

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO

IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | |
|-----------------------------|--|---------------------------------|--------------|
| NOME ELABORATO | | CLASSE | 10.12 |
| BOX CARRI BOMBOLAI | | STRUTTURE BOX CARRI BOMBOLAI | |
| RELAZIONE DI CALCOLO | | N. TAVOLA | 10.12.1.a |
| CODIFICA ELABORATO | | FORMATO | A4 |
| 23008-OW-C-101-RS-060-MA1-2 | | SCALA | / |

| REV | DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| 02 | 03/01/2025 | TERZA EMISSIONE | A.LABBATE | C. BUTTICE' | R. MARTELLO |
| 01 | 11/10/2024 | SECONDA EMISSIONE | B.BARONE | C. BUTTICE' | R. MARTELLO |
| 00 | 28/06/2024 | PRIMA EMISSIONE | B.BARONE | C. BUTTICE' | R. MARTELLO |

| Committente | Progettista indicato | Mandataria |
|--|---|---|
|  <p>CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP</p> |  <p>OWAC ENGINEERING COMPANY Via Resuttana 360 90142 -PALERMO</p> <p>OWAC Engineering Company S.R.L. ING. Rocco Martello Direttore Tecnico</p> <p>UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74:2019 N. SGBIM-01/23 UNI/Pdr 74:2019 N. 21042BIM</p> |  <p>Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA)</p> <p>EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio</p> <p>Mandante _____</p>  <p>Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN)</p> <p>ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore</p> |
| | | |



| REV | ESEGUITO | DATA | VERIFICATO | DATA | APPROVATO | DATA |
|-----|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 02 | A.LABBATE | 03/01/2024 | C.BUTTICE' | 03/01/2024 | R.MARTELLO | 03/01/2024 |
| 01 | B.BARONE | 11/10/2024 | C.BUTTICE' | 11/10/2024 | R.MARTELLO | 11/10/2024 |
| 00 | B.BARONE | 28/06/2024 | C.BUTTICE' | 28/06/2024 | R.MARTELLO | 28/06/2024 |



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

RELAZIONE DI CALCOLO AI SENSI 10.1 E 10.2 DM 17/01/18

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



**BOX CARRI BOMBOLAI RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 3 di 67



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F180000070004

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18)..... | 5 |
| 1.1 PREMESSA..... | 5 |
| 1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO | 5 |
| DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA | 5 |
| 2. MODELLAZIONE..... | 9 |
| 2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI | 9 |
| 3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI..... | 11 |
| 3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI..... | 11 |
| 4. ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI | 13 |
| 5. AZIONE SISMICA..... | 15 |
| 5.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO | 17 |
| 6. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO | 21 |
| 7. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI | 22 |
| 7.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE | 23 |
| 7.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO | 23 |
| 8. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI..... | 40 |
| 8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA | 40 |
| 8.2 VERIFICA DI PUNZONAMENTO DEI NODI | 41 |
| 8.3 VERIFICHE SLD..... | 44 |
| 9. PRINCIPALI RISULTATI..... | 48 |
| 10. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA..... | 51 |
| 11. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI..... | 61 |
| 12. RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO | 65 |

MANDATORIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World®

PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**BOX CARRI BOMBOLAI RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 4 di 67



1. RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18)

1.1 PREMESSA

Nella presente introduzione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo strutturale, che tiene conto anche degli strumenti urbanistici, del progetto architettonico, del progetto delle componenti tecnologiche in generale e delle prestazioni attese dalla struttura.

1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

| Progetto-verifica degli elementi | |
|---|---|
| Progetto cemento armato | D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019 |
| Progetto acciaio | D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019 |
| Progetto legno | D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019 |
| Progetto muratura | D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019 |
| Azione sismica | |
| Norma applicata per l' azione sismica | D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019 |

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il box di carimento dei carri bombolai è una struttura del tipo a pareti in calcestruzzo armato. la tipologia di calcestruzzo è C32/40, la classe di esposizione è XC 4 ed il coprifero è cm 5.

I pali di fondazione sorreggono la struttura del box carro bombolaio e sono di diametro cm60, profondità m 15. La qualità di calcestruzzo è C25/30 e la classe di esposizione è XC 2 coprifero 5cm.

Con riferimento ai §§6.4.3.3, 7.11.5.3.2, C7.11.5.3.2, nell'ambito dell'interazione terreno-struttura, per la fondazione è stato considerato un comportamento di tipo misto: ai pali viene affidata la capacità portante verticale e la funzione di contenere i cedimenti, la piastra ha il compito di assorbire lo scorrimento orizzontale. Alla piastra vengono di conseguenza assegnati valori cautelativi della costante di Winkler, ricavati dalla letteratura: per la costante verticale si assume $k_v = 0.6$ daN/cmc, per la costante orizzontale si assume $k_h = 0.3$ daN/cmc. Si veda la tabella che segue

| MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER] | | MODULO DI REAZIONE "ORIZZONTALE" DEL TERRENO [per paratie] | |
|--|----------------------------|--|---|
| <i>Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATTI</i> | | <i>Rif.: FONDAZIONI Joseph E. BOWLES</i> | |
| Natura del terreno | K [Kg/cm ³] | Natura del terreno | K _s [Kg/cm ³] |
| torba leggera | 0.6 ~ 1.2 | Terreno Sabbioso: | |
| torba pesante | 1.2 ~ 1.8 | Sciolti | 0.49 ~ 1.63 |
| terra vegetale | 1.0 ~ 1.5 | Mediamente compatto | 0.98 ~ 8.16 |
| depositi recenti | 1.0 ~ 2.0 | Compatto | 6.53 ~ 13.50 |
| sabbia di mare, fina | 1.5 ~ 2.0 | Terreno Argilloso: | |
| sabbia poco coerente | 2.0 ~ 4.0 | qu < 2 daN/cm ² | 1.22 ~ 2.45 |
| terra molto umida | 2.0 ~ 3.5 | qu < 4 daN/cm ² | 2.45 ~ 4.89 |
| terra poco umida | 3.0 ~ 6.0 | qu > 4 daN/cm ² | 4.98 ~ 48.95 |
| terra secca | 5.0 ~ 10.0 | Sabbia argillosa mediamente compatta | 3.26 ~ 8.16 |
| argilla con sabbia | 8.0 ~ 10.0 | Sabbia limosa mediamente compatta | 2.45 ~ 4.89 |
| argilla grassa | 10.0 ~ 12.0 | | |
| sabbia compatta | 8.0 ~ 15.0 | | |
| ghiaia con sabbia | 10.0 ~ 25.0 | | |
| ghiaia compatta | 20.0 ~ 30.0 | | |



Per i pali le costanti vengono calcolate in funzione agli strati. Nel calcolo della portanza dei pali si è posto pari a zero il calore della portanza laterale dei limi ai fini di un vantaggio di sicurezza.
Lo spessore delle pareti è 30 cm e del solaio di copertura è di cm 30, la piastra di fondazione ha uno spessore cm 50.

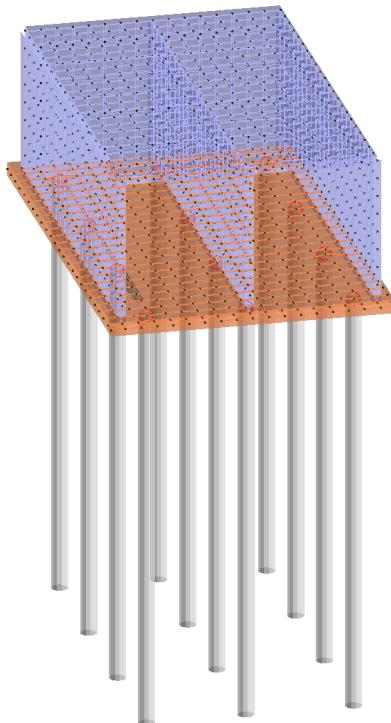


Figura 1- Elementi che costituiscono il box carri bombolai

| Descrizione generale dell'opera | |
|---------------------------------|---|
| Opera di nuova realizzazione | SI |
| Fabbricato ad uso | A servizio dei processi industriali |
| Ubicazione | Comune di FERMO (FM) (Regione MARCHE) Località FERMO (FM) Longitudine 13.677, Latitudine 43.122 (Riferimento WGS84) |
| Numero di piani | Fuori terra *0 Interrati *0 Le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di m 10,00 x 15,85 |
| Numero vani scale | 0 |
| Numero vani ascensore | *0 |
| Tipo di fondazione | Mista. Indiretta su pali, e plate per assorbire gli scorimenti. |



Materiali impiegati

| | |
|----------------|----|
| Cemento Armato | SI |
| Acciaio | NO |
| Legno | NO |
| Muratura | NO |

Principali caratteristiche della struttura

| | |
|---|------------------------------|
| Struttura regolare in pianta | SI |
| Struttura regolare in altezza | SI |
| Classe di duttilità | ND struttura non dissipativa |
| Travi: ricalcate o in spessore | 0 |
| Pilastri | 0 |
| Pilastri in falso | 0 |
| Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma | Nessuna |
| Analisi per carichi non sismici | SI |
| Analisi sismica | Dinamica lineare |
| Verifica SLD di resistenza | SI |

Parametri della struttura

| Classe d'uso | Vita Vn [anni] | Coeff. Uso | Periodo Vr [anni] |
|--------------|----------------|------------|-------------------|
| III | 50.0 | 1.5 | 75.0 |

Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:

