



DIGA VILLAROSA

"Interventi urgenti per il ripristino e l'adeguamento degli impianti - Id 935"
da effettuarsi presso la Diga Villarosa - Comune di Villarosa (EN)
gestita dalla Regione Siciliana.

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Giuseppe Lombardo

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI TRA:

Mandataria



Mandanti



STUDIO DI INGEGNERIA
Ing. Antonio Nastro



REDAZIONE DELL'ELABORATO

SOCIETA' :

SERING Ingegneria S.r.l.

RESPONSABILE :

Dott. Ing. Gabriele Speciale

RESPONSABILE E COORDINATORE DI PROGETTO PER L'RTP : SERING Ingegneria S.r.l.

Dott. Ing. Sergio Di Maio



TITOLO:

4. EDIFICI DI SERVIZIO
STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO
RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE:

PE-EDS-401-02

		REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO			
SIGLA		G. Amato	G. Romana	G. Speciale			
REVISIONE	N.	DESCRIZIONE			RED.	VER.	APP.
	00	Emissione Aprile 2021			G.A.	G.R.	G.S.
	01	Emissione a seguito di aggiornamento			G.A.	G.R.	G.S.
	02	Emissione a seguito di verifica			G.A.	G.R.	G.S.

NOME FILE :

PE-EDS-401-02

DATA :

Ottobre 2021

SCALA :

-

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. METODI DI CALCOLO	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE	7
5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA	8
6. CRITERI DI PROGETTAZIONE	10
7. ANALISI DEI CARICHI	11
7.1. Azione della neve	11
7.2. Azione del vento	12
7.3. Azioni termiche	12
7.4. Azioni sismiche	12
8. MODELLO NUMERICO	16
9. SCHEMATIZZAZIONE CASI DI CARICO	17
10. RISULTATI	28
11. VERIFICA COLLEGAMENTI	39

1. PREMESSA

Nell'ambito della delibera CIPE n. 26 del 10 agosto 2016 “fondo per lo sviluppo e la coesione 2014-2020”, il Dipartimento Regionale Acque e Rifiuti dell'Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità della Regione Siciliana ha in programma la realizzazione degli interventi finalizzati al ripristino e l'adeguamento degli impianti presenti presso la Diga Villarosa nella Provincia di Enna.

La presente relazione di calcolo ha per oggetto il dimensionamento dell'edificio di accesso ai cunicoli e viene redatta a corredo degli elaborati del Progetto Esecutivo relativo ai lavori di “Diga Villarosa: Interventi urgenti per il ripristino e l'adeguamento degli impianti – ID 935”.

I calcoli della struttura di progetto, sono stati condotti nel pieno rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018, nonché della Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

L'edificio oggetto d'intervento funge da accesso ai cunicoli e rientra nella classe d'uso III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso - ai sensi del punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018.

La nuova struttura in acciaio è sviluppata su un livello e sarà eseguita mediante l'assemblaggio in situ della carpenteria metallica realizzata in stabilimento secondo i disegni di progetto e pronta per l'assemblaggio in cantiere tramite giunti bullonati.

L'edificio presenta un solo vano di forma rettangolare e dimensioni in pianta 2.80 m x 5.90 m; la copertura è a singola falda con inclinazione di 6°, con quota di colmo pari a 2.90 m e di gronda pari a 2.60 m.

La struttura sarà così composta:

- colonne realizzate impiegando tubi a sezione quadrata 80 mm x 80 mm in acciaio S275J. Le colonne saranno fissate alla base mediante piastre in acciaio da ancorare a loro volta al coronamento della diga tramite tirafondi in acciaio filettati;
- travi principali e secondarie poste in opera impiegando tubi a sezione quadrata 80 mm x 80 mm in acciaio S275J. Le travi saranno fissate alle colonne mediante squadrette in acciaio da ancorare con bulloni;
- solaio di copertura realizzato con pannello sandwich per copertura (finta tegola) di spessore 40mm con bilamiera zincata a caldo;
- tamponamenti esterni realizzati con pannelli modulari grigliati in acciaio.

Di seguito si riporta la pianta e una vista laterale dell'edificio oggetto di dimensionamento.

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

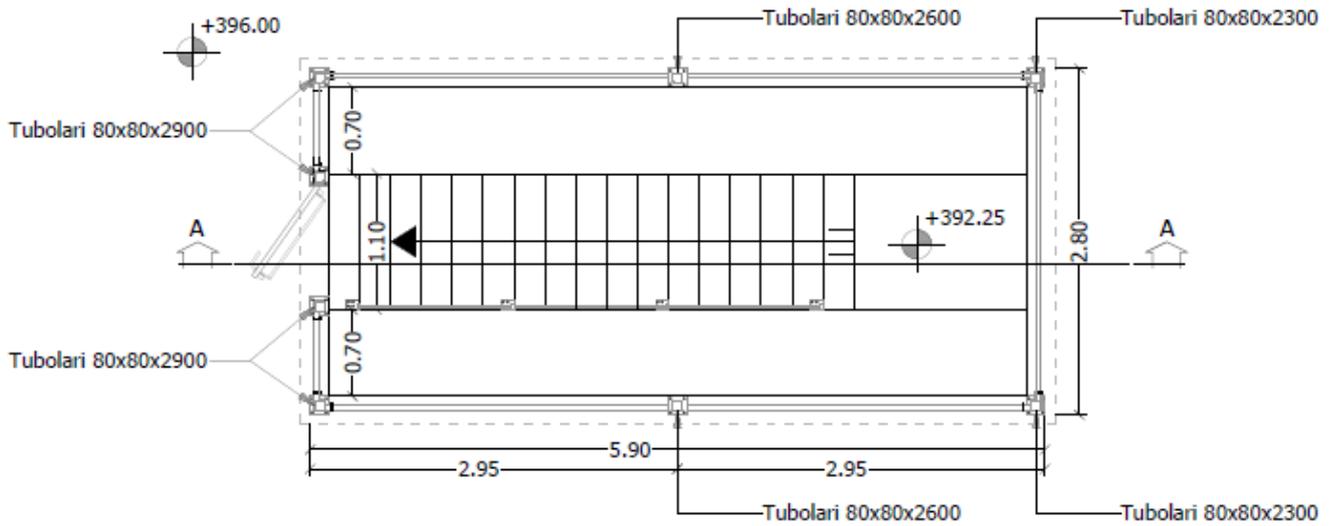


FIGURA 1 - PIANTA EDIFICIO DI ACCESSO AI CUNICOLI

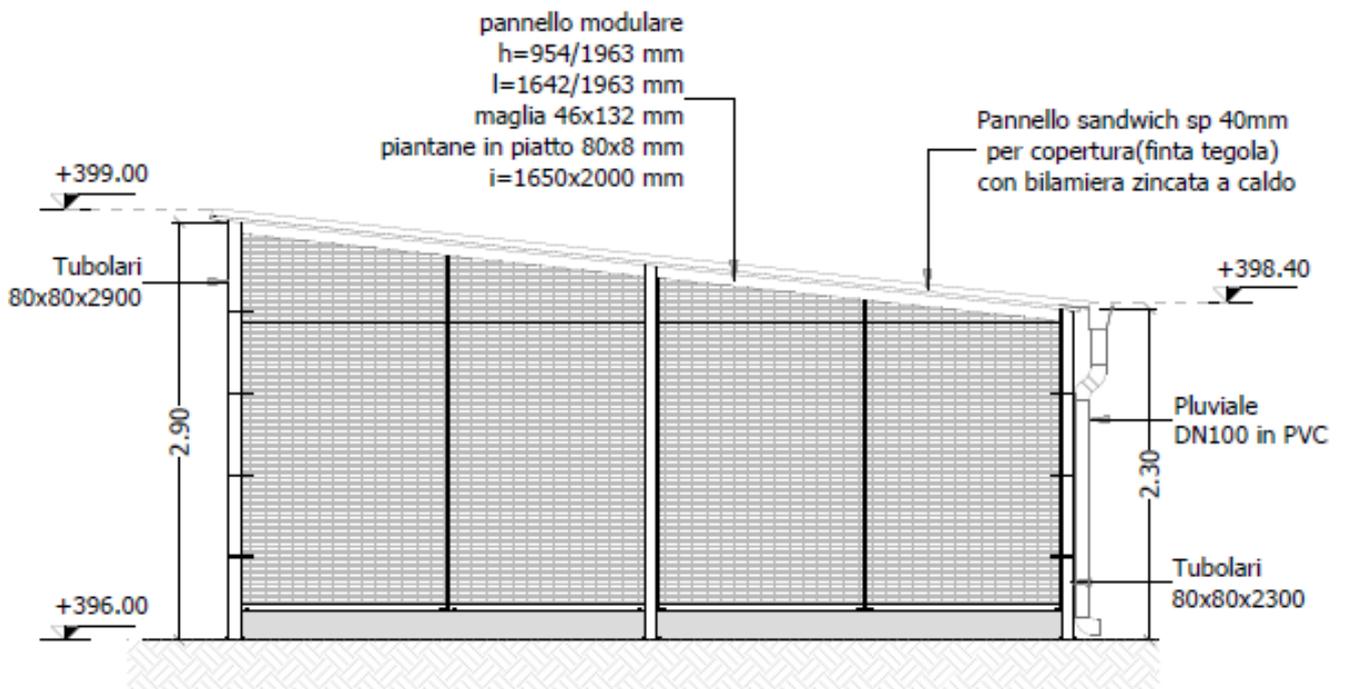


FIGURA 2 - VISTA LATERALE EDIFICIO DI ACCESSO AI CUNICOLI

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle opere si è svolto nel rispetto della seguente normativa vigente:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 (G. U. 20 ottobre 2001 n. 245) - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 - Norme tecniche per le Costruzioni. (NTC);
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

3. METODI DI CALCOLO

Il codice di calcolo automatico utilizzato per l'analisi e la verifica delle strutture è PRO_SAP ed è stato impiegato conformemente alle sue caratteristiche.

Come previsto al punto 10.2 delle NTC 2018 l'affidabilità del codice utilizzato, PROSAP Professional Structural Analysis Program versione 2019, prodotto dalla 2S.I. s.r.l. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., è stata verificata attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

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

$$K * u = F$$

dove

- K = matrice di rigidezza;
- u = vettore spostamenti nodali;
- F = vettore forze nodali.

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

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

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS	(biella-D2)
Elemento tipo BEAM	(trave-D2)
Elemento tipo MEMBRANE	(membrana-D3)
Elemento tipo STIFFNESS	(matrice di rigidezza)

Elemento tipo SOLAIO

(macro elemento composto da più membrane)

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per la realizzazione delle strutture metalliche, si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_{eH}$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

In sede di progettazione si sono assunti convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- Modulo elastico: $E=210000$ MPa;
- Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2 (1 + \nu)]$;
- Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,3$;
- Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha=12 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- Densità: $\rho = 7850$ kg / m³

Per tutti gli elementi strutturali delle strutture portanti in acciaio verranno impiegati profilati di acciaio tipo S275 J0, avente le seguenti proprietà e caratteristiche di resistenza:

- Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 275$ Mpa;
- Resistenza caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 430$ Mpa;
- Modulo elastico $E = 210000$ Mpa;
- Resilienza minima 27 J a 0 $^{\circ}\text{C}$.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Il costruttore deve essere certificato secondo la norma EN ISO 3834.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore Lavori:

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni delle norme EN 5817 ed EN 12062.

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto inoltre saranno conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 del D.M. 17.01.2018. Per i procedimenti di saldatura a cordone d'angolo devono essere impiegati i fili, flussi o gas di cui alle prove di qualifica del procedimento. Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) saranno essere equivalenti delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate; in particolare verranno effettuate saldature con acciaio tipo S275 aventi le caratteristiche di seguito riportate.

5. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate, con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato C_d , con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni E_d , attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d$$

Le norme definiscono come azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

I carichi si possono classificare secondo la variazione della loro intensità nel tempo come:

- **carichi permanenti (G):** agiscono per tutta la vita utile della struttura e nel tempo subiscono variazioni talmente piccole da poter essere considerate costanti nel tempo
- **carichi variabili (Q):** suddivisi in carichi di lunga durata e di breve durata
- **carichi eccezionali (A):** dovuti ad eventi eccezionali (incendi, esplosioni, urti, impatti, ecc)
- **azioni sismiche (Af):** derivanti dai terremoti, definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

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

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \dots$$

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

- **Combinazione caratteristica** (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \Psi_{02} \cdot Q_{K2} + \dots$$

- **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente** (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \dots$$

- **Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A_d :

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \dots$$

I coefficienti parziali e i coefficienti di combinazione utilizzati per il dimensionamento della struttura in acciaio sono illustrati nelle tabelle seguenti.

TABELLA 1 - COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L'EFFETTO DELLE AZIONI NELLE VERIFICHE SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ			
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i> <i>(Non compiutamente definiti)</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3
<i>Carichi variabili</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

TABELLA 2 - COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

<i>Destinazione d'uso/azione</i>	ψ_0	ψ_1	ψ_2
<i>Categoria A residenziali</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria B uffici</i>	0,70	0,50	0,30

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

<i>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria D ambienti ad uso commerciale</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini, ...</i>	1,00	0,90	0,80
<i>Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30kN$)</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30kN$)</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria H Coperture</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Vento</i>	0,60	0,20	0,00
<i>Neve a quota $\leq 1000 m$</i>	0,50	0,20	0,00
<i>Neve a quota $> 1000 m$</i>	0,70	0,50	0,20
<i>Variazioni Termiche</i>	0,60	0,50	0,00

6. CRITERI DI PROGETTAZIONE

Alla luce della attuale classificazione sismica del territorio, e delle norme tecniche vigenti, le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidità e resistenza, oltre che nei confronti delle azioni verticali e orizzontali statiche, nei confronti di due componenti ortogonali orizzontali delle azioni sismiche. Si deve inoltre tenere conto degli effetti torsionali che si accompagnano all'azione sismica. A tal fine gli orizzontamenti, ove presenti, devono essere dotati di rigidità e resistenza tali da permettere loro di trasmettere le forze ai diversi sistemi resistenti a sviluppo verticale.

Le costruzioni soggette all'azione sismica, non dotate di appositi dispositivi dissipativi, devono essere progettate in accordo con i seguenti comportamenti strutturali:

- a) comportamento strutturale non-dissipativo;
- b) comportamento strutturale dissipativo.

Nel comportamento strutturale non dissipativo, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite di esercizio, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche) se non rilevanti. Nel comportamento strutturale dissipativo, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite ultimi, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, in funzione della tipologia strutturale adottata, tenendo conto delle non linearità di comportamento.

Nel caso la struttura abbia comportamento strutturale dissipativo, si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD):

- Classe di duttilità alta (CD"A");
- Classe di duttilità bassa (CD"B").

La differenza tra le due classi risiede nella entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e

duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili impreveduti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La progettazione dell'edificio di accesso ai cunicoli è avvenuta coerentemente con quanto sopra citato, adottando le seguenti ipotesi:

- classe di duttilità bassa (CD" A");
- orizzontamenti infinitamente rigidi.

Per la struttura in acciaio si fa riferimento ad un'analisi dinamica nodale in campo elastico.

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

7. ANALISI DEI CARICHI

Il computo dei pesi propri strutturali (G1) è implicitamente considerato dal programma introducendo l'accelerazione di gravità ($g = 9,806 \text{ m/s}^2$).

I carichi sono introdotti come azioni a metro quadrato; il programma FEM riporta automaticamente la quota parte di carico sugli elementi beam.

Per la struttura in acciaio della copertura e del telaio adiacente alla facciata in muratura, esistente e conservata, si è considerato un peso per unità di superficie pari a 9 kg/m^2 .

I pesi permanenti non strutturali associati alle pareti di tamponamento esterne (tramezzature leggere in cartongesso efficacemente connesse alle strutture adiacenti) rientranti nei limiti previsti dalla normativa (§ 3.1.3.1 D.M. 14-01-2008) e vengono scaricati sulle colonne adiacenti.

Per i carichi accidentali in copertura si è considerata la categoria d'uso Cat. H - § 3.1.4.D.M.08.

