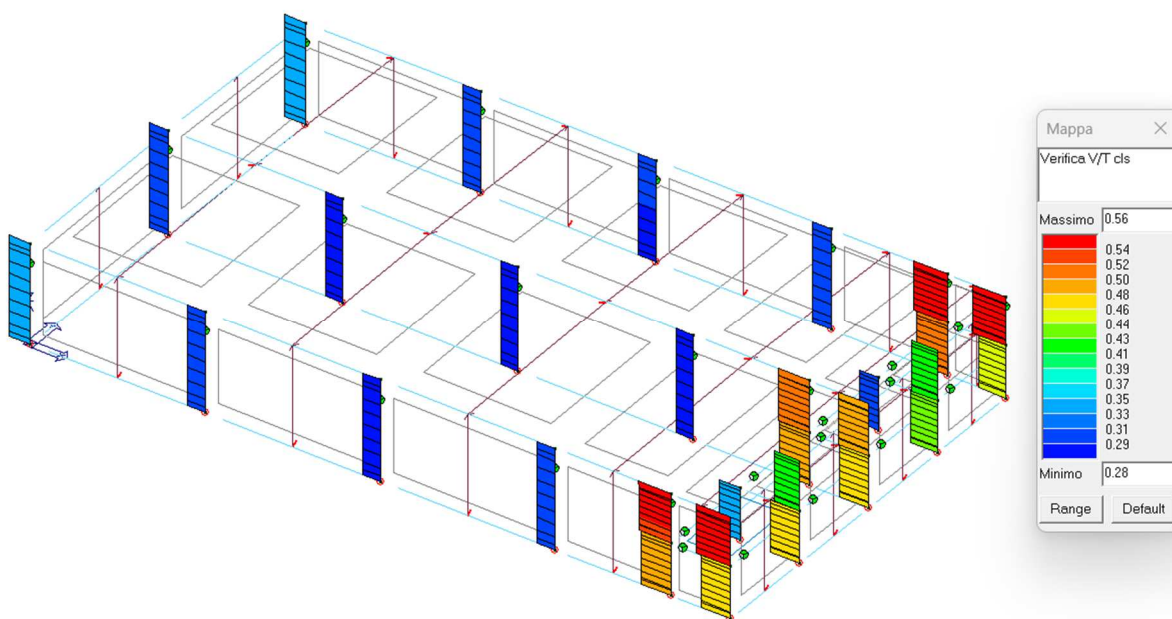


Figura 10 - Verifica rapporto V/T pilastri $ok < 1$

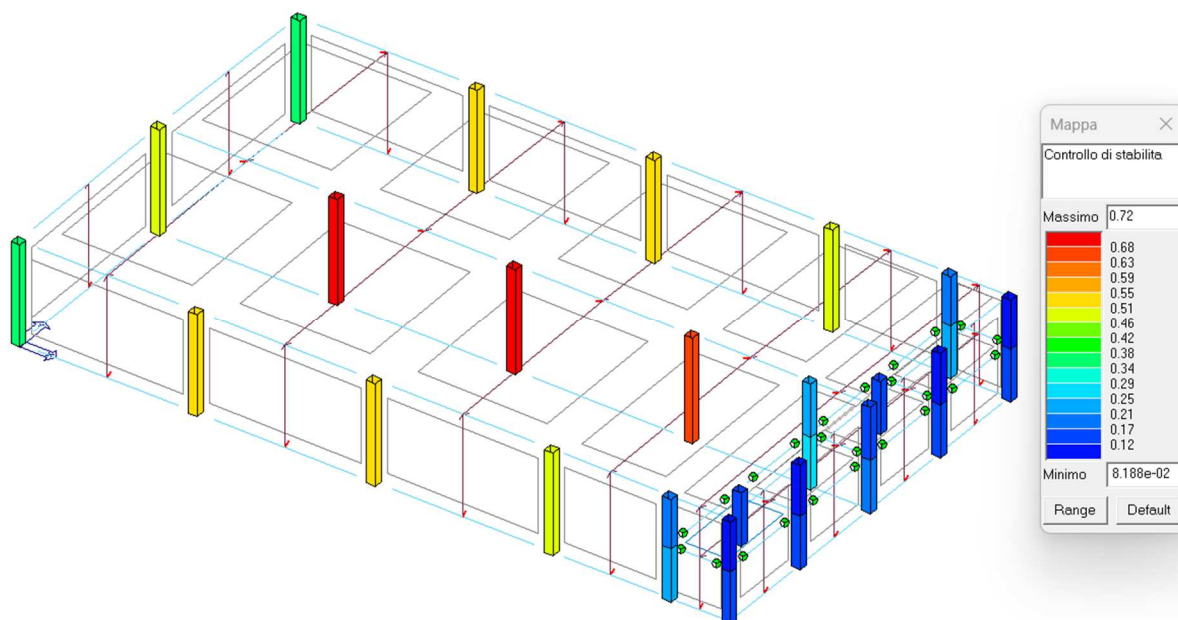


Figura 11 - Verifica di stabilità - $ok < 1$

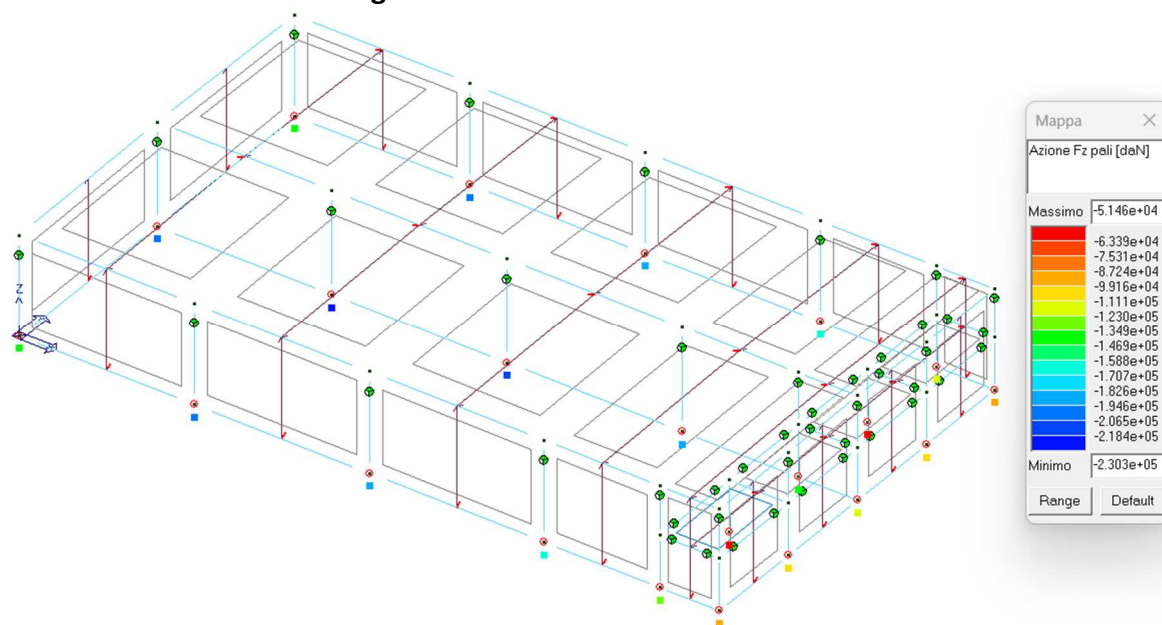



Figura 12 - Reazioni verticali pali di fondazione (daN)

	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>07 APRILE 2026</p>
---	-----------------------------------	-----------------------

11 RELAZIONE SUI MATERIALI

11.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Secondo le indicazioni di legge in vigore tutti i materiali e prodotti da utilizzare nelle costruzioni devono essere:

- IDENTIFICATI a cura del fabbricante
- QUALIFICATI sotto la responsabilità del produttore
- ACCETTATI da DL con verifica della documentazione e con prove sperimentali

Inoltre i materiali e prodotti da utilizzare per le costruzioni devono essere IDONEI all'uso.

Sono idonei tutti i materiali e prodotti che recano la marcatura CE o che sono qualificati secondo procedure normate. Per tutti gli altri materiali l'idoneità all'uso va dimostrata ed accettata secondo le indicazioni e le procedure del Servizio tecnico centrale.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per la costruzione in oggetto si prevedono le seguenti tipologie strutturali di opera:

- Opere in CEMENTO ARMATO

Le tipologie strutturali di opera previste nel progetto richiedono per ogni fase di differenti schemi documentali e di tipologie di prove.