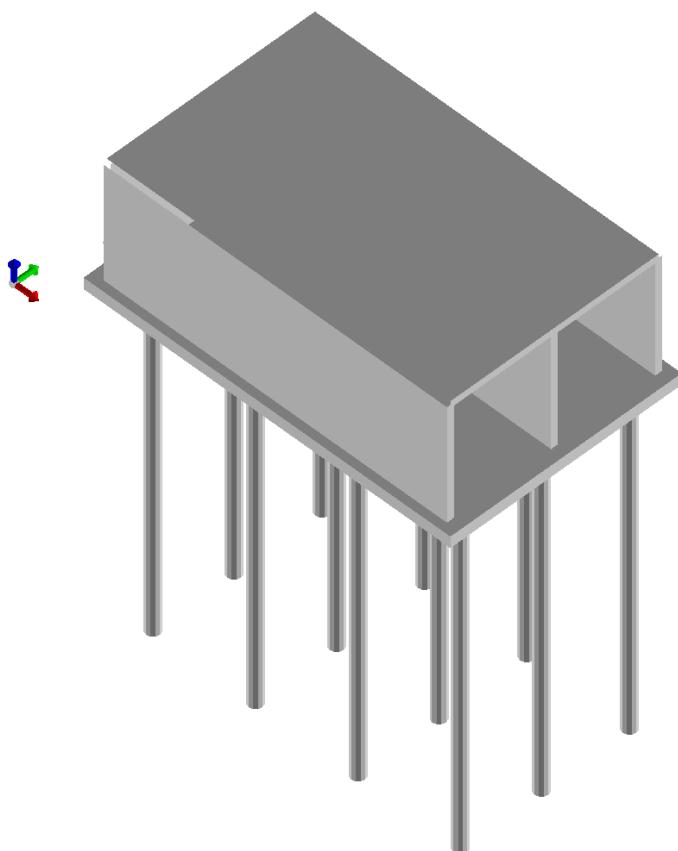


Figura 2 - Vista anteriore solida del modello

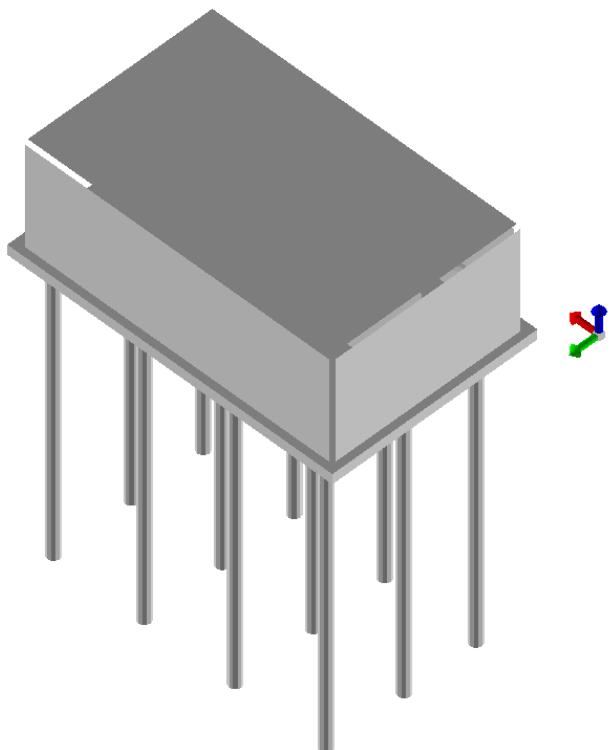


Figura 3 - Vista posteriore solida del modello



2. MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo 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 tenso-deformativo 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:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$$
 dove \mathbf{K} = matrice di rigidezza
 \mathbf{u} = vettore spostamenti nodali
 \mathbf{F} = vettore forze nodali

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

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

2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:

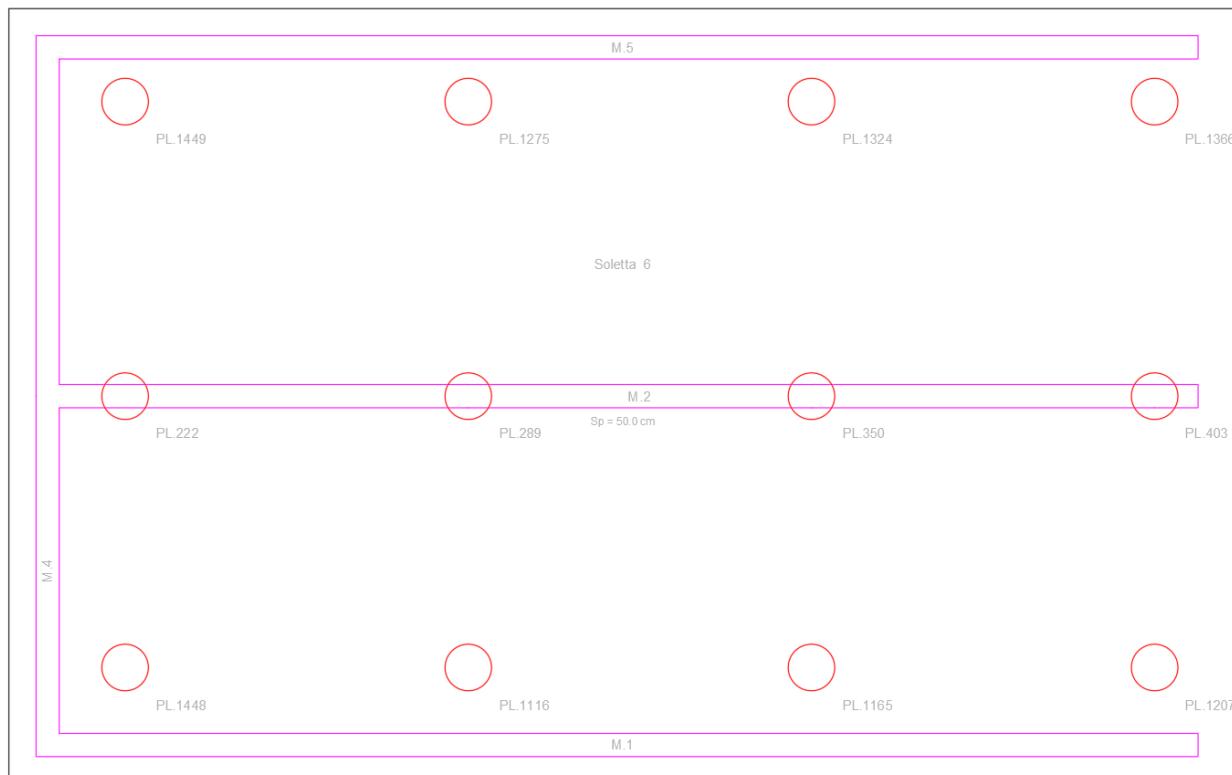


Figura 4 - Numerazione Pali di Fondazione

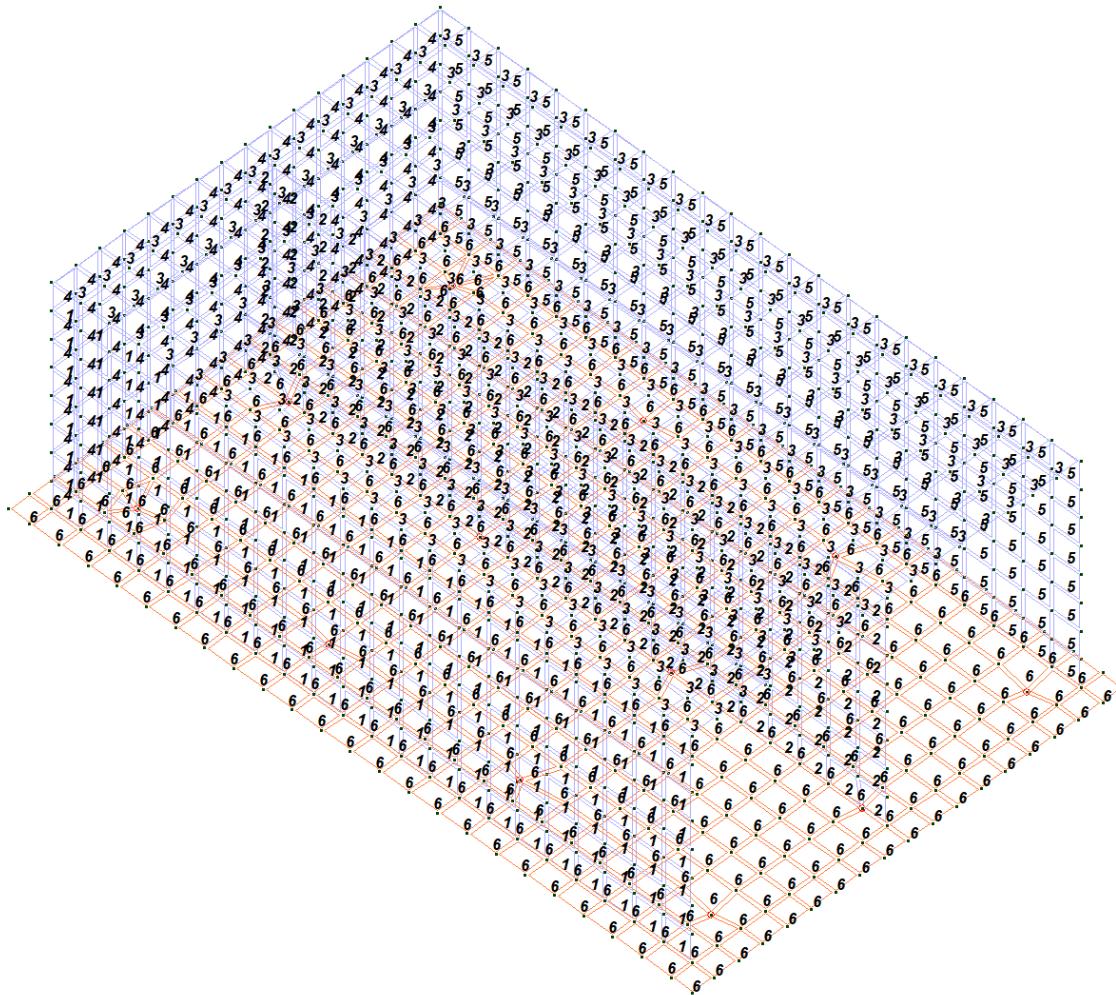


Figura 5 - Numerazione setti e piastre

Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SPESSORI

| Id | | Spessore Gusci | Spessore Setti | Sp. solai piano rigido |
|----|--|----------------|----------------|------------------------|
| | | cm | cm | cm |
| 1 | | 30.00 | 30.00 | - |
| 2 | | 50.00 | - | - |

Legenda

Spessore Gusci Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale
 Spessore Setti Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale

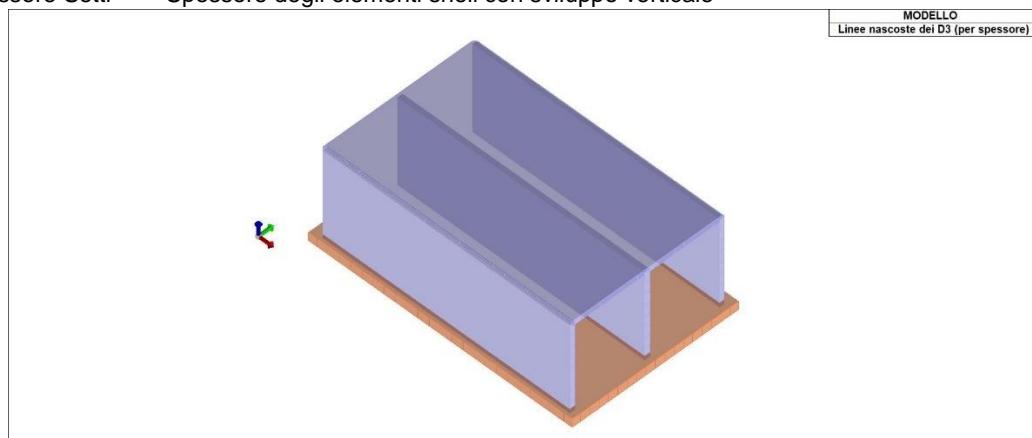


Figura 6 - Rappresentazione dei setti e piastre (elementi D3 in Prosap) nella Grafica linee nascoste.