7.1. Azione della neve

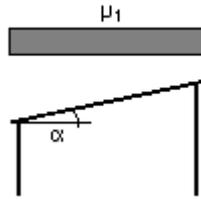
Il carico della neve è valutato in accordo alle indicazioni del paragrafo 3.4 delle NTC 2018, utilizzando i seguenti parametri:

- Zona Neve = III
- Periodo di ritorno, $Tr = 50$ anni
- $C_{tr} = 1$ per $Tr = 50$ anni
- C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1.00
- Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 111 \text{ daN/mq}$
- Copertura ad una falda: Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 6.0^\circ$

Ottenendo:

$$\mu_1 = 0.80 \Rightarrow Q_1 = 89 \text{ daN/mq}$$

Secondo il seguente schema di carico:



7.2. Azione del vento

L'azione del vento è stata calcolata considerando i seguenti parametri:

- Zona vento = 4
- Velocità base della zona, $V_{b.o} = 28 \text{ m/s}$
- Altitudine base della zona, $A_o = 500 \text{ m}$
- Altitudine del sito, $A_s = 523 \text{ m}$
- $K_a = 0.360$ (Tab. 3.3.I)
- Velocità di riferimento, $V_b = V_{b.o} (1 + K_a (A_s/A_o - 1)) = 28.46 \text{ m/s}$
- Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni
- $C_r = 1$ per $T_r = 50$ anni
- Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 28.46 \text{ m/s}$
- 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 innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)]
- Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 500 m di altitudine ($K_r = 0.19$; $Z_o = 0.05 \text{ m}$; $Z_{min} = 4 \text{ m}$)
- Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 51 \text{ daN/mq}$
- Coefficiente di forma, $C_p = 1.00$
- Coefficiente dinamico, $C_d = 1.00$
- Coefficiente di esposizione, $C_e = 1.80$
- Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1.00$
- Altezza dell'edificio, $h = 2.90 \text{ m}$

Ottenendo un valore di pressione caratteristico del vento del vento pari a:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 91 \text{ daN/mq}$$

Come previsto dal D.M. del 17/01/2018, per ottenere le pressioni di sopravvento e sottovento si moltiplica il valore di pressione caratteristico rispettivamente per i coefficienti 0,8 e 0,4.

7.3. Azioni termiche

Per quanto riguarda gli effetti termici, questi sono stati considerati tramite una variazione termica globale di $\pm 25^\circ\text{C}$.

7.4. Azioni sismiche

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

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. 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).

Nel caso in esame la struttura è ubicata alle seguenti coordinate (Figura 3):

- Longitudine: 14.1740
- Latitudine: 37.5860

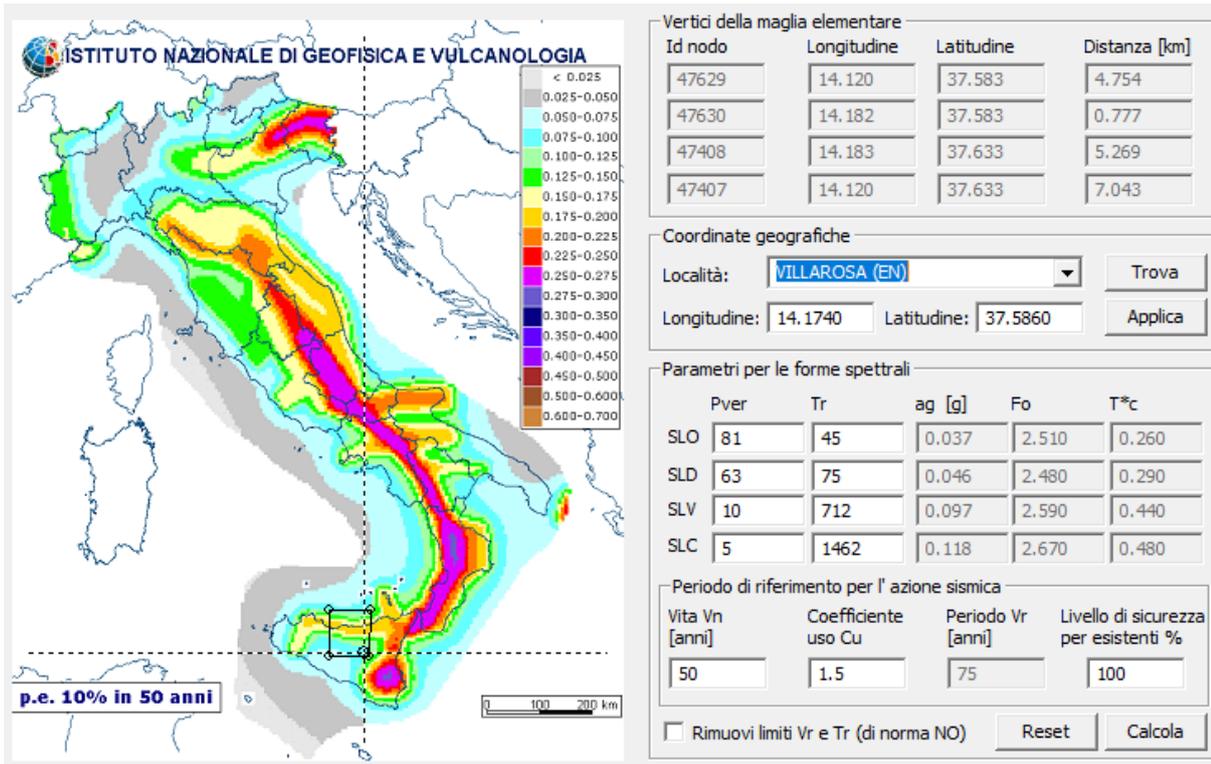


FIGURA 3 - INQUADRAMENTO DEL SITO NEL RETICOLO SISMICO E PARAMETRI PER LE FORME SPETTRALI

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 (Tabella 3). 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 (Tabella 4):

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o : 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;

TABELLA 3 - PARAMETRI DELLA STRUTTURA

Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	50.0	1.5	75.0	A	T1

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in Tabella 5. Dove:

- 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)
- Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale
- Fv 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
- Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.
- Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.
- Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

TABELLA 4 - PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

SL	P _{ver}	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	45.0	0.037	2.510	0.260
SLD	63.0	75.0	0.046	2.480	0.290
SLV	10.0	712.0	0.097	2.590	0.440
SLC	5.0	1462.0	0.118	2.670	0.480

TABELLA 5 - PARAMETRI SPETTRALI

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.037	1.000	2.510	0.654	0.087	0.260	1.749
SLD	0.046	1.000	2.480	0.716	0.097	0.290	1.783
SLV	0.097	1.000	2.590	1.086	0.147	0.440	1.986
SLC	0.118	1.000	2.670	1.239	0.160	0.480	2.072

Per la definizione degli spettri di risposta di progetto, occorre determinare il fattore di struttura q. Tale fattore, riduttivo delle forze elastiche, tiene conto delle capacità dissipative della struttura e dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza della costruzione.

Sono stati definiti i seguenti parametri di input:

- Classe di duttilità: CD "A" (alta);
- Sistema costruttivo: acciaio o composto acciaio-calcestruzzo;
- Tipologia strutturale: strutture intelaiate o strutture con controventi eccentrici;

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO - RELAZIONE DI CALCOLO

- Definizione rapporto α_u/α_1 : valore come da normativa;
- Riferimento normativo α_u/α_1 : edifici a un piano;
- Valore rapporto $\alpha_u/\alpha_1 = 1.100$;
- Valore base fattore $q_0 = 5.000 \alpha_u/\alpha_1 = 5.500$;
- Fattore di regolarità $K_R = 1.0$;
- Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R = 5.500$.

I fattori dissipativi individuati sono:

- q SLU x : 5.500;
- q SLU y : 5.500;
- q SLU z : 1.500.

Di seguito si riporta il grafico degli spettri elastici orizzontali relativi alle diverse combinazioni sismiche. Lo spettro fornisce il valore dell'accelerazione al suolo che subisce l'edificio in funzione del periodo proprio della struttura, determinato mediante l'utilizzo del programma di calcolo.

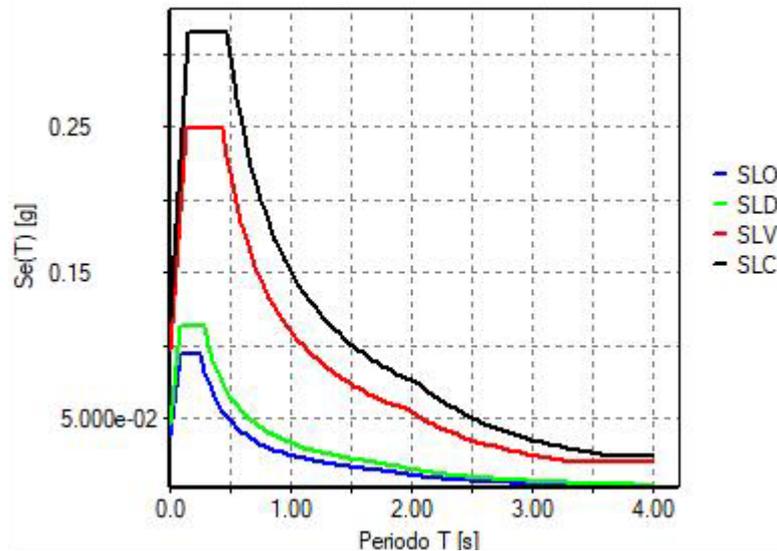


FIGURA 4 - SPETTRI ELASTICI ORIZZONTALI

8. MODELLO NUMERICO

Di seguito si riportano alcune immagini del modello F.E.M. utilizzato.

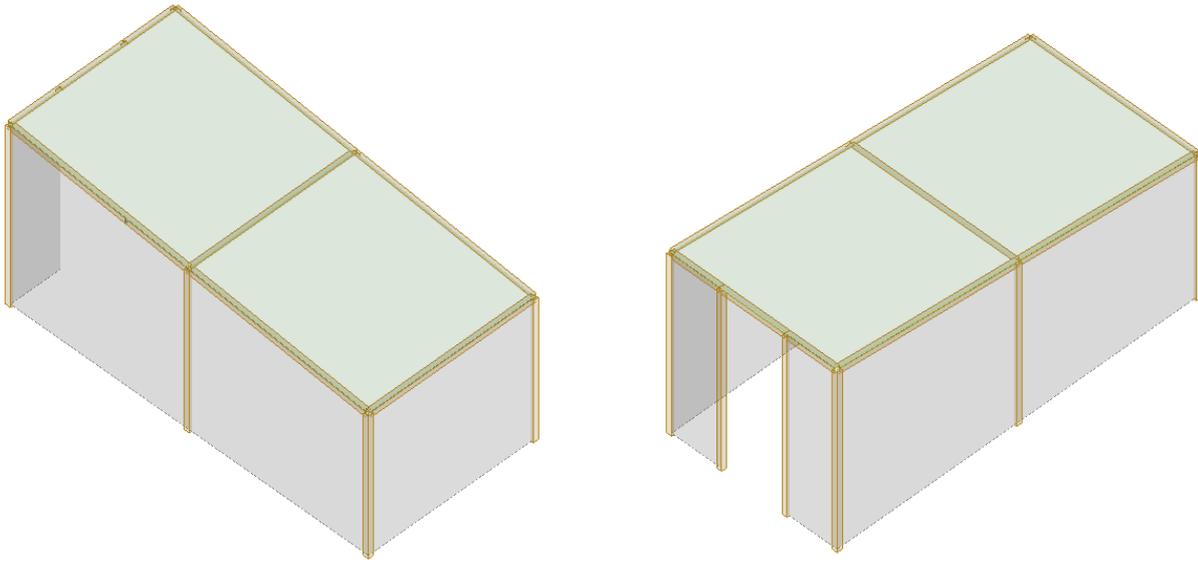


FIGURA 5 – MODELLO FEM IN VISTA 3D

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni).

Nella figura riportata di seguito viene indicata la numerazione dei nodi adottata.

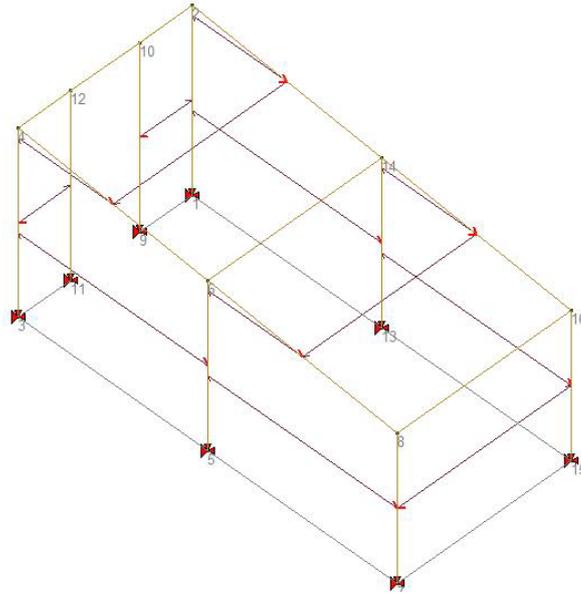


FIGURA 6 - NUMERAZIONE NODI

9. SCHEMATIZZAZIONE CASI DI CARICO

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di *tipo automatico A* (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

Sono di *tipo semi-automatico SA* (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

- 7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;
- 9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di *tipo non automatico NA* ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Gsk	CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)	
5	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qsk (variabile solai)
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
14	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	Azioni applicate: Pannello: 4 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 7 a 8 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 7 a 8 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	Azioni applicate: Pannello: 4 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello: 4 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 7 a 8 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
16	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	Azioni applicate: Pannello: 3 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			Pannello: 3 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello: 9 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello: 9 Azione : QVK PAN ++ vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
17	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	Azioni applicate:
			Pannello: 3 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello:da 5 a 6 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
			Pannello: 9 Azione : QVK PAN -- vento*0.4 (da personalizzare)-P3:p= 3.640e-03
18	Qtk	CDC=Qtk (carico termico) dT= 25.00	variazione termica:25.00

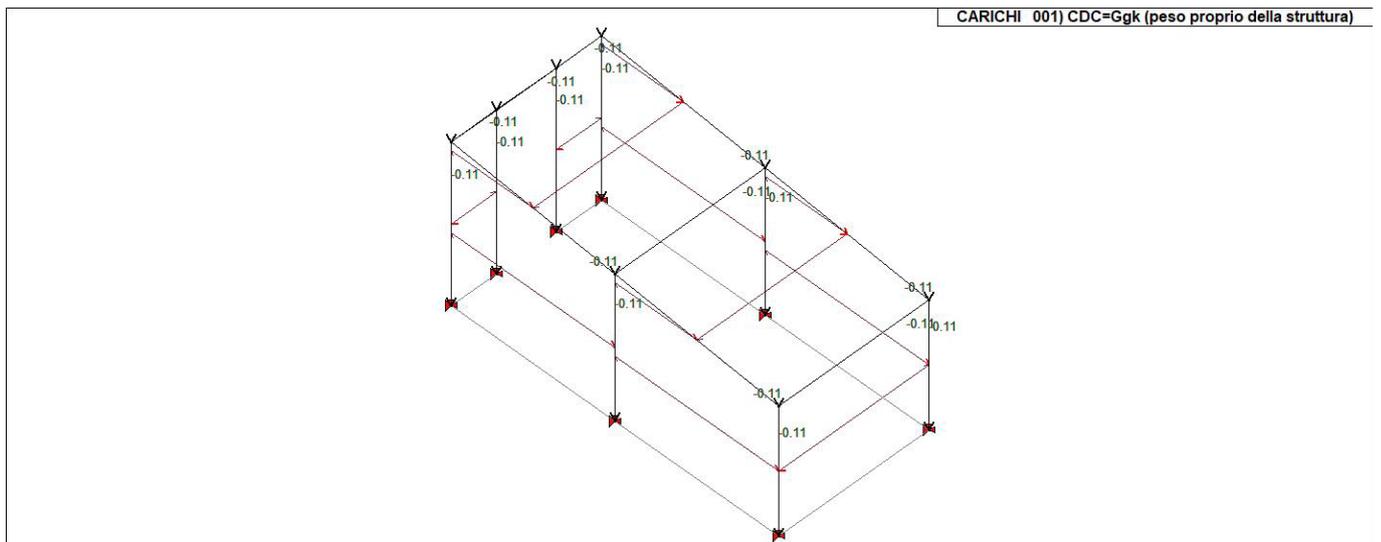


FIGURA 7 - CDC_001_CDC=Ggk (PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA)