In fase di accettazione del materiale va consegnata alla DL copia della documentazione di trasporto del materiale. La documentazione relativa alla accettazione dei materiali da parte della DL deve essere consegnato dall'Impresa alla DL con un congruo anticipo rispetto alla consegna del materiale in cantiere per consentire la verifica di accettabilità.

Opere in CEMENTO ARMATO

La normativa non ammette l'utilizzo di conglomerati di classe inferiore a C20/25.

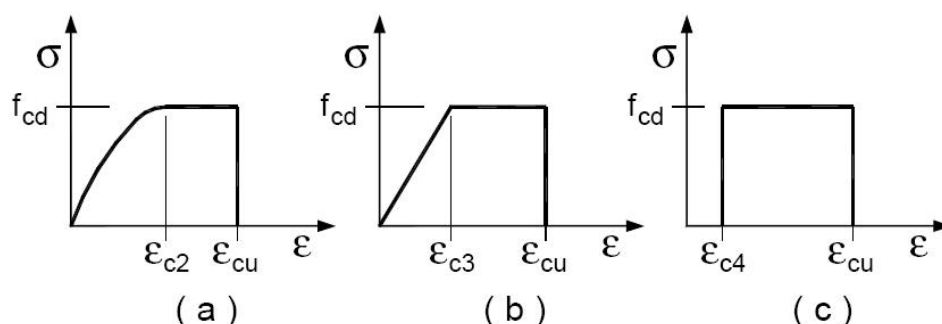
Per le opere in cemento armato, si prevede l'impiego di un calcestruzzo con classe di resistenza a compressione minima C 32/40 con $R_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$. Nelle valutazioni di resistenza con il metodo degli stati limite, le armature da porsi in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato ovvero ridurne la resistenza; dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto di fusione.

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento.

11.2. VALORI DI CALCOLO

Calcestruzzo

Per le opere in cemento armato, si prevede l'impiego di un calcestruzzo con classe di resistenza a compressione C 32/40 con $R_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$.



In Fig. sono rappresentati i modelli σ - ϵ per il calcestruzzo: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo; (c) rettangolo (stress block). In particolare, per le classi di resistenza pari o inferiore a C50/60 si può porre:


$$\epsilon_{c2} = 0,20\% \quad \epsilon_{cu} = 0,35\%$$

$$\epsilon_{c3} = 0,175\% \quad \epsilon_{c4} = 0,07\%$$

Calcestruzzo con classe di resistenza a compressione C 32/40 con $R_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$

Caratteristiche generali:

Modulo elastico	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm/10})^{0.3}$	31450	N/mm ²
Res. cub. caratteristica a compressione	R_{ck}	40	N/mm ²
Res. cil. caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	32	N/mm ²
Res. media a trazione	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3,10	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	2,17	N/mm ²

	RELAZIONE TECNICA GENERALE	07 APRILE 2026
---	----------------------------	----------------

Stati Limite Ultimi

Coeff. materiale S.L.U.	γ_c	1,50	
Res. a compressione di progetto	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	18,81	N/mm ²
Res. a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1,45	N/mm ²
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85	N/mm ²

Stati Limite di Esercizio:

Coeff. materiale S.L.E.	γ_c	1,00	N/mm ²
Tensione-Combinazione rara	$\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck}$	19,2	N/mm ²
Tensione-Combinazione quasi permanente	$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck}$	14,4	N/mm ²

Acciaio per armature

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento.

Caratteristiche generali:

Modulo elastico	E_s	210000	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²
Per le strutture in "CDA":	Allungamento % $\varepsilon_{su,k} > 8\%$		
Allungamento uniforme al carico max (valore frattile 10% inferiore)	$\varepsilon_{su,k} > 7,5\%$		
Rapporto tra resistenza e tensione di snervamento (valore medio)	$1,15 < f_t / f_y < 1,35$		
Rapporto medio tra valore effettivo e valore nominale della resistenza a snervamento	$f_{y,eff} / f_{y,nom} < 1,25$		

Stati Limite Ultimi:

Coeff. materiale S.L.U.	γ_s	1,15	
Res. a trazione di progetto	$f_{vd} = f_{yk} / \gamma_s$	391,3	N/mm ²

Stati Limite di Esercizio:

Coeff. materiale S.L.E.	γ_s	1,00	N/mm ²
Tensione-Combinazione rara	$\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk}$	360	N/mm ²