3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[5]- PIASTRA DI FONDAZIONE -

| | | Calcestruzzo Classe C32/40 | | |
|-----------|----------|--|--------|---------------------|
| Id | - | | | u.m. |
| 5 | | | | |
| | | Resistenza caratteristica cubica Rck | 400.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza caratteristica cilindrica fck | 332.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza fctm | 31.0 | daN/cm ² |
| | | Tensione caratteristica di snervamento acciaio | 4500.0 | daN/cm ² |
| | | Tipo acciaio | tipo C | |
| | | Coefficiente gamma c | 1.50 | |
| | | Coefficiente gamma s | 1.15 | |
| | | Rapporto Rfessurata (assiale) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (flessione) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (taglio) | 1.00 | |

[5]- MATERIALE PER PARETI -

| | | Calcestruzzo Classe C32/40 | | |
|-----------|----------|--|--------|---------------------|
| Id | - | | | u.m. |
| 5 | | | | |
| | | Resistenza caratteristica cubica Rck | 400.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza caratteristica cilindrica fck | 332.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza fctm | 31.0 | daN/cm ² |
| | | Tensione caratteristica di snervamento acciaio | 4500.0 | daN/cm ² |
| | | Tipo acciaio | tipo C | |
| | | Coefficiente gamma c | 1.50 | |
| | | Coefficiente gamma s | 1.15 | |
| | | Rapporto Rfessurata (assiale) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (flessione) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (taglio) | 1.00 | |

[1]- PALI DI FONDAZIONE -

| | | Calcestruzzo Classe C25/30 | | |
|-----------|----------|--|--------|---------------------|
| Id | - | | | u.m. |
| 1 | | | | |
| | | Resistenza caratteristica cubica Rck | 300.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza caratteristica cilindrica fck | 249.0 | daN/cm ² |
| | | Resistenza fctm | 25.6 | daN/cm ² |
| | | Tensione caratteristica di snervamento acciaio | 4500.0 | daN/cm ² |
| | | Tipo acciaio | tipo C | |
| | | Coefficiente gamma c | 1.50 | |
| | | Coefficiente gamma s | 1.15 | |
| | | Rapporto Rfessurata (assiale) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (flessione) | 1.00 | |
| | | Rapporto Rfessurata (taglio) | 1.00 | |

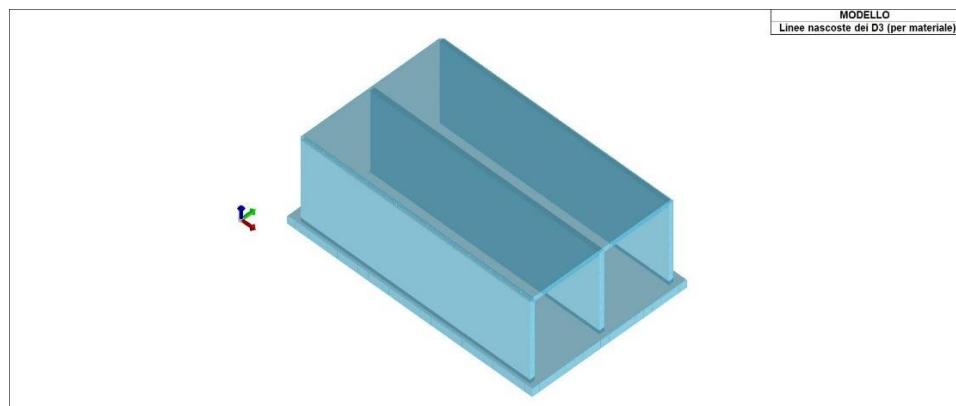


Figura 7 - Materiale assegnato ai setti e alle piastre (elementi D3 in Prosap) nella grafica Linee Nascoste



| CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | PALI DI FONDAZIONE | PIASTRA DI FONDAZIONE | PARETI |
| CLASSE DEL CALCESTRUZZO | C25/30 | C32/40 | C32/40 |
| ACCIAIO BARRE | B 450 C | B 450 C | B 450 C |
| CLASSE DI ESPOSIZIONE | XC2 | XC4 | XC4 |
| MASSIMO RAPPORTO A/C | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| DIAMETRO MASSIMO INERTE | 32 mm | 32 mm | 32 mm |
| COPRIFERRO MINIMO | 3.5cm | 3.5cm | 3,5 cm |
| COPRIFERRO ADOTTATO | 5 cm | 5 cm | 5 cm |
| CLASSE DI CONSISTENZA | S4 | S4 | S4 |
| CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO | 300 kg/m ³ | 300 kg/m ³ | 300 kg/m ³ |
| UNITA' DI MISURA CARPENTERIA IN "m" FERRI D'ARMATURA IN "cm" | | | |
| | | | |
| | | | |

ACCIAIO IN BARRE PER CALCESTRUZZO ARMATO:

- B450C saldabile (par.11.3.2.1 NTC2018)
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_yk \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura : $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento $As \geq 12\%$

ACCIAIO IN RETI ELETTROSALDATE PER CALCESTRUZZO ARMATO:
 come da prescrizioni della normativa vigente.

| CARATTERISTICHE | | Requisiti | Frattile % |
|--|-----------------------------------|--------------------------|------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_yk | | $\geq f_{y \text{ nom}}$ | 5.0 |
| Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk} | | $\geq f_{t \text{ nom}}$ | 5.0 |
| (ft/fy)k | $\geq 1,15$ | 10.0 | |
| | $<1,35$ | | |
| $(f_y/f_{y \text{ nom}})k$ | | $\leq 1,25$ | 10.0 |
| Allungamento | $(Agt)k$ | $\geq 7,5\%$ | 10.0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: | $\phi < 12 \text{ mm}$ | 4 ϕ | |
| | $12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$ | 5 ϕ | |
| | $16 \leq \phi \leq 25 \text{ mm}$ | 8 ϕ | |
| | | | |
| | $25 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$ | 10 ϕ | |



4. ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI

Descrizione:

Solaio a travetti in C.A.: b = 12.0, h = 30.0 cm

Carichi permanenti strutturali [daN/mq]

| | |
|----------------------------------|------------|
| - travetti e soletta c.a. h=30+0 | 750 |
| Totale carichi G1 | 750 |

Carichi permanenti portati [daN/mq]

| | |
|---|--------------|
| - impermeabilizzazione | 30.0 |
| - formazione pendenza massetto sabbia e cemento | 80.0 |
| - impianti | 80.0 |
| Totale carichi G2 | 190.0 |

Carichi variabili [daN/mq]

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Sovraccarico variabile Q | 100.0 |
| Sovraccarico neve Qneve | 80.0 |

Per il solaio si adottano i seguenti carichi in daN/mq:

| Permanente G1 | Permanente G2 | Variabile Q | Neve |
|---------------|---------------|-------------|-------|
| 750 | 190.0 | 100.0 | 100.0 |

Categoria carichi variabili: H / I / K - Coperture.

Coefficienti di combinazione: $\alpha_0 = 0.00$, $\alpha_1 = 0.00$, $\alpha_2 = 0.00$

Categoria carichi: Neve (alt. s.l.m. ≤ 1000 m).

Coefficienti di combinazione: $\alpha_0 = 0.50$, $\alpha_1 = 0.20$, $\alpha_2 = 0.00$

NEVE

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per $Tr = 50$ anni);

| Zona | Esposizione | Ce | TR | as | qsk |
|------|--------------|------|---------|-------|--------|
| II | Zona normale | 1,00 | 50 anni | 200 m | 100,00 |

Copertura ad una falda:

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

- Copertura piana $W = 13.0$ m, $L = 19.0$ m $\Rightarrow Lc = 17.1$, $Cef = 1.000$

$\alpha_1 = 0,80 \Rightarrow Q1 = 80$ daN/mq -> è stato scelto 100daN/mq

VENTO

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

$Vb = Vb,0$ per $as \leq a0$

$Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1))$ per $a0 < as \leq 1500$ m

per $as > 1500$ m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate



Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per as = 1500 m
 Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR
 Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

| Zona | Vb,0 | a0 | ks | as | TR | Vb | Cr | Vr |
|------|--------|-------|------|-------|---------|-----------|-------|-----------|
| 3 | 27 m/s | 500 m | 0,37 | 200 m | 50 anni | 27,00 m/s | 1,000 | 27,00 m/s |

Pressione cinetica di riferimento, qr = $\rho Vr^2 / 2 = 46 \text{ daN/mq}$
 dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)
 Esposizione: Cat. II - Zona costiera entro 10 km dal mare
 Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

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

Classe di rugosità del terreno: D (NTC - Tab. 3.3.III)
 Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)

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

Cp: coefficiente di pressione;
 Cd: coefficiente dinamico;
 Ct: coefficiente di topografia;
 Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);
 z: altezza sul suolo.

| Cp | Cd | Ct | Ce | z |
|------|------|------|------|--------|
| 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,80 | 3,00 m |

Pressione del vento

$$p = qr Ce Cp Cd = 82 \text{ daN/mq}$$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T max (massima estiva) e T min (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

$$T \text{ min} = -8 - 7 as / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.5})$$

$$T \text{ max} = 42 - 0,3 as / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.6})$$

dove as è l'altitudine di riferimento

| Zona | as | T min | T max |
|------|-------|----------|----------|
| III | 200 m | -9,40 °C | 41,94 °C |

La struttura è non dissipativa



5. AZIONE SISMICA

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

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

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B, C, D, E** i coefficienti S_s e C_c vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La struttura è localizzata in:

| Localizzazione | |
|---|--|
| Località FERMO (FM) | |
| Comune di FERMO (FM) | |
| Regione MARCHE | |
| Longitudine 13.677, Latitudine 43.122 (Riferimento WGS84) | |