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO

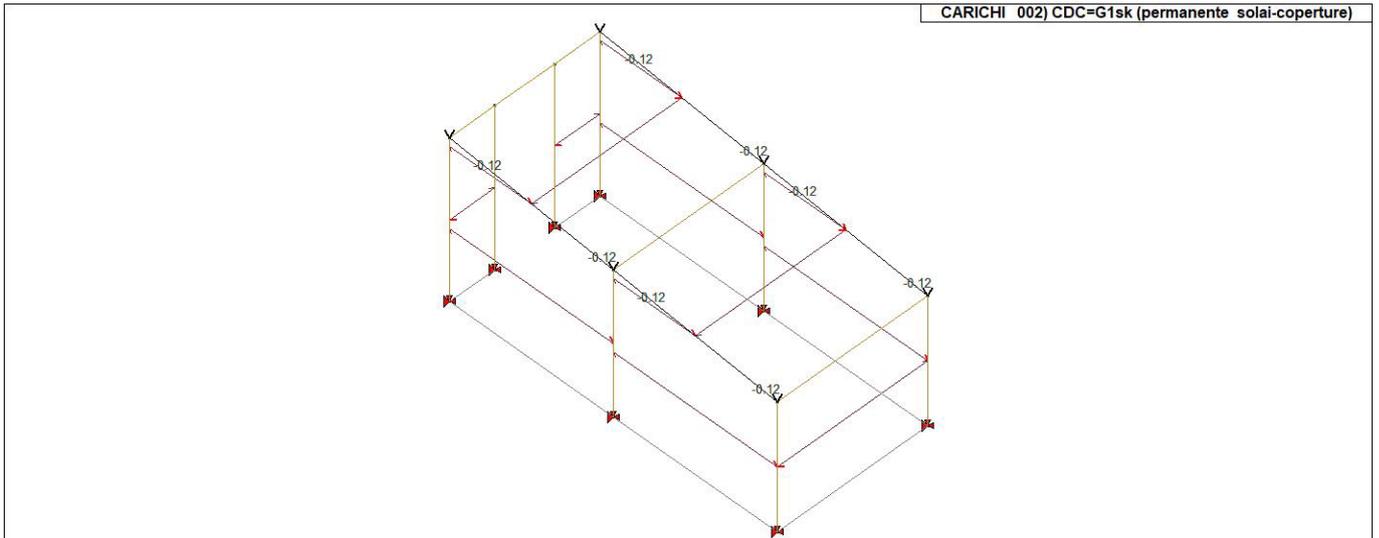


FIGURA 8 - CDC_002_CDC=G1SK (PERMANENTE SOLAI-COPERTURE)

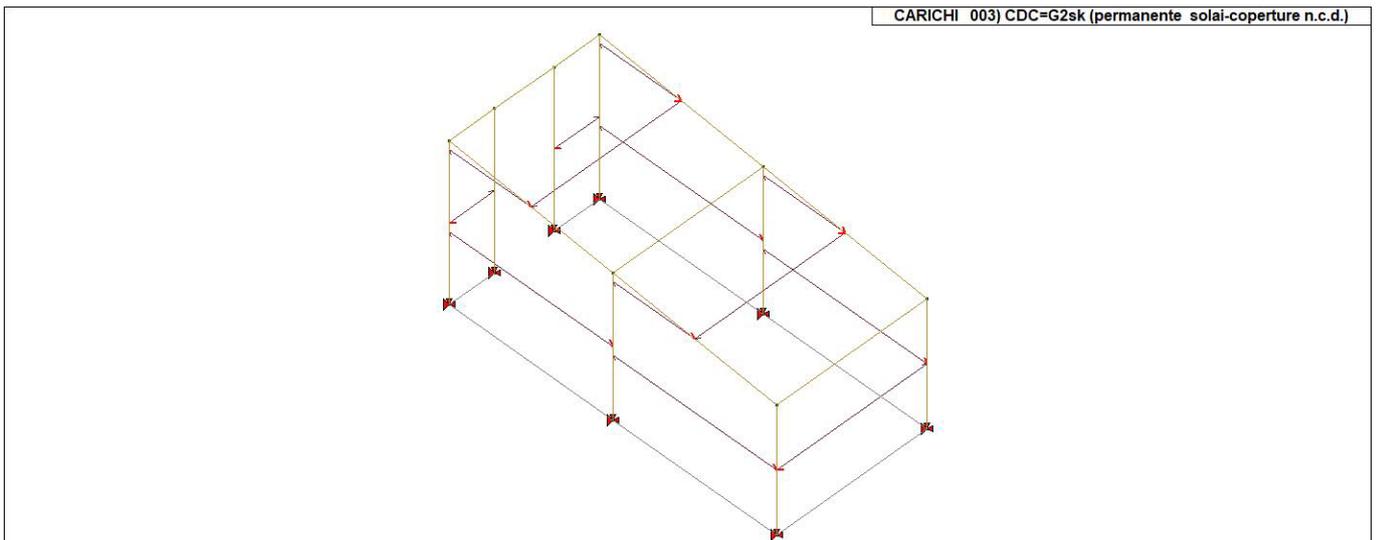


FIGURA 9 - CDC_003_CDC=G2SK (PERMANENTE SOLAI-COPERTURE N.C.D.)

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO

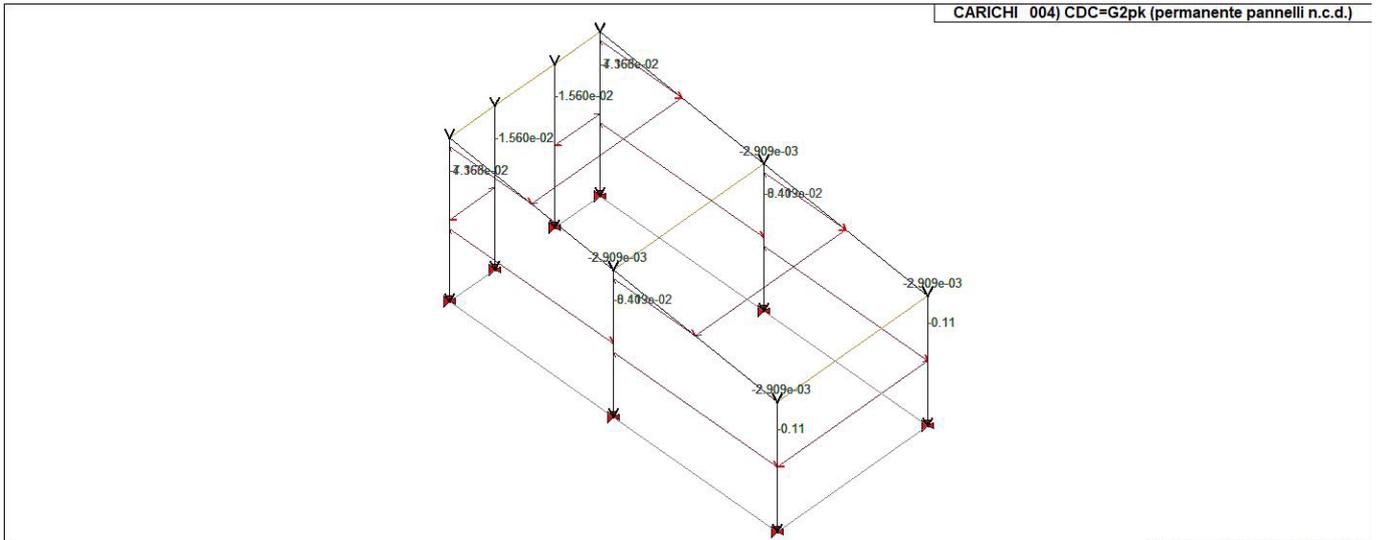


FIGURA 10 - CDC_004_CDC=G2PK (PERMANENTE PANNELLI N.C.D.)

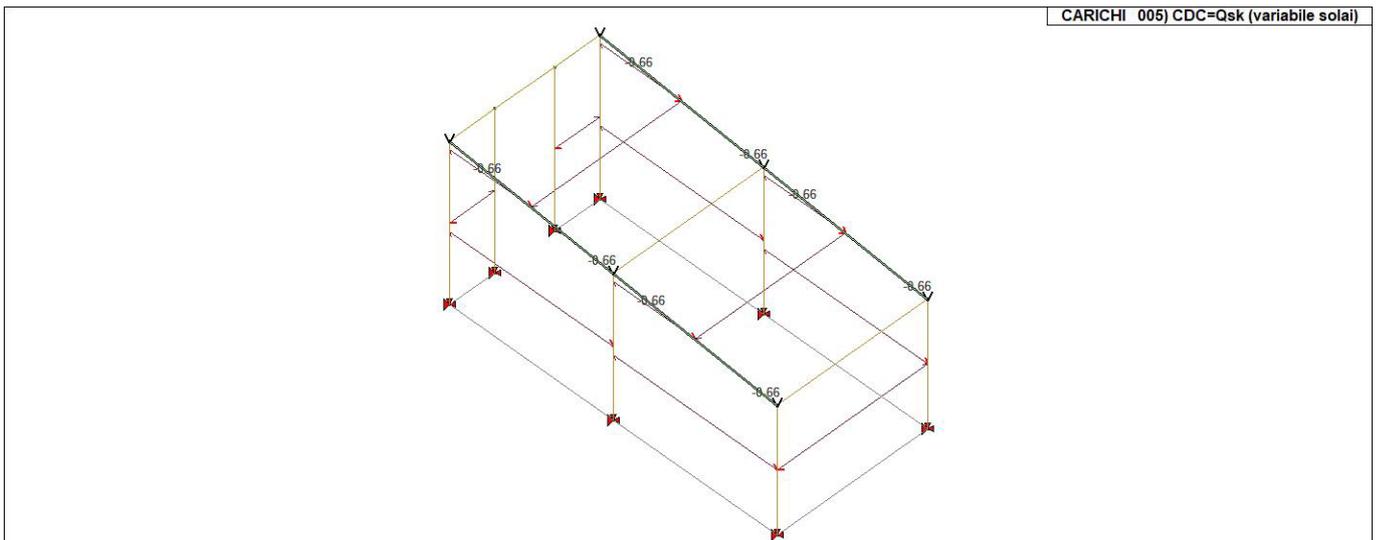


FIGURA 11 - CDC_005_CDC=QSK (VARIABILE SOLAI)

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

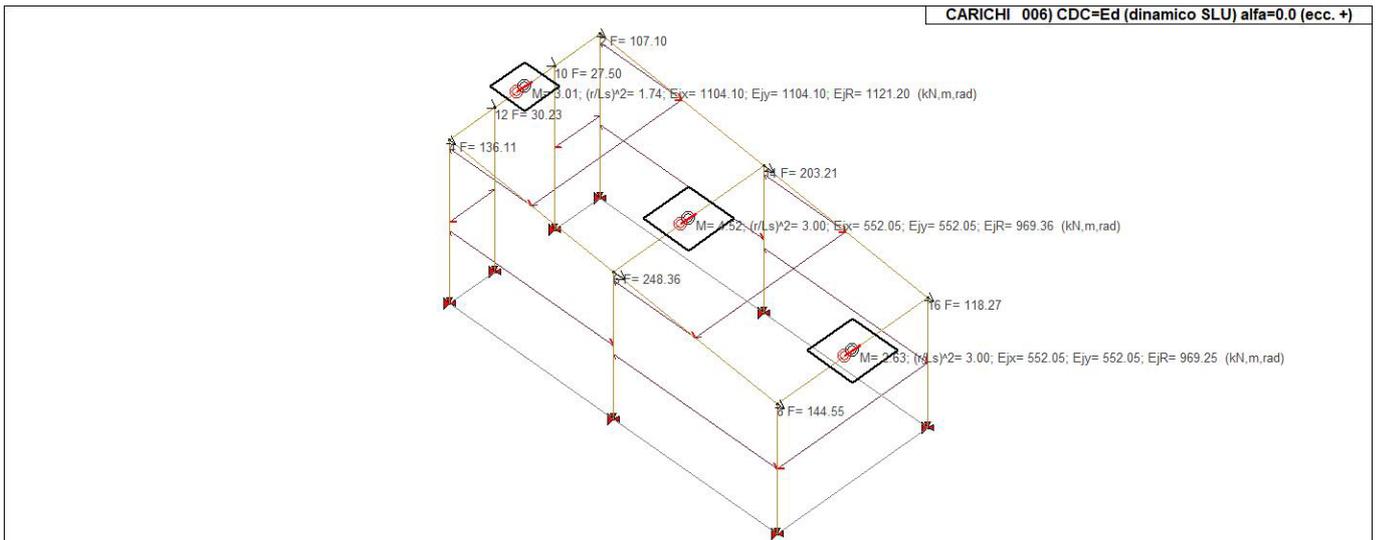


FIGURA 12 - CDC_006_CDC=ED (DINAMICO SLU) ALFA=0.0 (ECC. +)

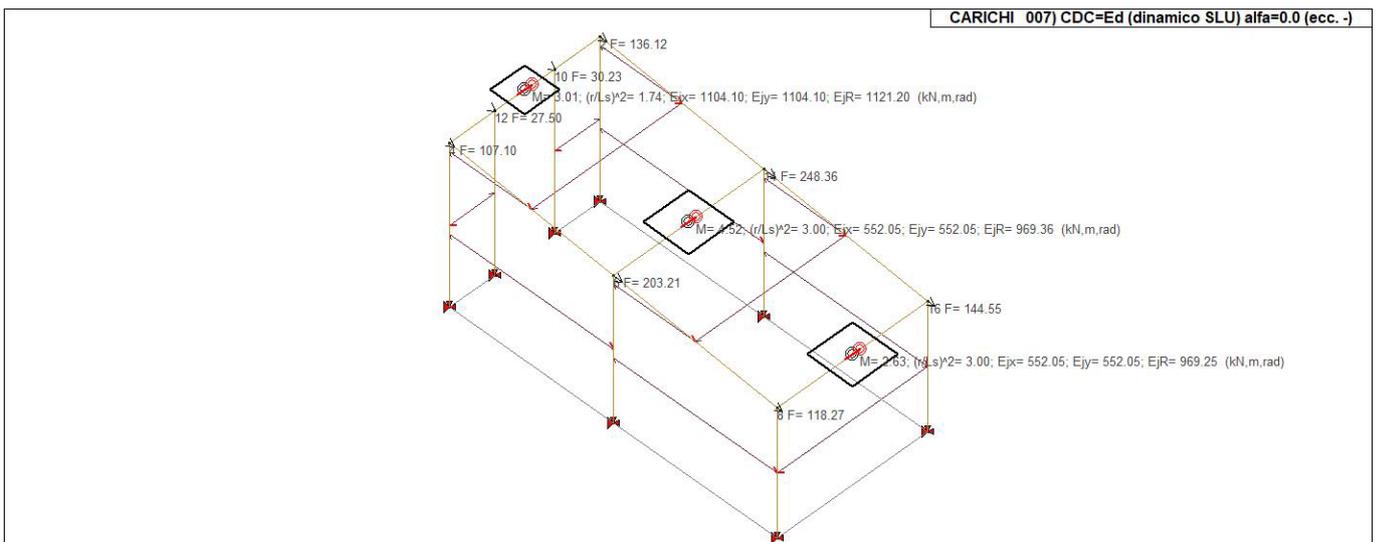


FIGURA 13 - CDC_007_CDC=ED (DINAMICO SLU) ALFA=0.0 (ECC. -)