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

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;

| Parametri della struttura | | | | | | |
|---------------------------|---------|------------|------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Classe d’uso | Vita Vn | Coeff. Uso | Periodo Vr | Tipo di suolo | Categoria topografica | Quota relativa |
| | [anni] | | [anni] | | | [%] |
| III | 50.0 | 1.5 | 75.0 | C | T2 | 100.0 |

Per la risposta sismica locale (RSL) vedasi studio allegato “**2.1.3-23008-OW-C-21-RT-012-BA4-0-
 RELAZIONE SISMICA.pdf**”, di seguito sono riportati le RSL per i vari stati limiti.



| Spettro | RSL - SLV |
|--------------|------------------|
| TR | 712 |
| ag0 | 0,280 |
| F0 | 2,314 |
| T*C | 0,463 |
| Vn | 2 |
| Classe d'uso | III |
| St | 1,2 |
| Ss | 1,311 |

| Spettro | RSL - SLD |
|--------------|------------------|
| TR | 75 |
| ag0 | 0,126 |
| F0 | 2,658 |
| T*C | 0,435 |
| Vn | 2 |
| Classe d'uso | III |
| St | 1,2 |
| Ss | 1,499 |

| Spettro | RSL - SLO |
|--------------|------------------|
| TR | 45 |
| ag0 | 0,097 |
| F0 | 2,502 |
| T*C | 0,472 |
| Vn | 2 |
| Classe d'uso | III |
| St | 1,2 |
| Ss | 1,554 |

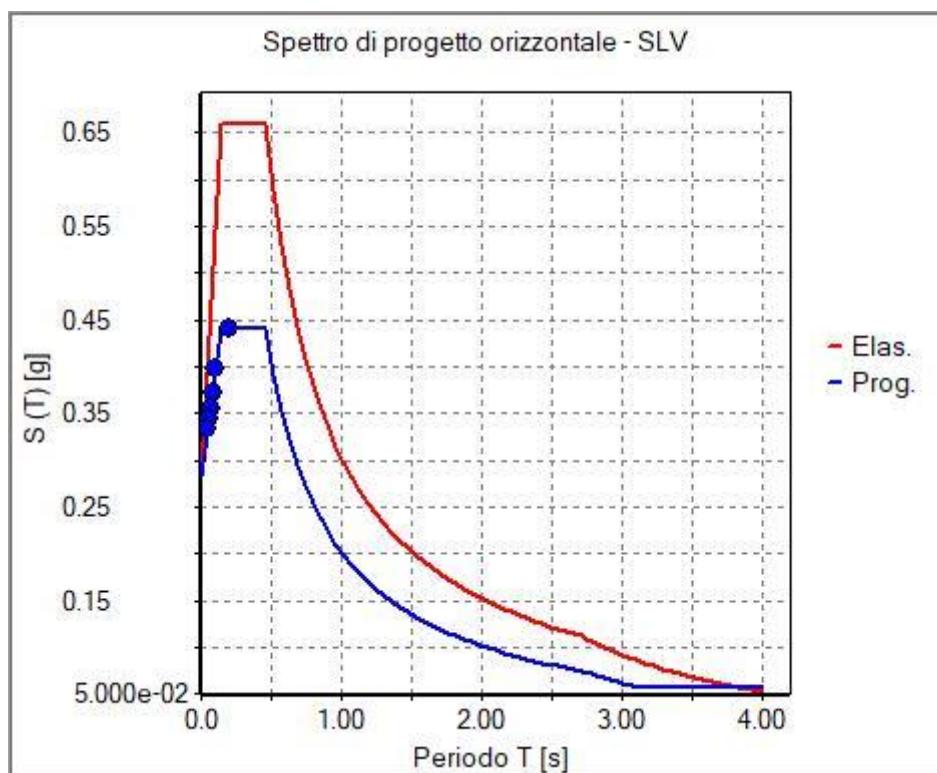
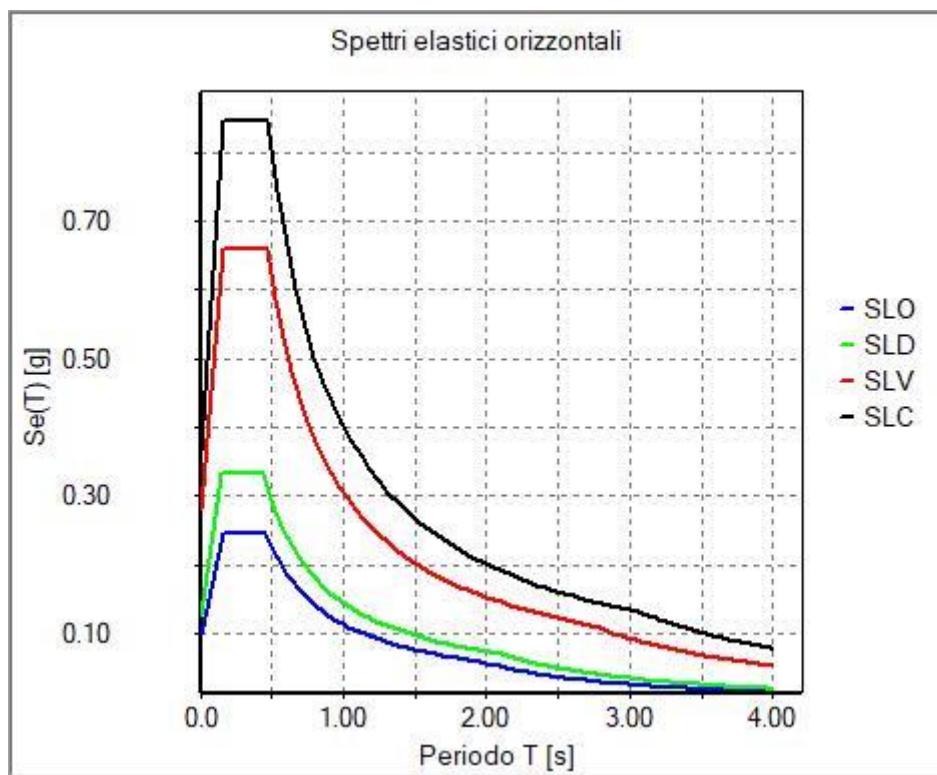
5.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

| Principali caratteristiche della struttura | |
|---|------------------------------|
| Opera di nuova realizzazione | SI |
| Struttura regolare in pianta | SI |
| Struttura regolare in altezza | SI |
| Classe di duttilità | ND struttura non dissipativa |
| Analisi per carichi non sismici | SI |
| Analisi sismica | Dinamica lineare |
| Verifica SLD di resistenza | SI |

| Fattori di comportamento utilizzati SLU | | | |
|--|--------------------|--------------------------|------------------------|
| | Dissipativi | Verifiche fragili | Non Dissipativi |
| q SLU x | 1.50 | 1.00 | 1.50 |
| q SLU y | 1.50 | 1.00 | 1.50 |
| q SLU z | 1.50 | - | - |

| Fattori di comportamento utilizzati SLD | |
|--|------|
| q SLD x | 1.00 |
| q SLD y | 1.00 |
| q SLD z | 1.00 |
| Eta SLO | 1.00 |

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:
 Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:





Si riportano in tabella i primi sei modi di vibrare della struttura con le deformate dei primi tre periodi propri.

| ANALISI_MODALA_NO_ECCENTRICITA | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|---------|------------------|----|------------------|----|------------------|----|---------------------|----|
| Modo | Frequenza | Periodo | X M efficace x g | % | Y M efficace x g | % | Z M efficace x g | % | RZ M efficace x g | % |
| - | Hz | sec | daN | - | daN | - | daN | - | daN cm ² | - |
| 1 | 4.76 | 0.21 | 4.7 | 0 | 2.792e+05 | 79 | 23.7 | 0 | 1.721e+07 | 64 |
| 2 | 8.82 | 0.11 | 2.563e+05 | 73 | 35.2 | 0 | 5488.0 | 1 | 1096.2 | 0 |
| 3 | 11.32 | 0.09 | 97.3 | 0 | 9811.2 | 2 | 520.9 | 0 | 5.402e+06 | 20 |
| 4 | 13.91 | 0.07 | 7093.9 | 2 | 291.7 | 0 | 3.365e+05 | 96 | 5366.3 | 0 |
| 5 | 16.24 | 0.06 | 270.7 | 0 | 1.266e+04 | 3 | 1735.1 | 0 | 1.635e+05 | 0 |
| 6 | 20.08 | 0.05 | 8.427e+04 | 24 | 36.6 | 0 | 1264.8 | 0 | 23.9 | 0 |

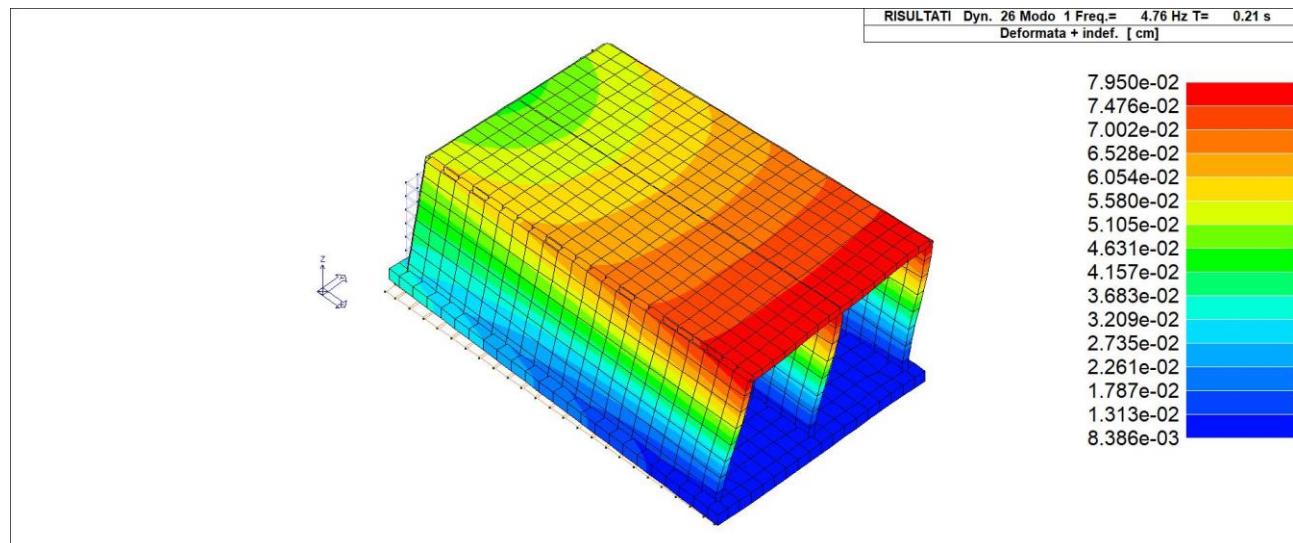


Figura 8- Deformata del primo modo di vibrare (Prevalentemente traslazione lungo l'asse x)

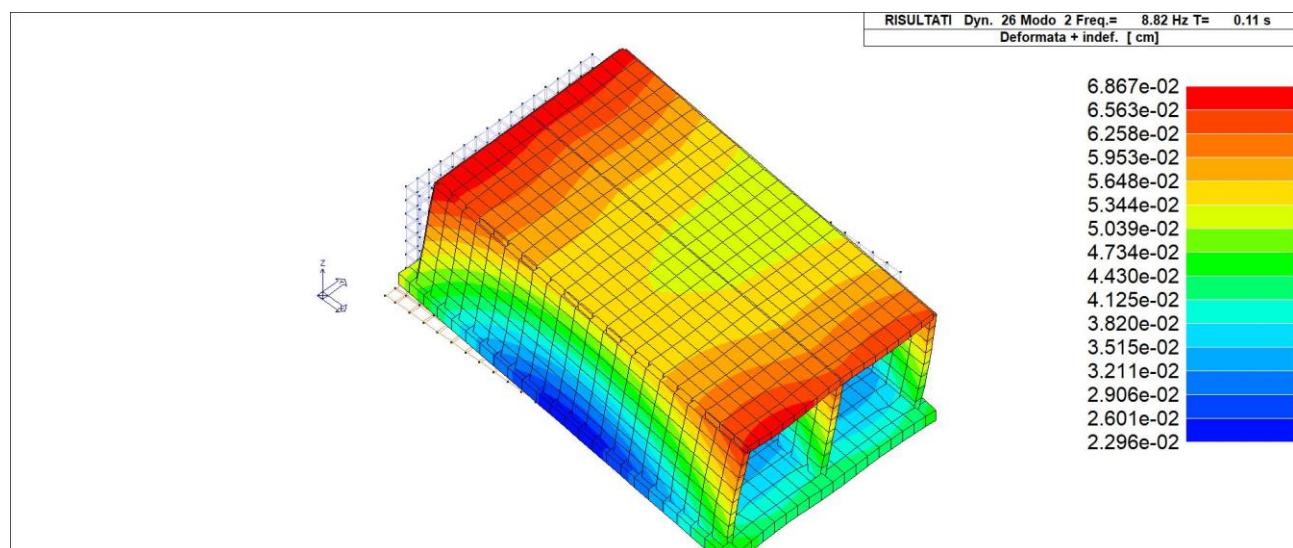


Figura 9- Deformata del secondo modo di vibrare (Prevalentemente traslazione lungo l'asse y)

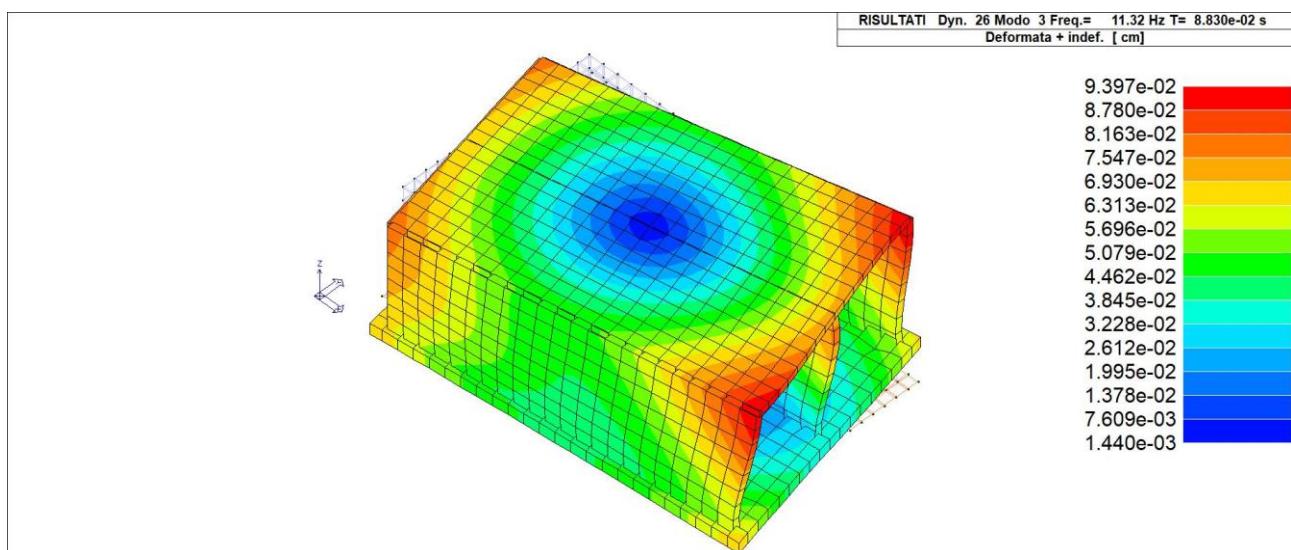


Figura 10- Deformata del terzo modo di vibrare (Prevalentemente torsione)



6. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

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

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA_CASI_DI_CARICO

| CDC | Tipo CDC | Sigla Id | Note |
|-----|----------|---|------|
| 1 | Ggk | CDC=Ggk (peso proprio della struttura) | |
| 2 | Gk | CDC=G2k (permanente generico n.c.d.) PAV | |
| 3 | Gk | CDC=G2k (permanente generico n.c.d.) SOL | |
| 4 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) MANU | |
| 5 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) NEVE | |
| 6 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) STALLO_1 | |
| 7 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) STALLO_2 | |
| 8 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) TERMICO DT-10 | |
| 9 | Qk | CDC=Qk (variabile generico) TERMICO DT+42 | |
| 10 | Qvk | CDC=Qvk (carico da vento) dir X + | |
| 11 | Qvk | CDC=Qvk (carico da vento) dir X - | |
| 12 | Qvk | CDC=Qvk (carico da vento) dir Y + | |
| 13 | Qvk | CDC=Qvk (carico da vento) dir Y - | |
| 14 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) | |
| 15 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -) | |
| 16 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +) | |
| 17 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -) | |
| 18 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) | |
| 19 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -) | |
| 20 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +) | |
| 21 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -) | |
| 22 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. +) | |
| 23 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. -) | |
| 24 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. +) | |
| 25 | Edk | CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. -) | |

Legenda

Tipo CDC

Indica il tipo di caso di carico

A seguire alcune immagini sulle deformate con i carichi più significativi:



7. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Qk_1 + \gamma Q_2 \cdot \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \gamma Q_3 \cdot \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Qk_1 + \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi Q_1 \cdot Qk_1 + \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi Q_1 \cdot Qk_1 + \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi Q_1 \cdot Qk_1 + \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \psi Q_1 \cdot Qk_1 + \psi Q_2 \cdot Qk_2 + \psi Q_3 \cdot Qk_3 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

| Destinazione d'uso/azione | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Categoria A residenziali | 0,70 | 0,50 | 0,30 |
| Categoria B uffici | 0,70 | 0,50 | 0,30 |
| Categoria C ambienti suscettibili di affollamento | 0,70 | 0,70 | 0,60 |
| Categoria D ambienti ad uso commerciale | 0,70 | 0,70 | 0,60 |
| Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,... | 1,00 | 0,90 | 0,80 |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30kN$) | 0,70 | 0,70 | 0,60 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30kN$) | 0,70 | 0,50 | 0,30 |
| Categoria H Coperture | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vento | 0,60 | 0,20 | 0,00 |
| Neve a quota ≤ 1000 m | 0,50 | 0,20 | 0,00 |
| Neve a quota > 1000 m | 0,70 | 0,50 | 0,20 |
| Variazioni Termiche | 0,60 | 0,50 | 0,00 |

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I



| | | Coefficiente γ_F | EQU | A1 | A2 |
|--|-------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| Carichi permanenti | Favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti) | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Carichi variabili | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

7.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

| Tipo di analisi strutturale | |
|---|----|
| Analisi per carichi non sismici | SI |
| Sismica statica lineare | NO |
| Sismica dinamica lineare | SI |
| Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2) | NO |
| Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2) | NO |
| Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2) | NO |
| Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2) | NO |
| Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2) | NO |
| Non linearità geometriche (fattore P delta) | NO |