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

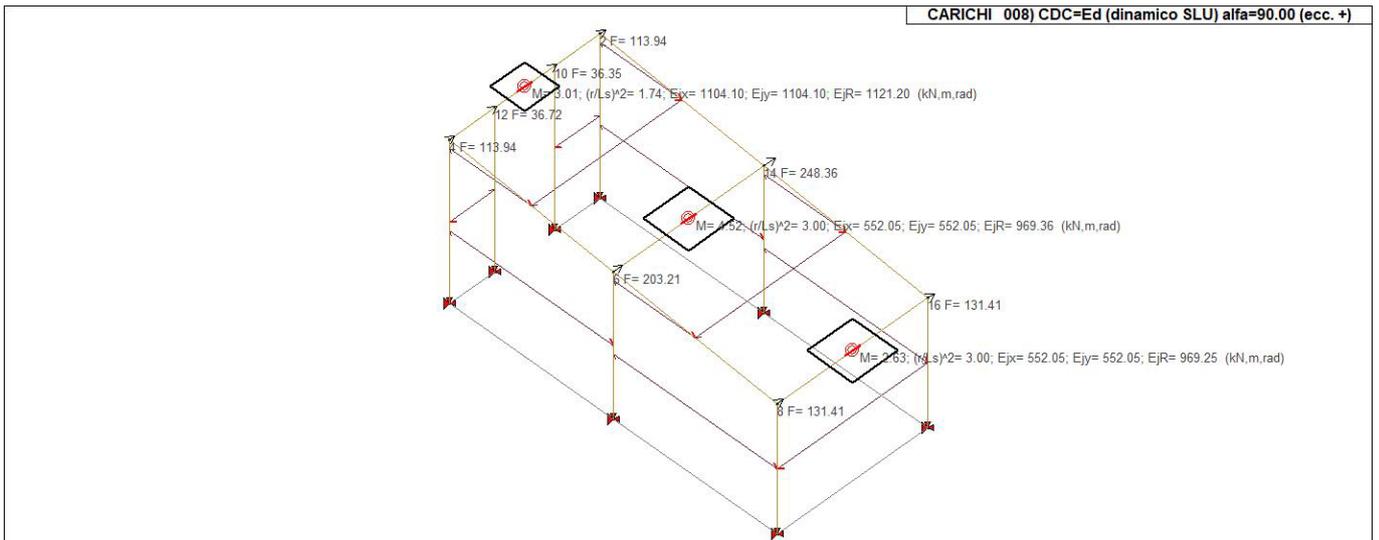


FIGURA 14 - CDC_008_CDC=Ed (DINAMICO SLU) ALFA=90.00 (ECC. +)

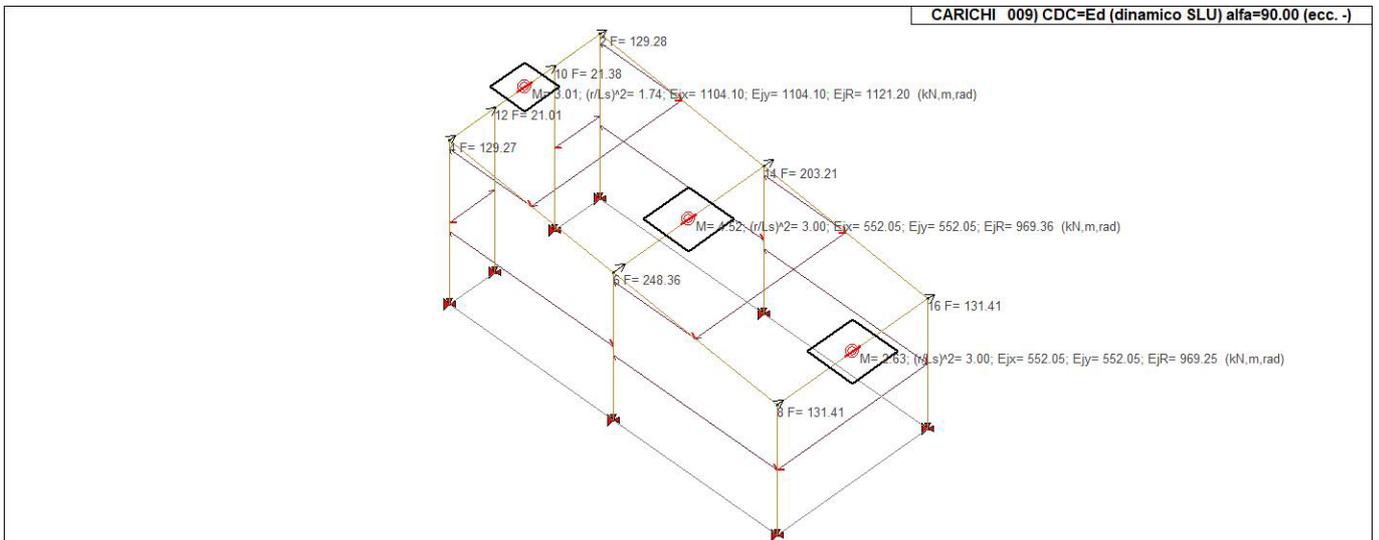


FIGURA 15 - CDC_009_CDC=Ed (DINAMICO SLU) ALFA=90.00 (ECC. -)

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

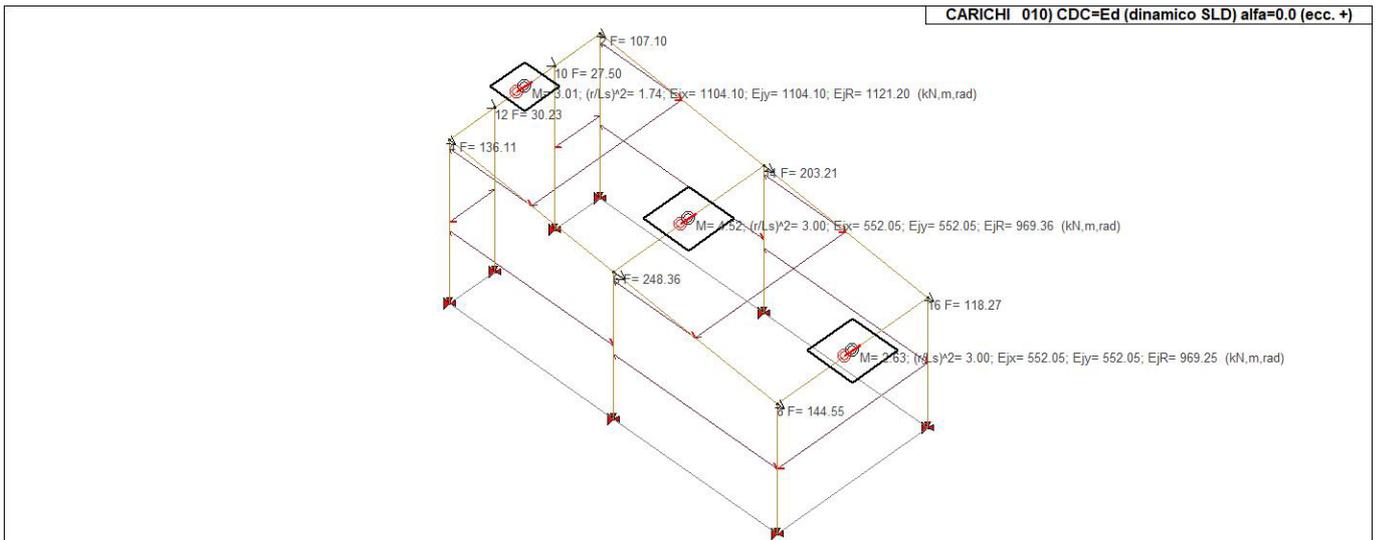


FIGURA 16 - CDC_010_CDC=Ed (DINAMICO SLD) ALFA=0.0 (ECC. +)

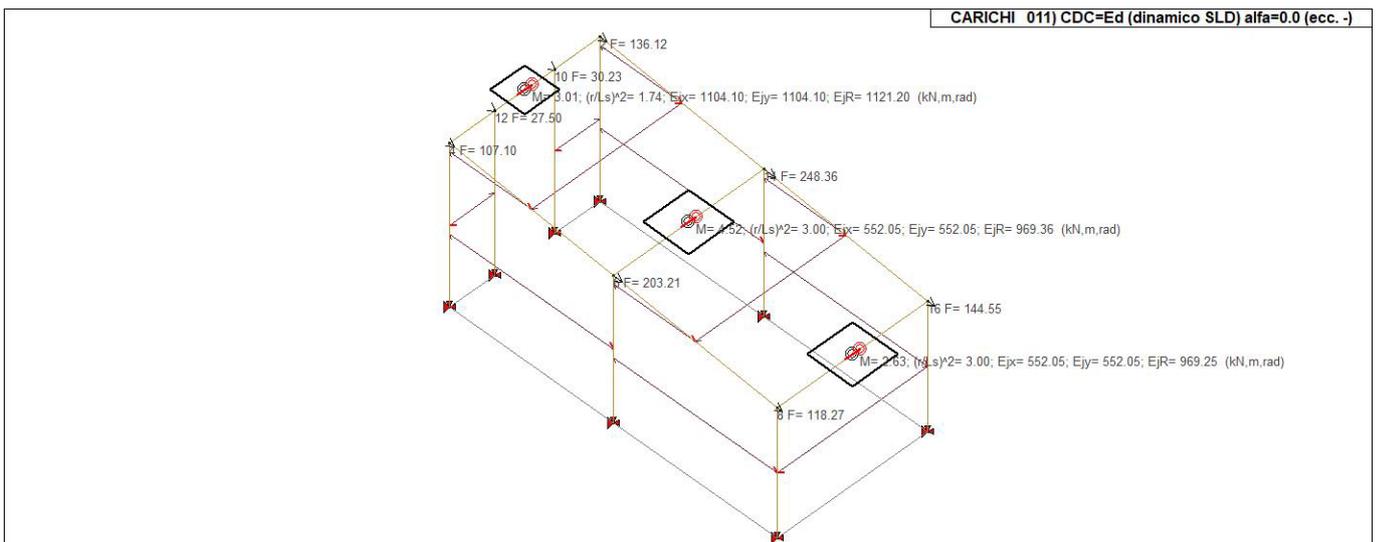


FIGURA 17 - CDC_011_CDC=Ed (DINAMICO SLD) ALFA=0.0 (ECC. -)

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

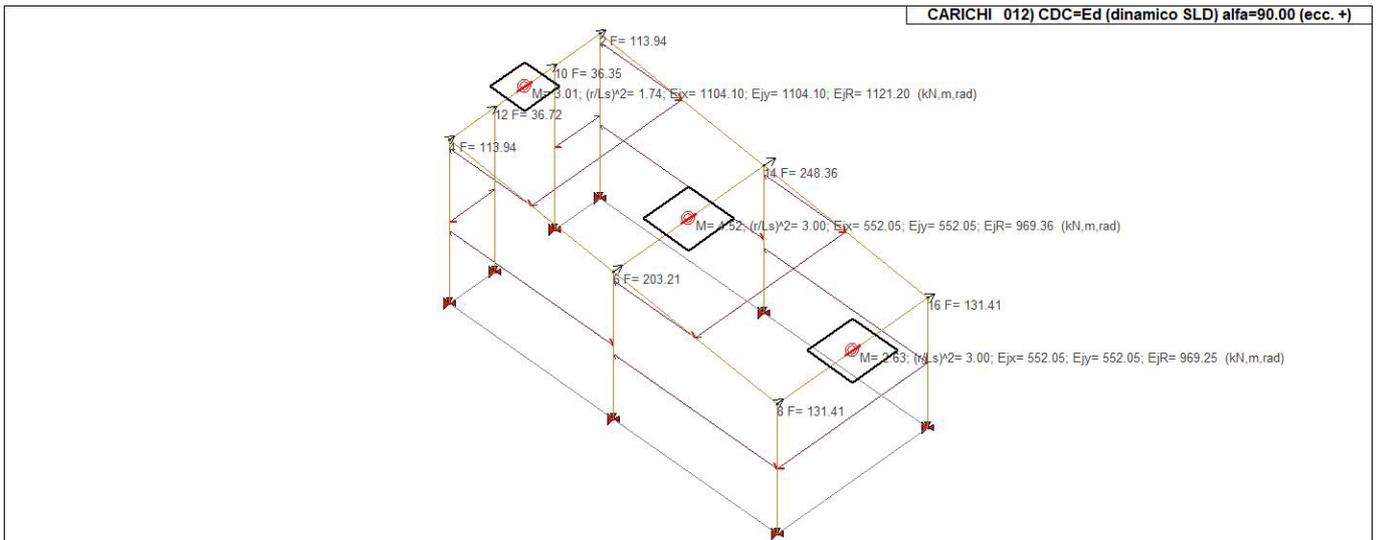


FIGURA 18 - CDC_012_CDC=Ed (DINAMICO SLD) ALFA=90.00 (ECC. +)

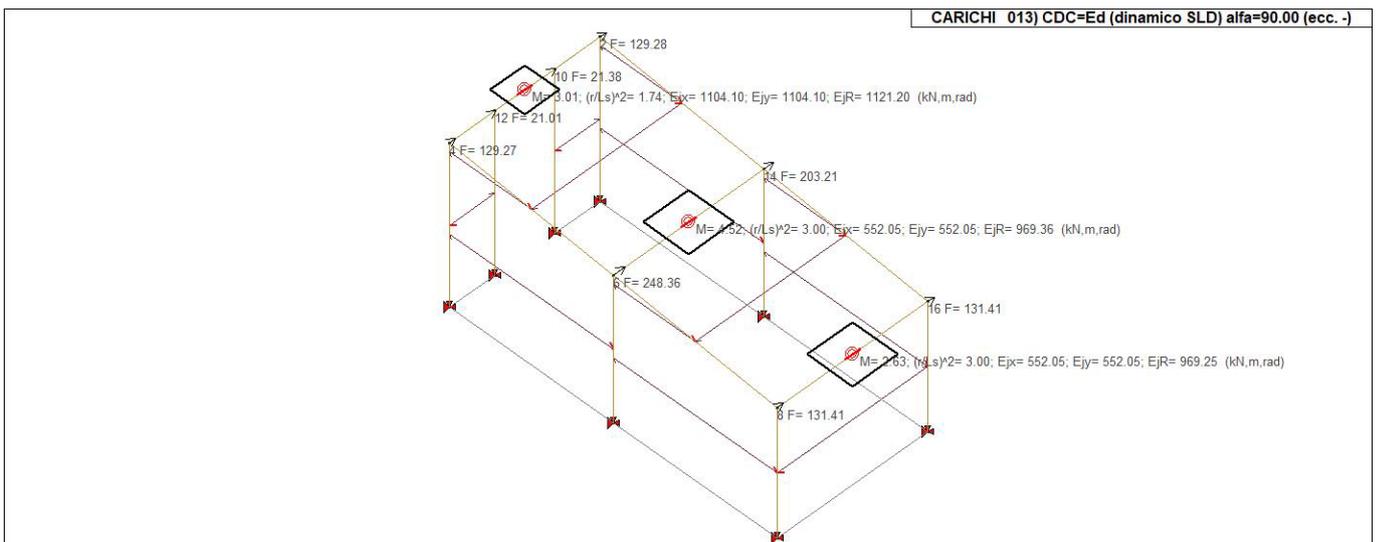


FIGURA 19 - CDC_013_CDC=Ed (DINAMICO SLD) ALFA=90.00 (ECC. -)