7.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

| Combinazioni dei casi di carico | |
|--|-------------|
| APPROCCIO PROGETTUALE | Approccio 2 |
| SLU | SI |
| SLV (SLU con sisma) | SI |
| SLC | NO |
| SLD | SI |
| SLO | SI |
| SLU GEO A2 (per approccio 1) | NO |
| SLU EQU | NO |
| Combinazione caratteristica (rara) | SI |
| Combinazione frequente | SI |
| Combinazione quasi permanente (SLE) | SI |
| SLA (accidentale quale incendio) | NO |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|-----------------|------------------------|
| 1 | SLU | Comb. SLU A1 1 | |
| 2 | SLU | Comb. SLU A1 2 | |
| 3 | SLU | Comb. SLU A1 3 | |
| 4 | SLU | Comb. SLU A1 4 | |
| 5 | SLU | Comb. SLU A1 5 | |
| 6 | SLU | Comb. SLU A1 6 | |
| 7 | SLU | Comb. SLU A1 7 | |
| 8 | SLU | Comb. SLU A1 8 | |
| 9 | SLU | Comb. SLU A1 9 | |
| 10 | SLU | Comb. SLU A1 10 | |
| 11 | SLU | Comb. SLU A1 11 | |
| 12 | SLU | Comb. SLU A1 12 | |
| 13 | SLU | Comb. SLU A1 13 | |
| 14 | SLU | Comb. SLU A1 14 | |
| 15 | SLU | Comb. SLU A1 15 | |
| 16 | SLU | Comb. SLU A1 16 | |
| 17 | SLU | Comb. SLU A1 17 | |
| 18 | SLU | Comb. SLU A1 18 | |
| 19 | SLU | Comb. SLU A1 19 | |
| 20 | SLU | Comb. SLU A1 20 | |
| 21 | SLU | Comb. SLU A1 21 | |
| 22 | SLU | Comb. SLU A1 22 | |
| 23 | SLU | Comb. SLU A1 23 | |
| 24 | SLU | Comb. SLU A1 24 | |
| 25 | SLU | Comb. SLU A1 25 | |
| 26 | SLU | Comb. SLU A1 26 | |
| 27 | SLU | Comb. SLU A1 27 | |
| 28 | SLU | Comb. SLU A1 28 | |
| 29 | SLU | Comb. SLU A1 29 | |
| 30 | SLU | Comb. SLU A1 30 | |
| 31 | SLU | Comb. SLU A1 31 | |
| 32 | SLU | Comb. SLU A1 32 | |
| 33 | SLU | Comb. SLU A1 33 | |
| 34 | SLU | Comb. SLU A1 34 | |
| 35 | SLU | Comb. SLU A1 35 | |
| 36 | SLU | Comb. SLU A1 36 | |
| 37 | SLU | Comb. SLU A1 37 | |
| 38 | SLU | Comb. SLU A1 38 | |
| 39 | SLU | Comb. SLU A1 39 | |
| 40 | SLU | Comb. SLU A1 40 | |
| 41 | SLU | Comb. SLU A1 41 | |
| 42 | SLU | Comb. SLU A1 42 | |
| 43 | SLU | Comb. SLU A1 43 | |
| 44 | SLU | Comb. SLU A1 44 | |
| 45 | SLU | Comb. SLU A1 45 | |
| 46 | SLU | Comb. SLU A1 46 | |
| 47 | SLU | Comb. SLU A1 47 | |
| 48 | SLU | Comb. SLU A1 48 | |
| 49 | SLU | Comb. SLU A1 49 | |
| 50 | SLU | Comb. SLU A1 50 | |
| 51 | SLU | Comb. SLU A1 51 | |
| 52 | SLU | Comb. SLU A1 52 | |
| 53 | SLU | Comb. SLU A1 53 | |
| 54 | SLU | Comb. SLU A1 54 | |
| 55 | SLU | Comb. SLU A1 55 | |
| 56 | SLU | Comb. SLU A1 56 | |
| 57 | SLU | Comb. SLU A1 57 | |
| 58 | SLU | Comb. SLU A1 58 | |
| 59 | SLU | Comb. SLU A1 59 | |
| 60 | SLU | Comb. SLU A1 60 | |
| 61 | SLU | Comb. SLU A1 61 | |
| 62 | SLU | Comb. SLU A1 62 | |
| 63 | SLU | Comb. SLU A1 63 | |
| 64 | SLU | Comb. SLU A1 64 | |
| 65 | SLU | Comb. SLU A1 65 | |
| 66 | SLU | Comb. SLU A1 66 | |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|------------------|------------------------|
| 67 | SLU | Comb. SLU A1 67 | |
| 68 | SLU | Comb. SLU A1 68 | |
| 69 | SLU | Comb. SLU A1 69 | |
| 70 | SLU | Comb. SLU A1 70 | |
| 71 | SLU | Comb. SLU A1 71 | |
| 72 | SLU | Comb. SLU A1 72 | |
| 73 | SLU | Comb. SLU A1 73 | |
| 74 | SLU | Comb. SLU A1 74 | |
| 75 | SLU | Comb. SLU A1 75 | |
| 76 | SLU | Comb. SLU A1 76 | |
| 77 | SLU | Comb. SLU A1 77 | |
| 78 | SLU | Comb. SLU A1 78 | |
| 79 | SLU | Comb. SLU A1 79 | |
| 80 | SLU | Comb. SLU A1 80 | |
| 81 | SLU | Comb. SLU A1 81 | |
| 82 | SLU | Comb. SLU A1 82 | |
| 83 | SLU | Comb. SLU A1 83 | |
| 84 | SLU | Comb. SLU A1 84 | |
| 85 | SLU | Comb. SLU A1 85 | |
| 86 | SLU | Comb. SLU A1 86 | |
| 87 | SLU | Comb. SLU A1 87 | |
| 88 | SLU | Comb. SLU A1 88 | |
| 89 | SLU | Comb. SLU A1 89 | |
| 90 | SLU | Comb. SLU A1 90 | |
| 91 | SLU | Comb. SLU A1 91 | |
| 92 | SLU | Comb. SLU A1 92 | |
| 93 | SLU | Comb. SLU A1 93 | |
| 94 | SLU | Comb. SLU A1 94 | |
| 95 | SLU | Comb. SLU A1 95 | |
| 96 | SLU | Comb. SLU A1 96 | |
| 97 | SLU | Comb. SLU A1 97 | |
| 98 | SLU | Comb. SLU A1 98 | |
| 99 | SLU | Comb. SLU A1 99 | |
| 100 | SLU | Comb. SLU A1 100 | |
| 101 | SLU | Comb. SLU A1 101 | |
| 102 | SLU | Comb. SLU A1 102 | |
| 103 | SLU | Comb. SLU A1 103 | |
| 104 | SLU | Comb. SLU A1 104 | |
| 105 | SLU | Comb. SLU A1 105 | |
| 106 | SLU | Comb. SLU A1 106 | |
| 107 | SLU | Comb. SLU A1 107 | |
| 108 | SLU | Comb. SLU A1 108 | |
| 109 | SLU | Comb. SLU A1 109 | |
| 110 | SLU | Comb. SLU A1 110 | |
| 111 | SLU | Comb. SLU A1 111 | |
| 112 | SLU | Comb. SLU A1 112 | |
| 113 | SLU | Comb. SLU A1 113 | |
| 114 | SLU | Comb. SLU A1 114 | |
| 115 | SLU | Comb. SLU A1 115 | |
| 116 | SLU | Comb. SLU A1 116 | |
| 117 | SLU | Comb. SLU A1 117 | |
| 118 | SLU | Comb. SLU A1 118 | |
| 119 | SLU | Comb. SLU A1 119 | |
| 120 | SLU | Comb. SLU A1 120 | |
| 121 | SLU | Comb. SLU A1 121 | |
| 122 | SLU | Comb. SLU A1 122 | |
| 123 | SLU | Comb. SLU A1 123 | |
| 124 | SLU | Comb. SLU A1 124 | |
| 125 | SLU | Comb. SLU A1 125 | |
| 126 | SLU | Comb. SLU A1 126 | |
| 127 | SLU | Comb. SLU A1 127 | |
| 128 | SLU | Comb. SLU A1 128 | |
| 129 | SLU | Comb. SLU A1 129 | |
| 130 | SLU | Comb. SLU A1 130 | |
| 131 | SLU | Comb. SLU A1 131 | |
| 132 | SLU | Comb. SLU A1 132 | |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|---------------------|------------------------|
| 133 | SLU | Comb. SLU A1 133 | |
| 134 | SLU | Comb. SLU A1 134 | |
| 135 | SLU | Comb. SLU A1 135 | |
| 136 | SLU | Comb. SLU A1 136 | |
| 137 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 137 | |
| 138 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 138 | |
| 139 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 139 | |
| 140 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 140 | |
| 141 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 141 | |
| 142 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 142 | |
| 143 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 143 | |
| 144 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 144 | |
| 145 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 145 | |
| 146 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 146 | |
| 147 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 147 | |
| 148 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 148 | |
| 149 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 149 | |
| 150 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 150 | |
| 151 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 151 | |
| 152 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 152 | |
| 153 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 153 | |
| 154 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 154 | |
| 155 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 155 | |
| 156 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 156 | |
| 157 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 157 | |
| 158 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 158 | |
| 159 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 159 | |
| 160 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 160 | |
| 161 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 161 | |
| 162 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 162 | |
| 163 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 163 | |
| 164 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 164 | |
| 165 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 165 | |
| 166 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 166 | |
| 167 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 167 | |
| 168 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 168 | |
| 169 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 169 | |
| 170 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 170 | |
| 171 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 171 | |
| 172 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 172 | |
| 173 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 173 | |
| 174 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 174 | |
| 175 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 175 | |
| 176 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 176 | |
| 177 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 177 | |
| 178 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 178 | |
| 179 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 179 | |
| 180 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 180 | |
| 181 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 181 | |
| 182 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 182 | |
| 183 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 183 | |
| 184 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 184 | |
| 185 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 185 | |
| 186 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 186 | |
| 187 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 187 | |
| 188 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 188 | |
| 189 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 189 | |
| 190 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 190 | |
| 191 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 191 | |
| 192 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 192 | |
| 193 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 193 | |
| 194 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 194 | |
| 195 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 195 | |
| 196 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 196 | |
| 197 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 197 | |
| 198 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 198 | |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|---------------------------------|------------------------|
| 199 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 199 | |
| 200 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 200 | |
| 201 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 201 | |
| 202 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 202 | |
| 203 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 203 | |
| 204 | SLE(r) | Comb. SLE(rara) 204 | |
| 205 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 205 | |
| 206 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 206 | |
| 207 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 207 | |
| 208 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 208 | |
| 209 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 209 | |
| 210 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 210 | |
| 211 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 211 | |
| 212 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 212 | |
| 213 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 213 | |
| 214 | SLE(f) | Comb. SLE(freq.) 214 | |
| 215 | SLE(p) | Comb. SLE(perm.) 215 | |
| 216 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 216 | |
| 217 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 217 | |
| 218 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 218 | |
| 219 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 219 | |
| 220 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 220 | |
| 221 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 221 | |
| 222 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 222 | |
| 223 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 223 | |
| 224 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 224 | |
| 225 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 225 | |
| 226 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 226 | |
| 227 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 227 | |
| 228 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 228 | |
| 229 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 229 | |
| 230 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 230 | |
| 231 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 231 | |
| 232 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 232 | |
| 233 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 233 | |
| 234 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 234 | |
| 235 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 235 | |
| 236 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 236 | |
| 237 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 237 | |
| 238 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 238 | |
| 239 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 239 | |
| 240 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 240 | |
| 241 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 241 | |
| 242 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 242 | |
| 243 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 243 | |
| 244 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 244 | |
| 245 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 245 | |
| 246 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 246 | |
| 247 | SLU | Comb. SLU A1 (SLV sism.) 247 | |
| 248 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 248 | |
| 249 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 249 | |
| 250 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 250 | |
| 251 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 251 | |
| 252 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 252 | |
| 253 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 253 | |
| 254 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 254 | |
| 255 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 255 | |
| 256 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 256 | |
| 257 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 257 | |
| 258 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 258 | |
| 259 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 259 | |
| 260 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 260 | |
| 261 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 261 | |
| 262 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 262 | |
| 263 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 263 | |
| 264 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 264 | |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|-------------------------------------|------------------------|
| 265 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 265 | |
| 266 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 266 | |
| 267 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 267 | |
| 268 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 268 | |
| 269 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 269 | |
| 270 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 270 | |
| 271 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 271 | |
| 272 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 272 | |
| 273 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 273 | |
| 274 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 274 | |
| 275 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 275 | |
| 276 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 276 | |
| 277 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 277 | |
| 278 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 278 | |
| 279 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLD Danno sism.) 279 | |
| 280 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 280 | |
| 281 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 281 | |
| 282 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 282 | |
| 283 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 283 | |
| 284 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 284 | |
| 285 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 285 | |
| 286 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 286 | |
| 287 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 287 | |
| 288 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 288 | |
| 289 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 289 | |
| 290 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 290 | |
| 291 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 291 | |
| 292 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 292 | |
| 293 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 293 | |
| 294 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 294 | |
| 295 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 295 | |
| 296 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 296 | |
| 297 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 297 | |
| 298 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 298 | |
| 299 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 299 | |
| 300 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 300 | |
| 301 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 301 | |
| 302 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 302 | |
| 303 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 303 | |
| 304 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 304 | |
| 305 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 305 | |



| Cmb | Tipo | Sigla Id | effetto P-delta |
|------------|-------------|-------------------------------------|------------------------|
| 306 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 306 | |
| 307 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 307 | |
| 308 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 308 | |
| 309 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 309 | |
| 310 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 310 | |
| 311 | SLE(sis) | Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 311 | |

Si riportano di seguito, gli schemi grafici contenenti, per le parti più sollecitate della struttura, le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di inviluppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.



AZIONI SULLE FONDAZIONI (REAZIONI VINCOLARI)

Valori negativi indicano tensioni di compressione che nella legenda sono espresse in daN/cm²

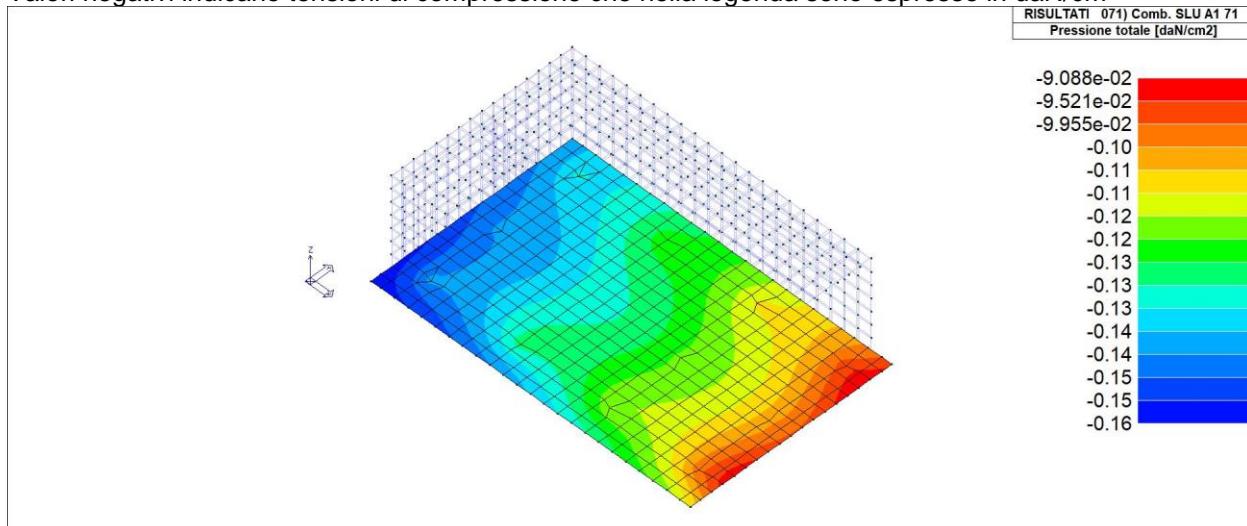


Figura 11 - MAX Pressione totale per la combinazione 71) SLU A1

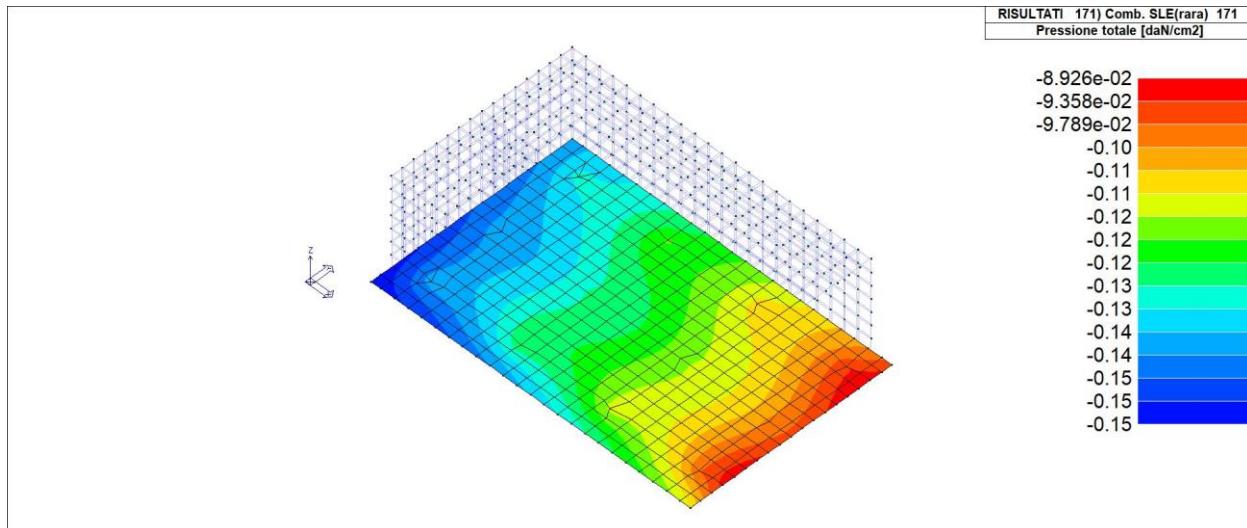


Figura 12 - MAX Pressione totale per la combinazione 171) SLE(rara)

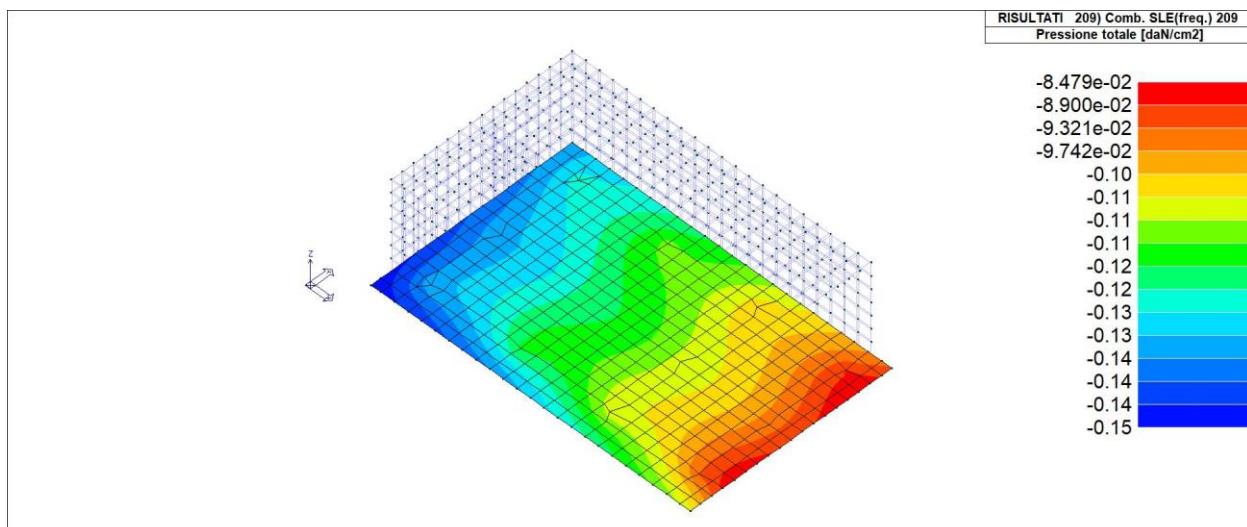


Figura 13 - MAX Pressione totale per la combinazione 209) SLE(freq.)

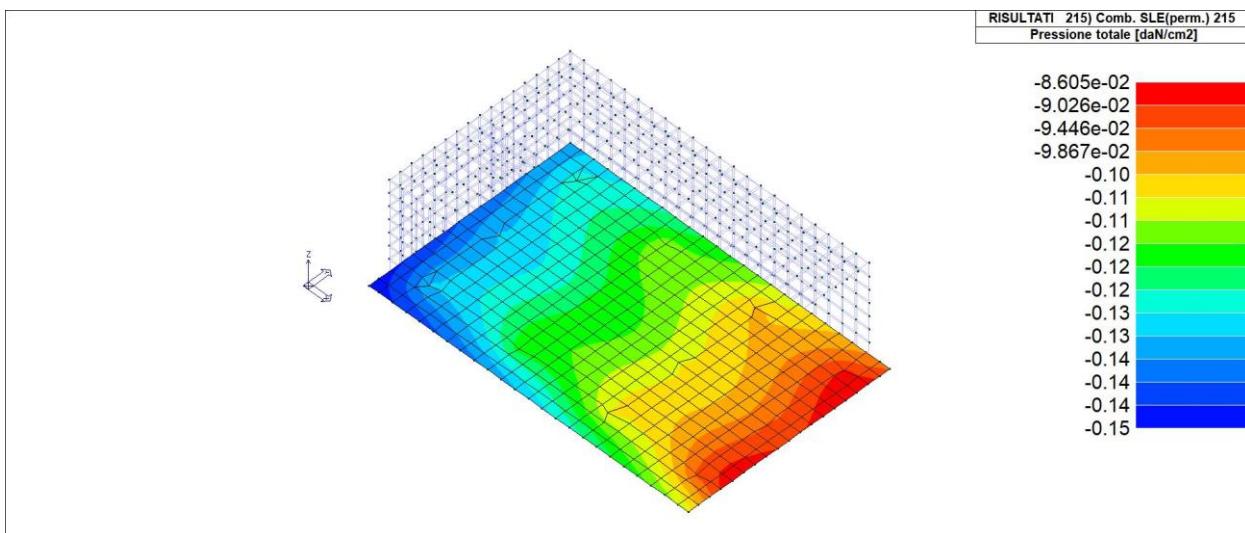


Figura 14 – MAX Pressione per la combinazione 215) SLE (perm.)