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO

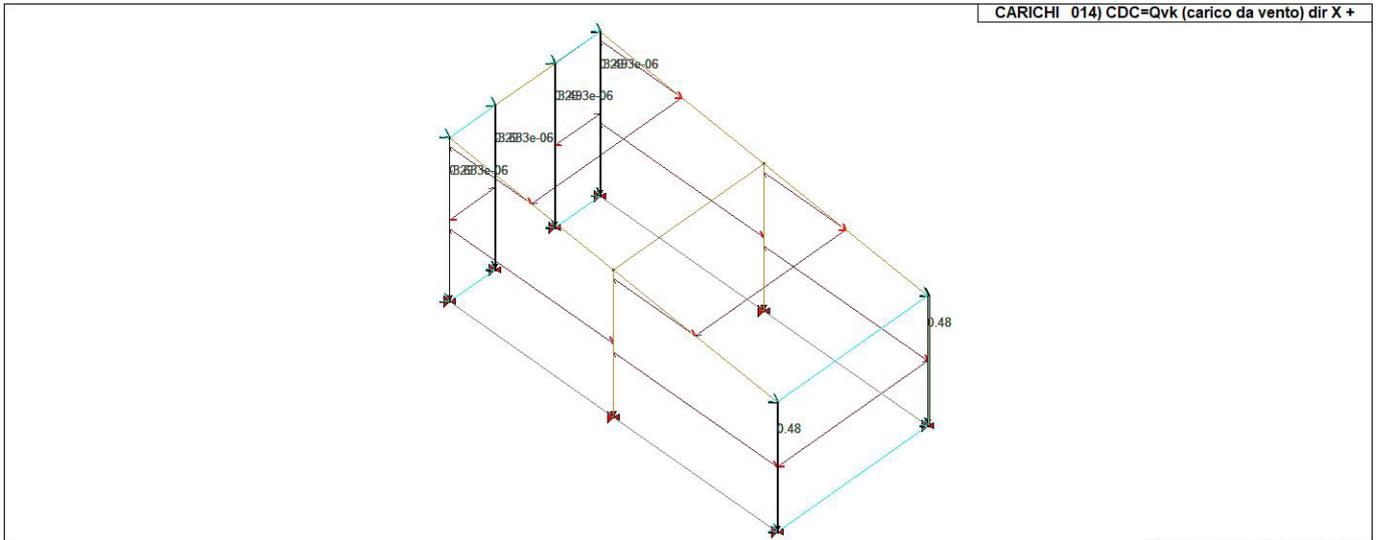


FIGURA 20 - CDC_014_CDC=QVK (CARICO DA VENTO) DIR X +

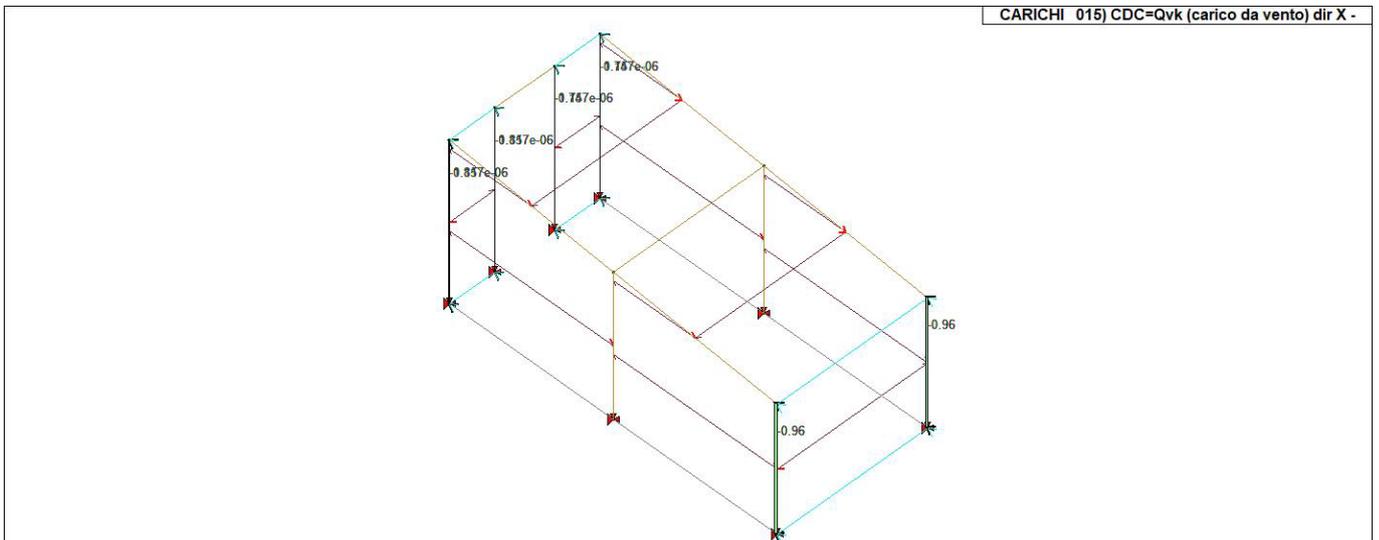


FIGURA 21 - CDC_015_CDC=QVK (CARICO DA VENTO) DIR X -

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO

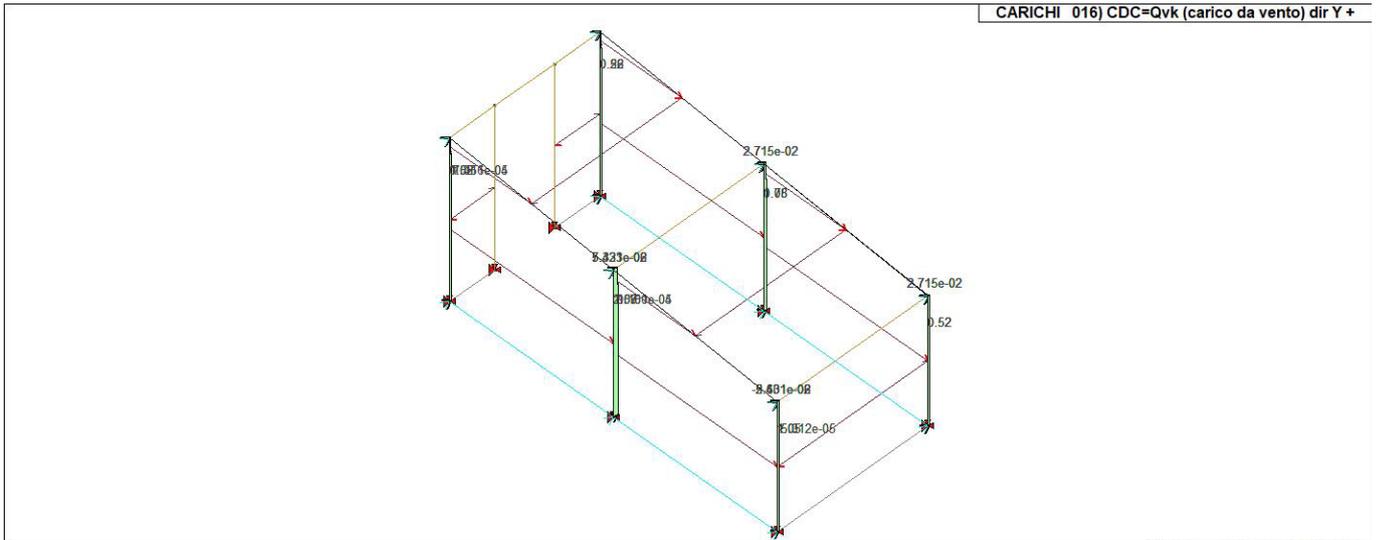


FIGURA 22 - CDC_016_CDC=QVK (CARICO DA VENTO) DIR Y +

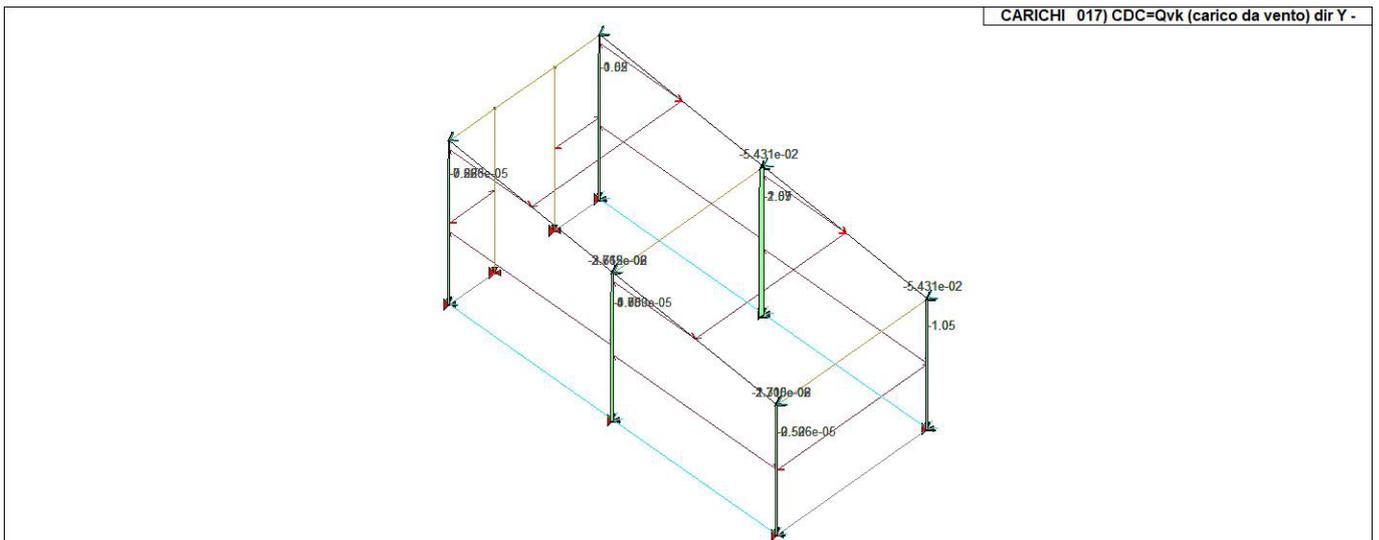


FIGURA 23 - CDC_017_CDC=QVK (CARICO DA VENTO) DIR Y -

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO - RELAZIONE DI CALCOLO

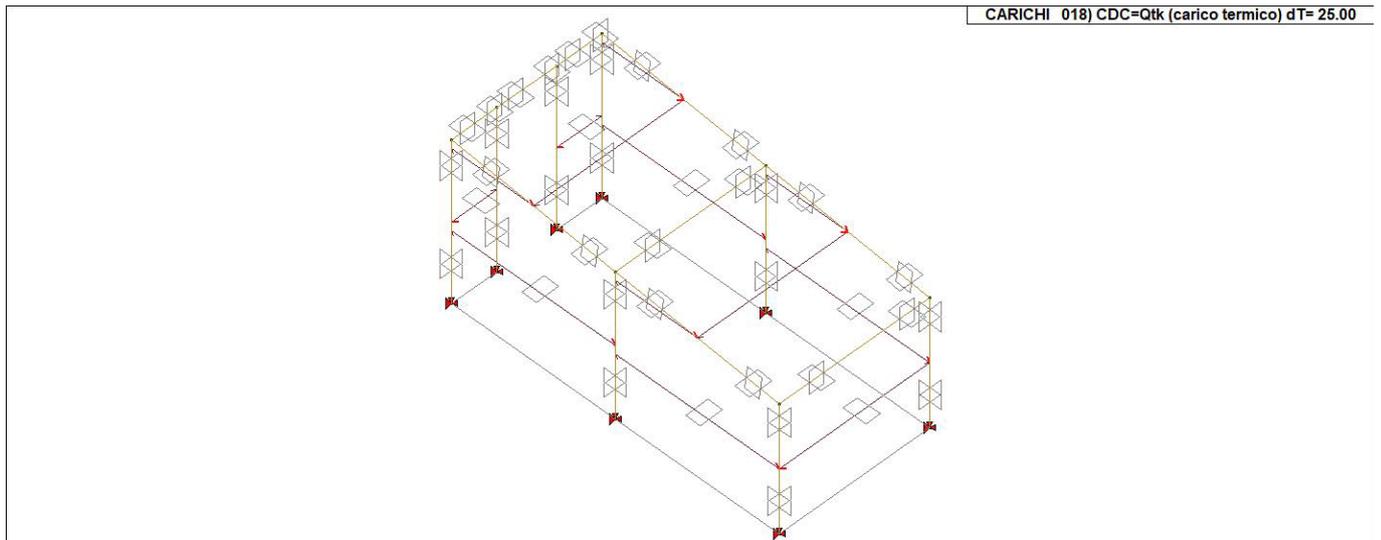


FIGURA 24 - CDC_018_CDC=QTK (CARICO TERMICO) dT= 25.00

10. RISULTATI

Nelle figure successive si riportano i risultati delle analisi realizzate in termini di spostamenti nodali e di seguito i risultati più gravosi ottenuti per le differenti combinazioni in termini di momento 2-2 e 3-3 e sforzo normale.

Le verifiche previste dal D.M. del 17/01/2018 risultano tutte soddisfatte. Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato alla presente relazione di calcolo.

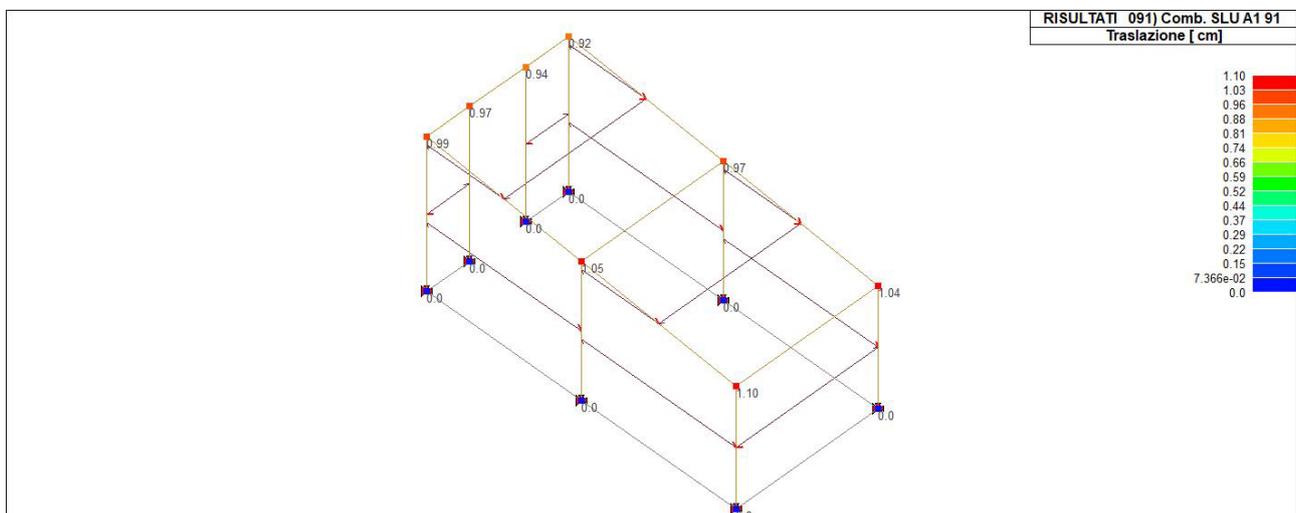


FIGURA 25 - RIS_SPOSTAMENTI_091_COMB. SLU A1 91

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

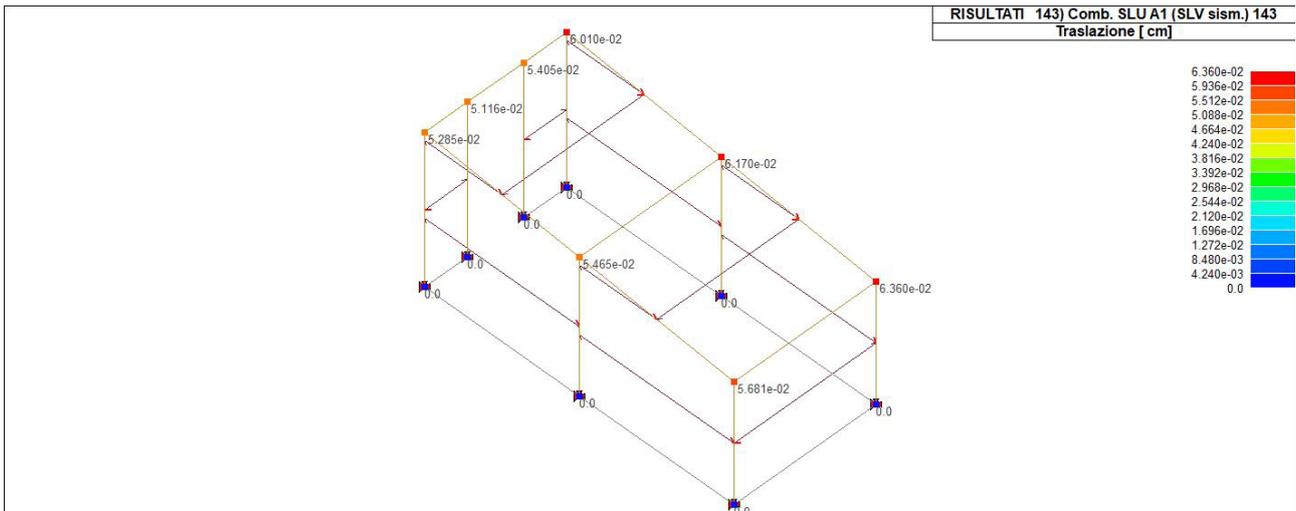


FIGURA 26 - RIS_SPOSTAMENTI_143_COMB. SLU A1 (SLV SISM.) 143

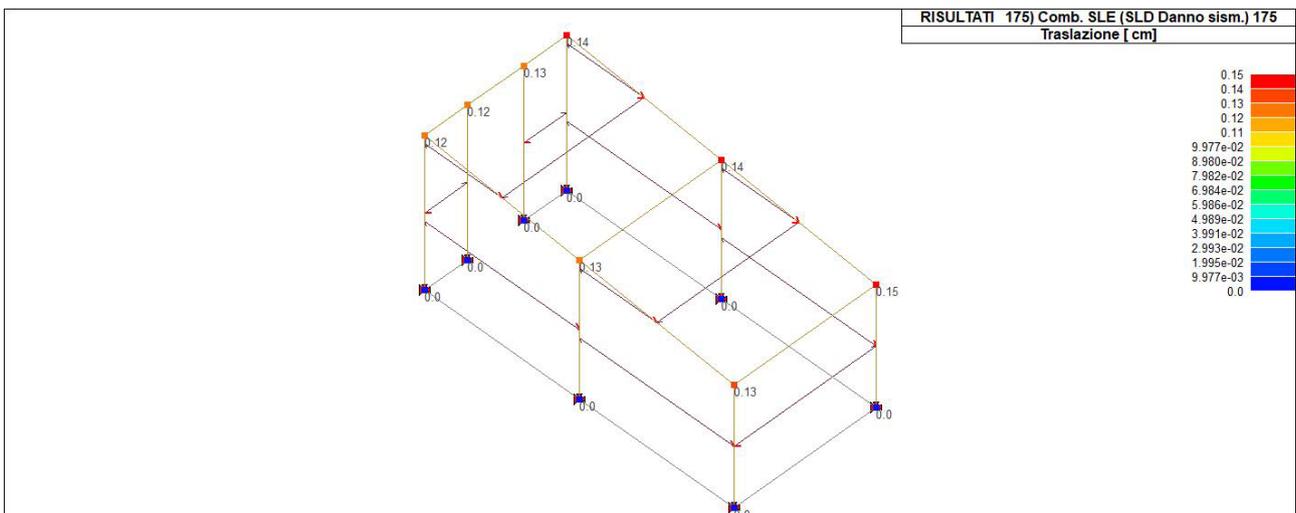


FIGURA 27 - RIS_SPOSTAMENTI_175_COMB. SLE (SLD DANNO SISM.) 175

STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO

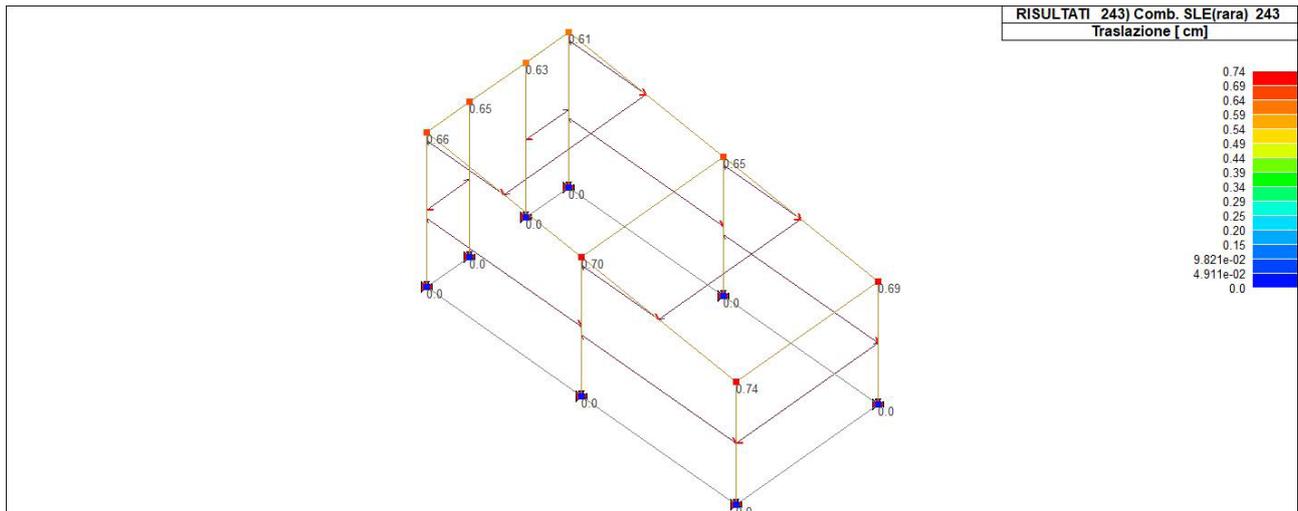


FIGURA 28 - RIS_SPOSTAMENTI_243_COMB. SLE(RARA) 243

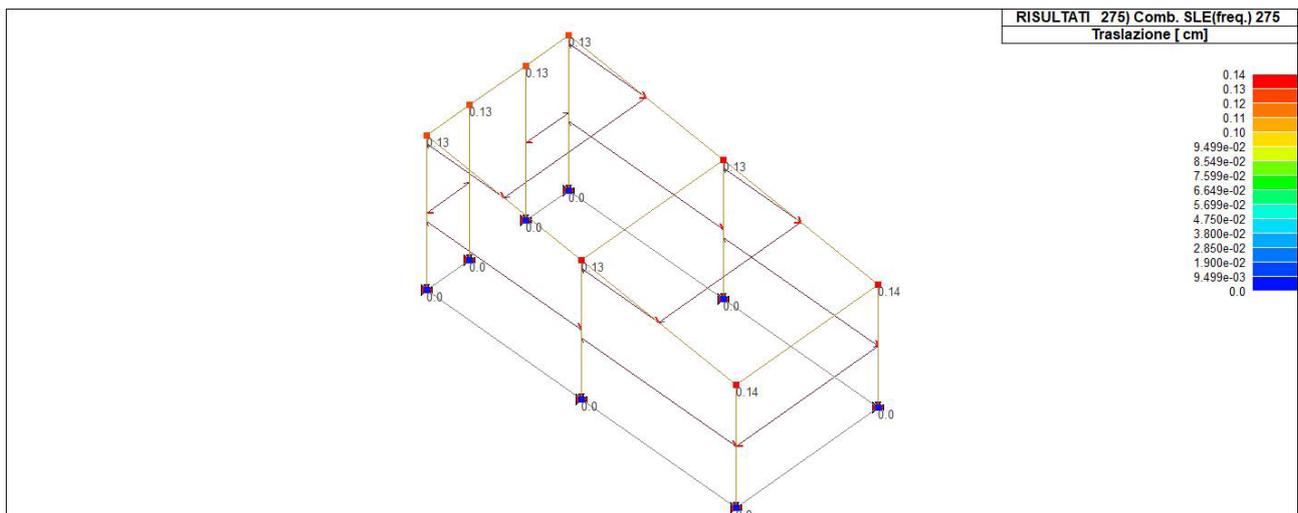


FIGURA 29 - RIS_SPOSTAMENTI_275_COMB. SLE(FREQ.) 275

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

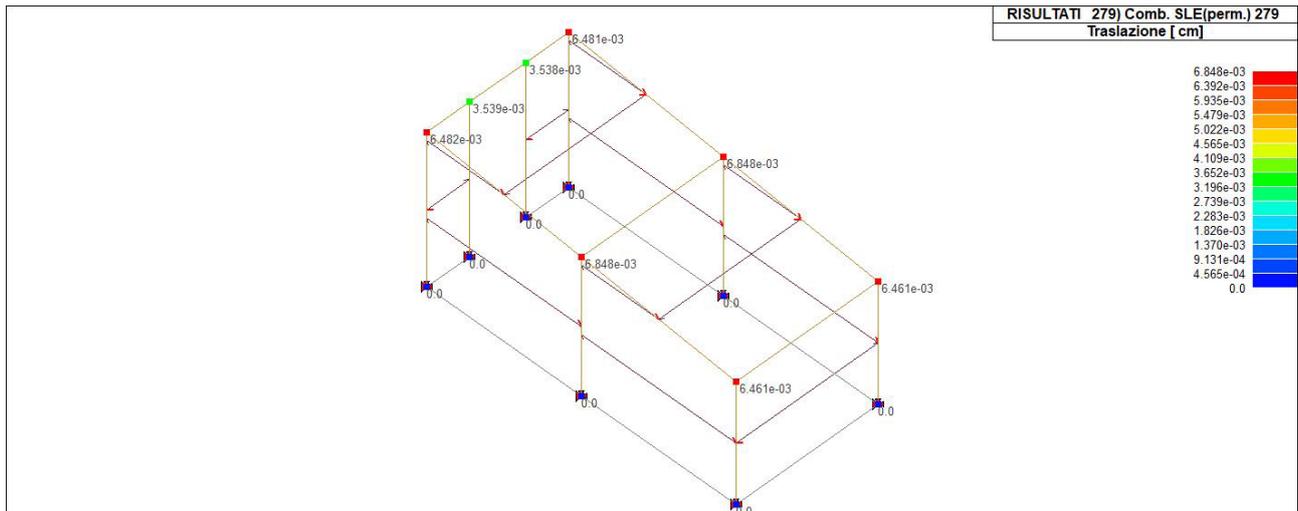


FIGURA 30 - RIS_SPOSTAMENTI_279_COMB. SLE(PERM.) 279

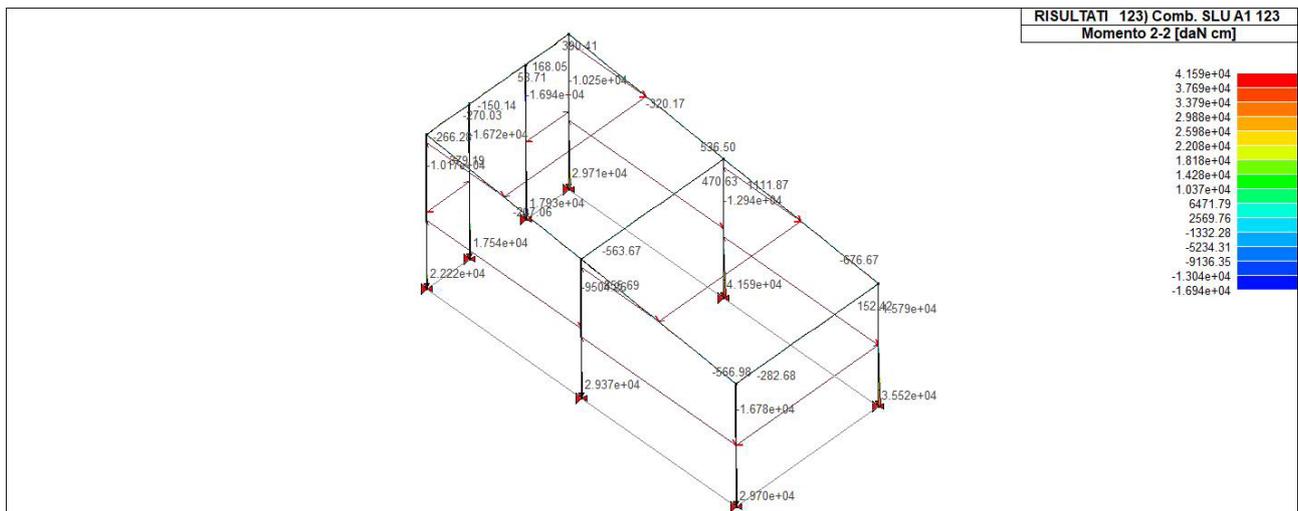


FIGURA 31 - RIS_M2_123_COMB. SLU A1 123

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

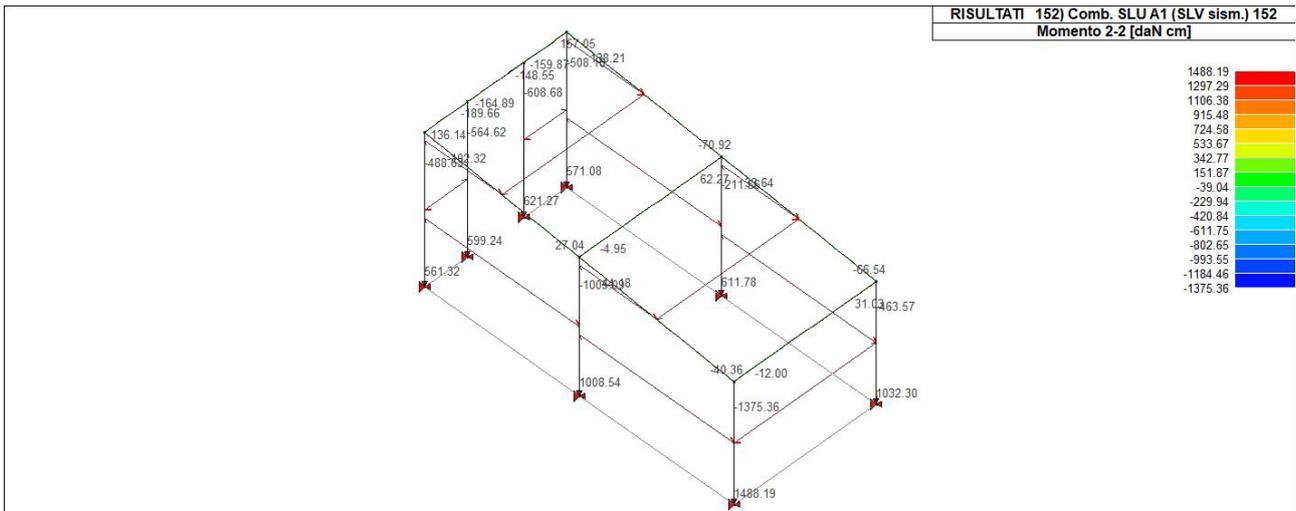


FIGURA 32 - RIS_M2_152_COMB. SLU A1 (SLV SISM.) 152

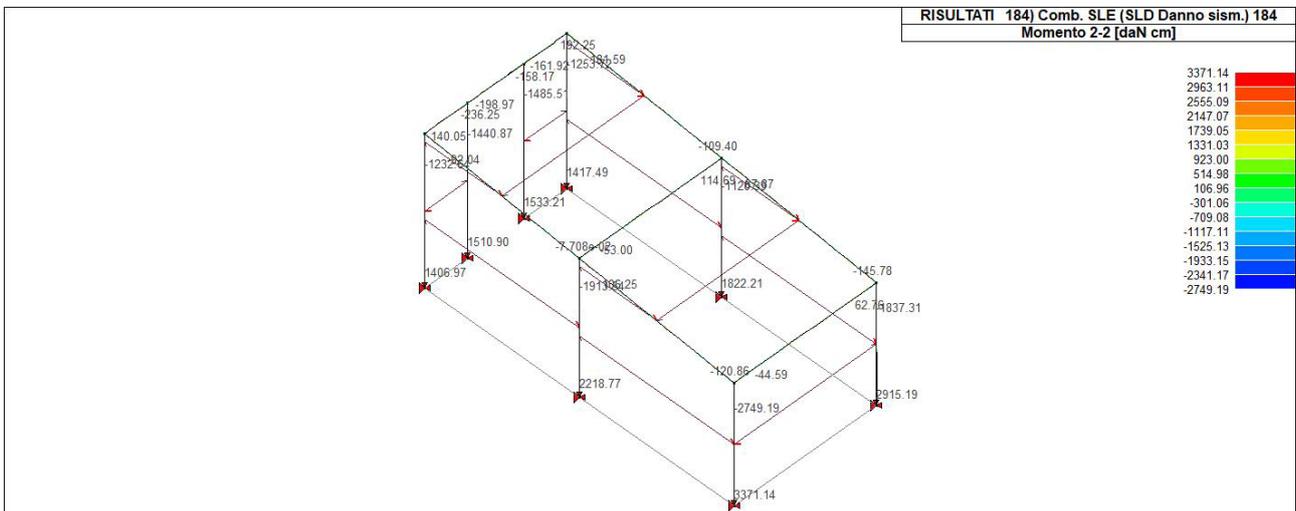


FIGURA 33 - RIS_M2_184_COMB. SLE (SLD DANNO SISM.) 184

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

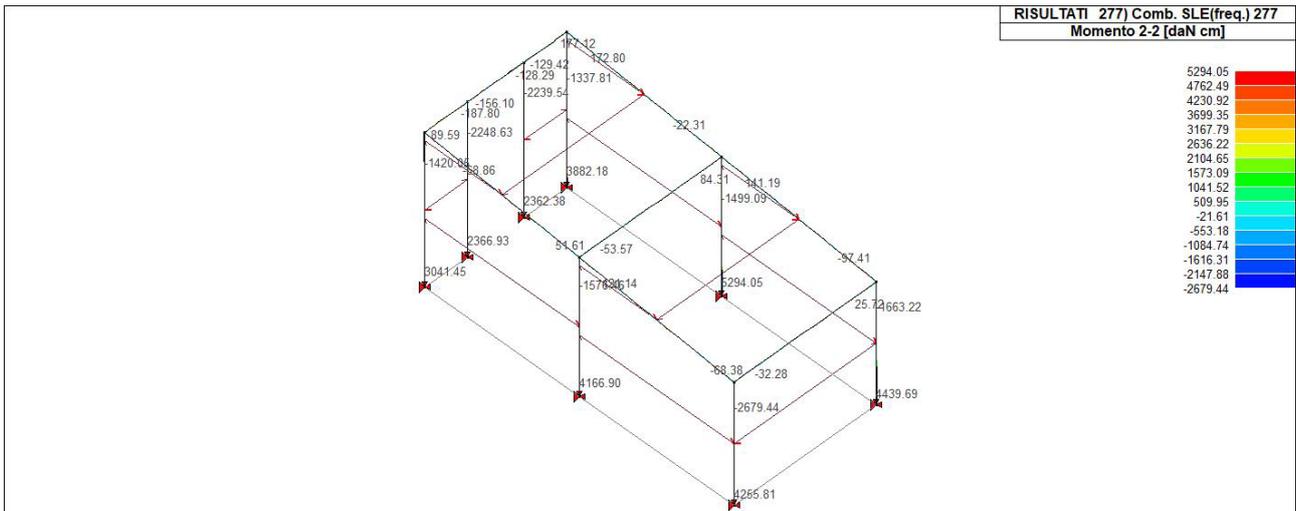


FIGURA 34 - RIS_M2_277_COMB. SLE(FREQ.) 277

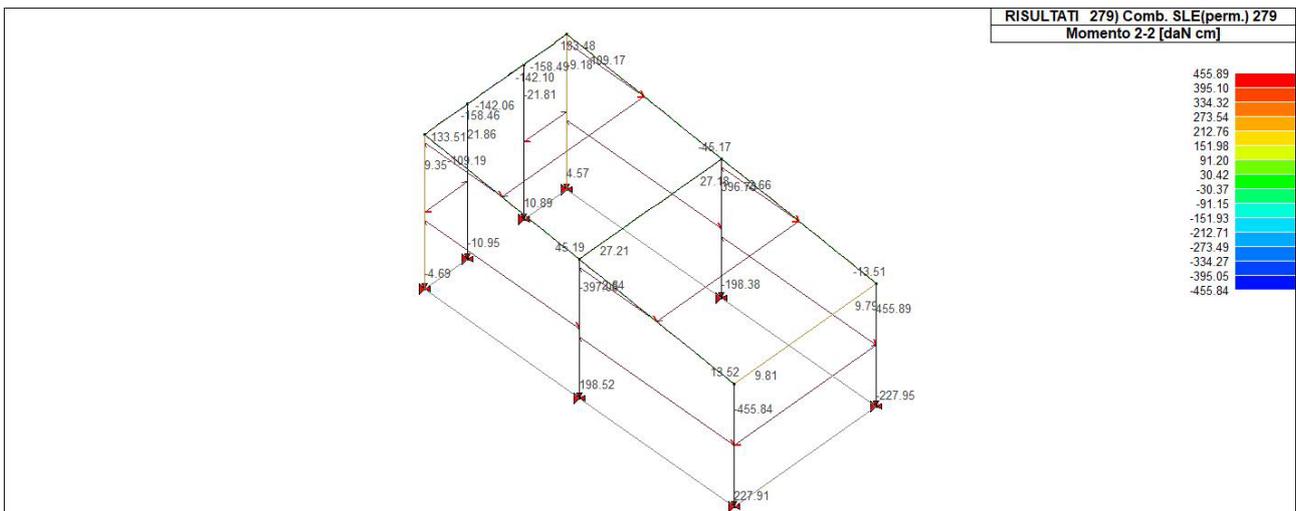


FIGURA 35 - RIS_M2_279_COMB. SLE(PERM.) 279

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

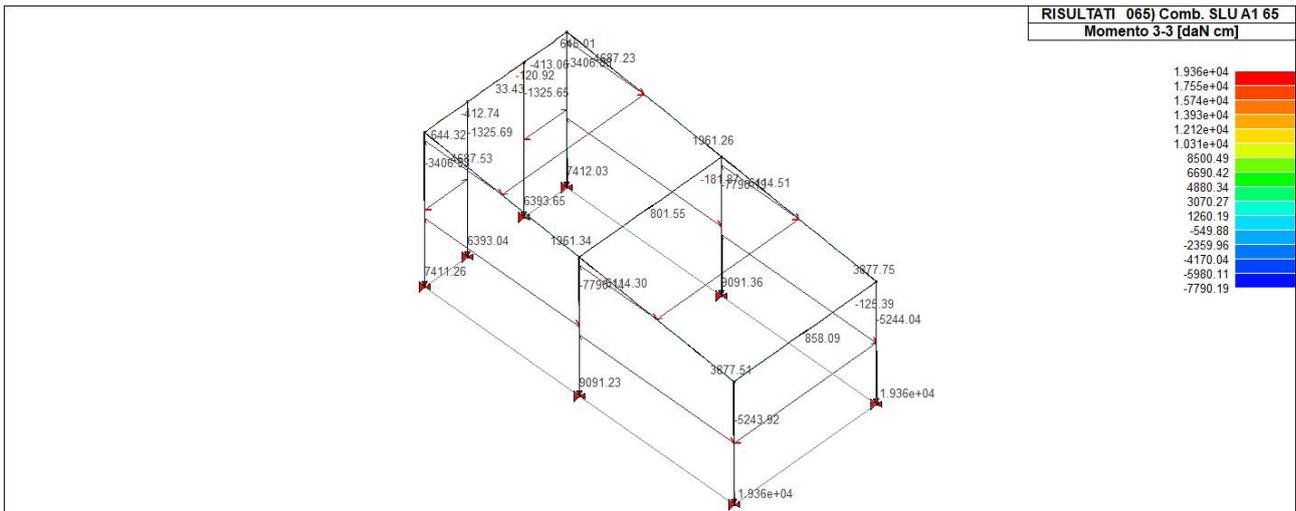


FIGURA 36 - RIS_M3_065_COMB. SLU A1 65

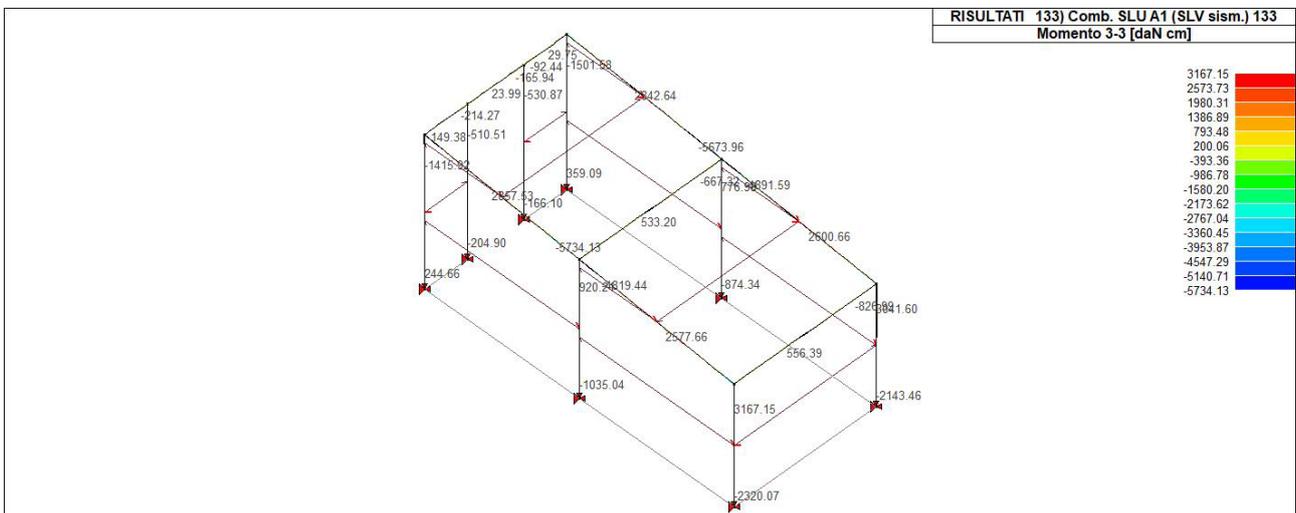


FIGURA 37 - RIS_M3_133_COMB. SLU A1 (SLV SISM.) 133

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

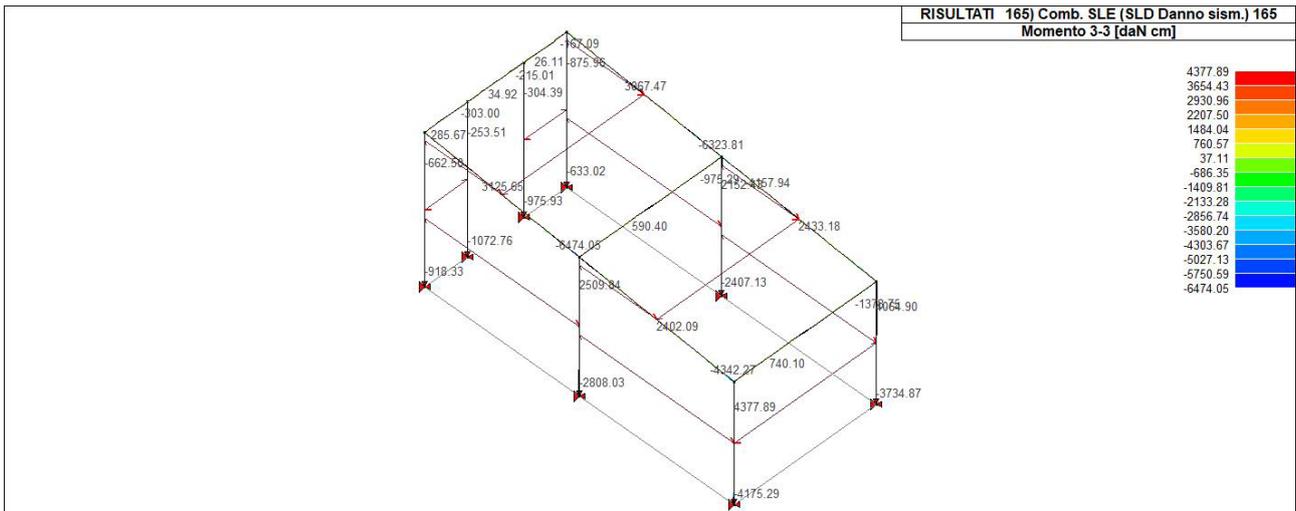


FIGURA 38 - RIS_M3_165_COMB. SLE (SLD DANNO SIM.) 165

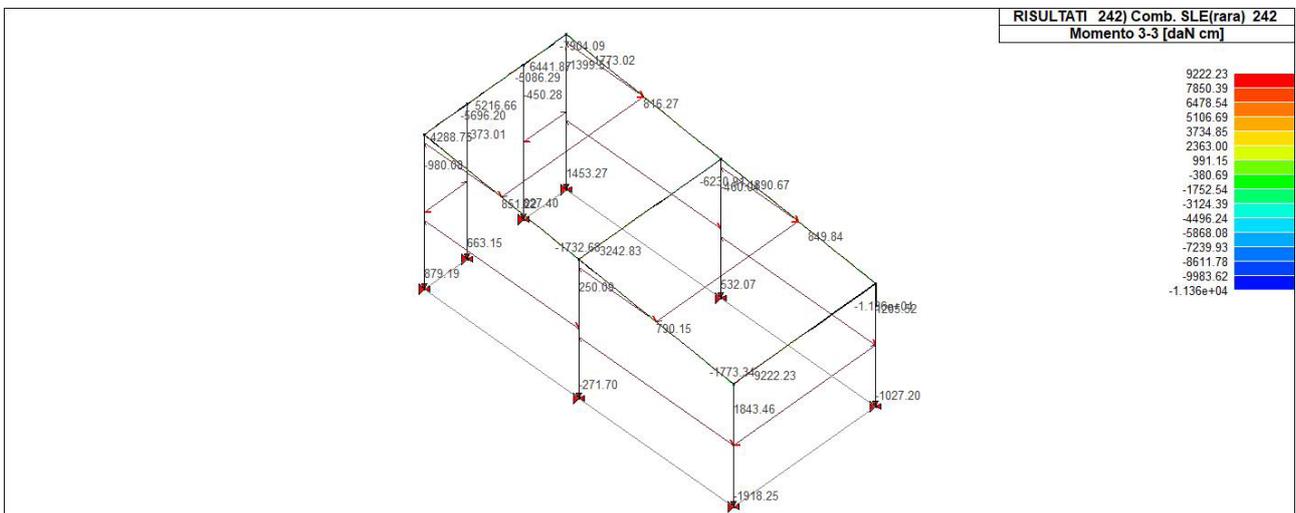


FIGURA 39 - RIS_M3_242_COMB. SLE(RARA) 242

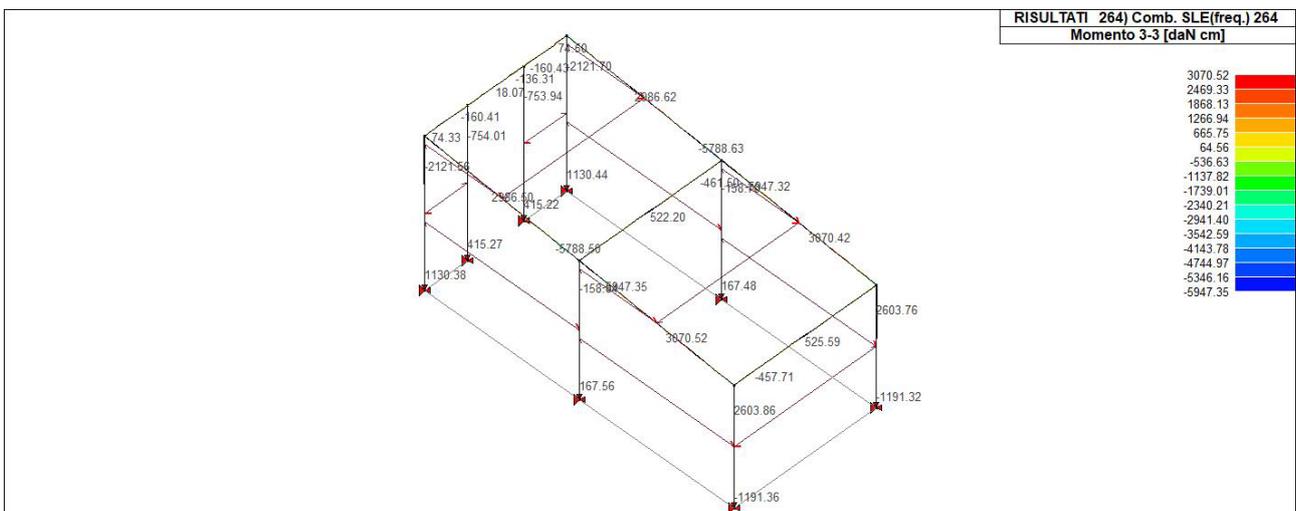


FIGURA 40 - RIS_M3_264_COMB. SLE(FREQ.) 264

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

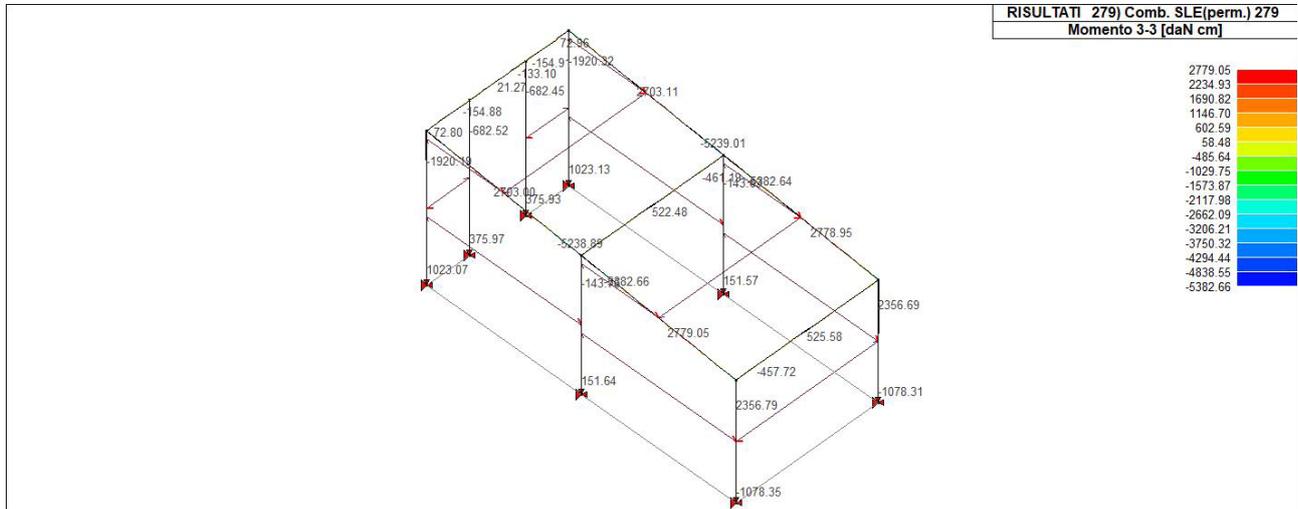


FIGURA 41 - RIS_M3_279_COMB. SLE(PERM.) 279

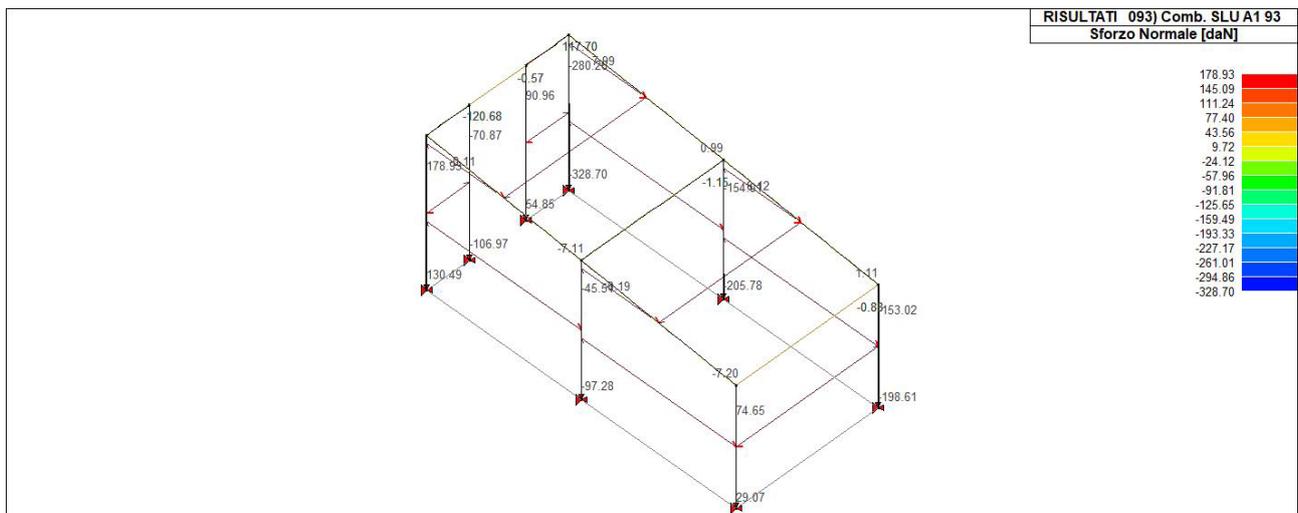


FIGURA 42 - RIS_N_093_COMB. SLU A1 93

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

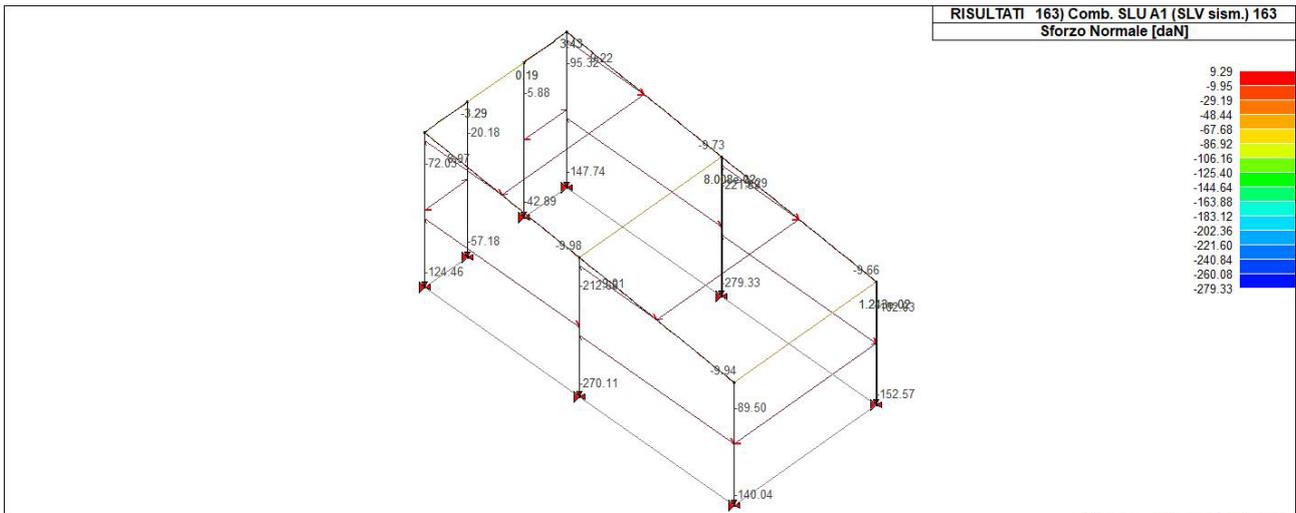


FIGURA 43 - RIS_N_163_COMB. SLU A1 (SLV SISM.) 163

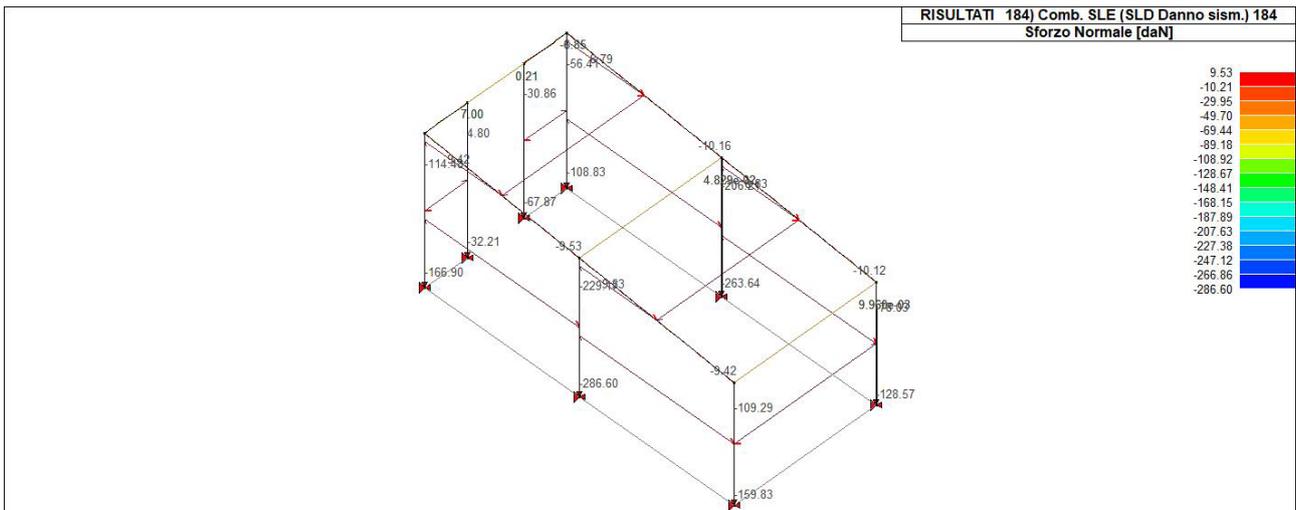


FIGURA 44 - RIS_N_184_COMB. SLE (SLD DANNO SISM.) 184

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

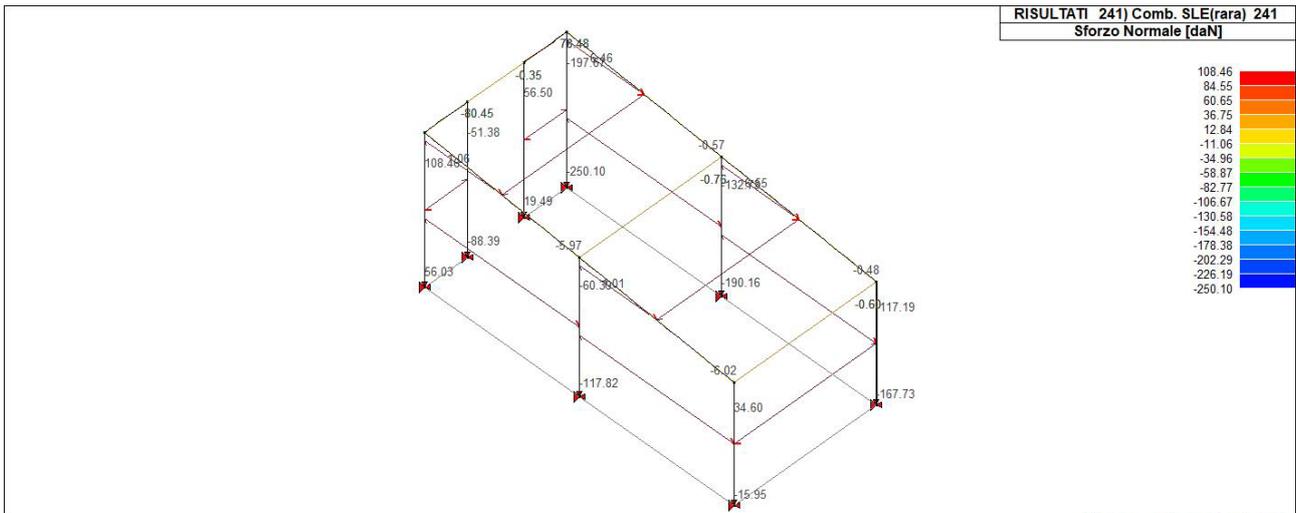


FIGURA 45 - RIS_N_241_Comb. SLE(RARA) 241

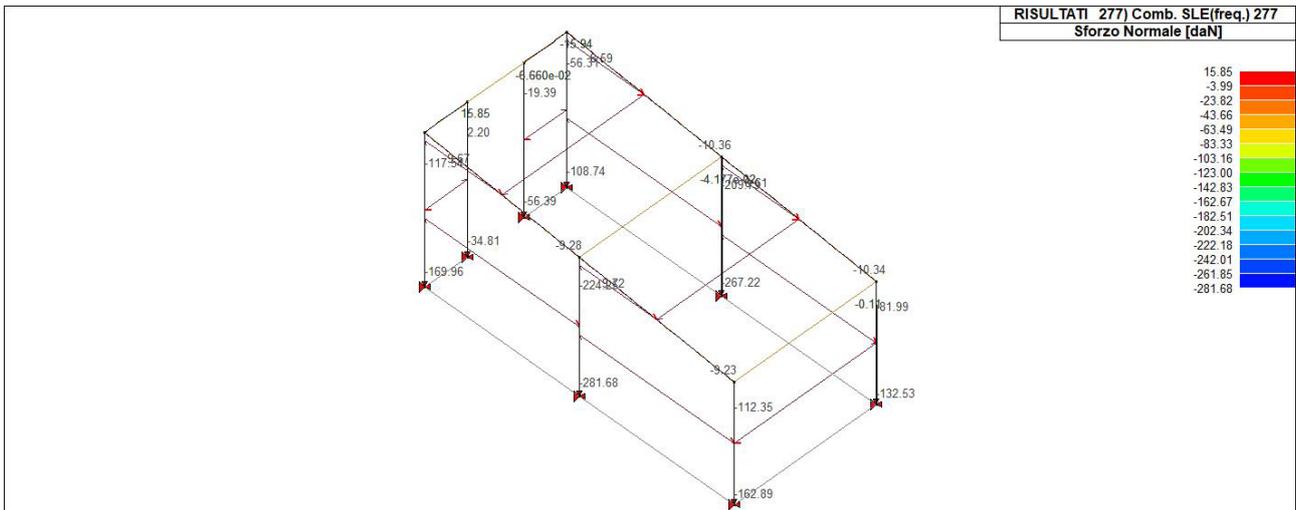


FIGURA 46 - RIS_N_277_Comb. SLE(FREQ.) 277

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

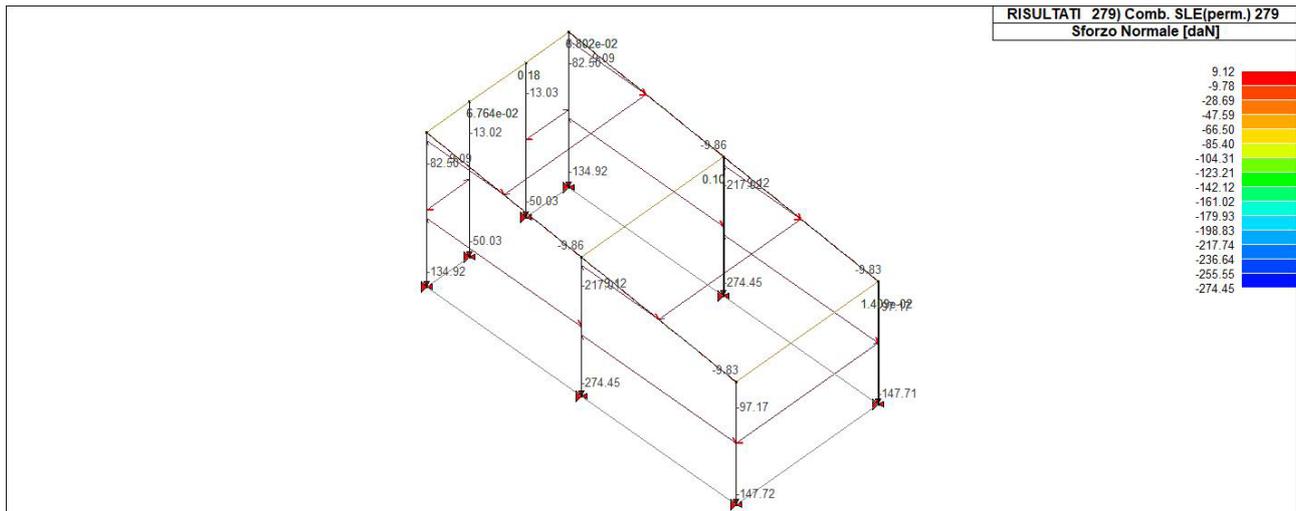


FIGURA 47 - RIS_N_279_COMB. SLE(PERM.) 279

11. VERIFICA COLLEGAMENTI

Le verifiche dei collegamenti sono state effettuate secondo quanto indicato nel D.M. 17/01/2018.

Le sollecitazioni agenti nei collegamenti allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio sono state valutate con i criteri indicati in § 4.2.2. del D.M. 17/01/2018.

Per il calcolo della resistenza a taglio delle viti e dei chiodi, per il rifollamento delle piastre collegate e per il precarico dei bulloni, si adottano i fattori parziali γ_M indicati nella seguente tabella.

TABELLA 6 - COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LA VERIFICA DELLE UNIONI

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento: per SLU	$\gamma_{M3} = 1,25$
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Precarico di bullone ad alta resistenza	$\gamma_{M7} = 1,0$
con serraggio controllato con serraggio non controllato	

Per i collegamenti bullonati devono essere soddisfatte le seguenti verifiche:

- a trazione e taglio dei bulloni;
- a punzonamento della flangia;

**STRUTTURA COPERTA DI ACCESSO AI CUNICOLI DI DRENAGGIO -
RELAZIONE DI CALCOLO**

- sulle saldature profilo-flangia;
- a flessione della piastra in zona compressa;
- a flessione del giunto.

Si prevede un collegamento tra la colonna e la fondazione in calcestruzzo armato tramite un giunto di base costituito da una piastra collegata alla colonna tramite bullonature con Viti cl. 8.8 e Dadi 8 o 10 e unita al plinto di fondazione tramite dei tirafondi.

La flangia (162.8 x 162.8 x 9.0 mm) viene saldata alla colonna in officina e bullonata alla piastra di base in cantiere. È prevista una saldatura con spessore cordoni d'angolo $sc = 2$ mm.

Si prevede un ancoraggio dei tirafondi di tipo meccanico con resistenza a trazione di progetto pari a 21 kN per ciascun tirafondo, ottenuta impiegando calcestruzzo di classe C25/30.

I collegamenti trave-colonna saranno di tipo bullonato impiegando Viti cl. 8.8 e Dadi 8 o 10.

La flangia (164.8 x 164.8 x 5.0 mm) viene saldata alla colonna in officina e bullonata in cantiere. È prevista una saldatura con spessore cordoni d'angolo $sc = 5$ mm.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato alla presente relazione di calcolo.