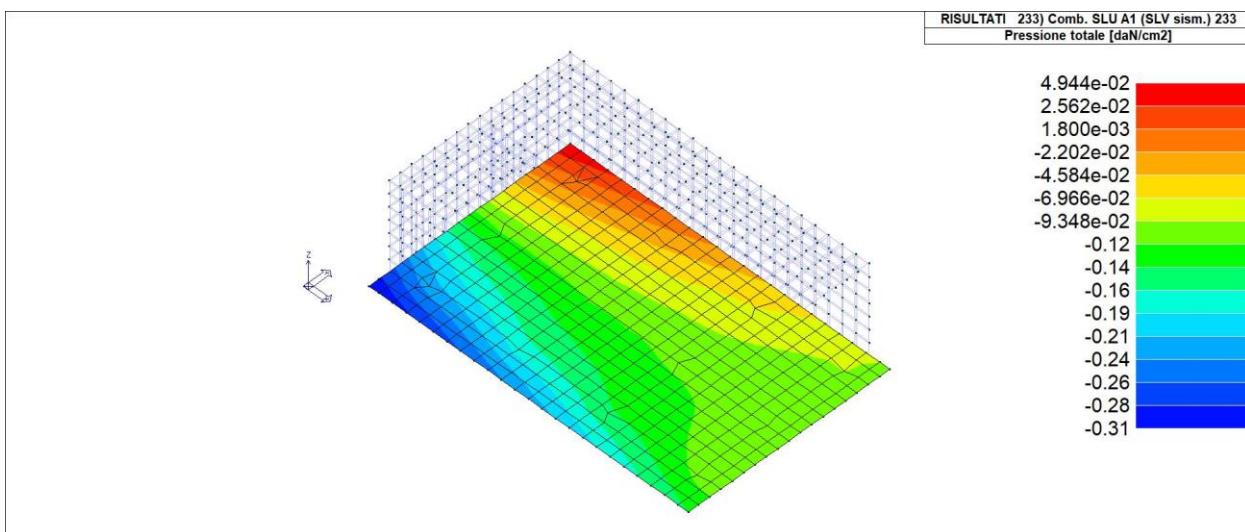


Figura 15- MAX Pressione totale per la combinazione 233) SLU A1 (SLV sism.)

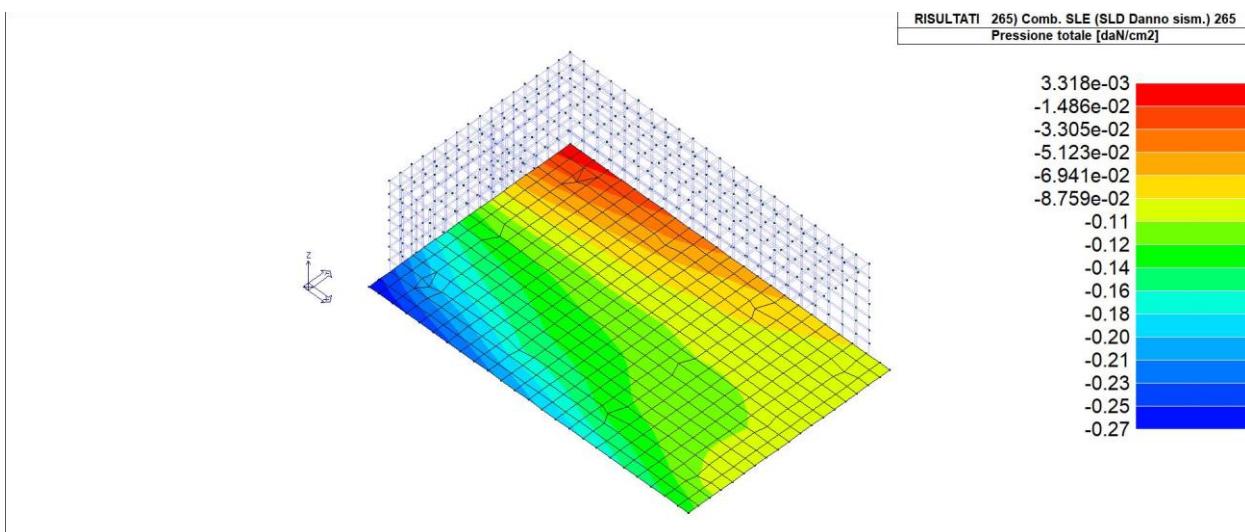


Figura 16 - MAX Pressione totale per la combinazione 265) SLE (SLD Danno sism.)

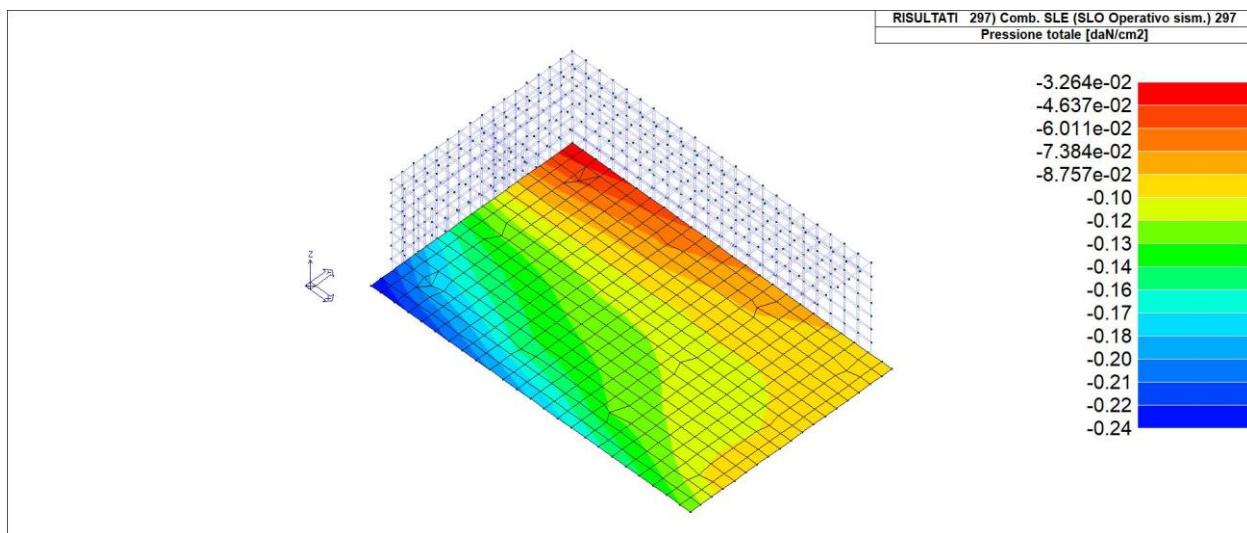


Figura 17 - MAX Pressione totale per la combinazione 297) SLE (SLO Operativo sism.)

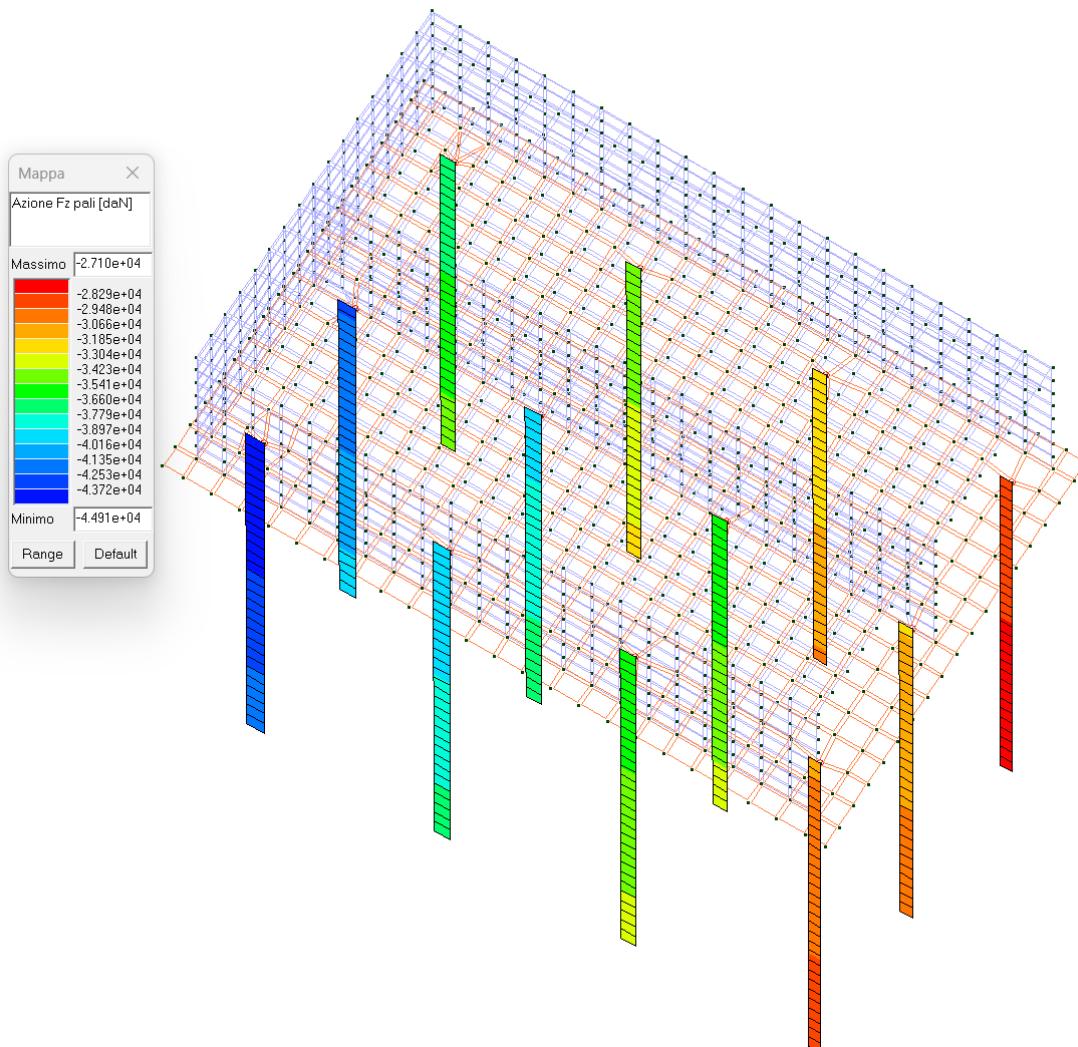


Figura 18 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 127) SLU A1

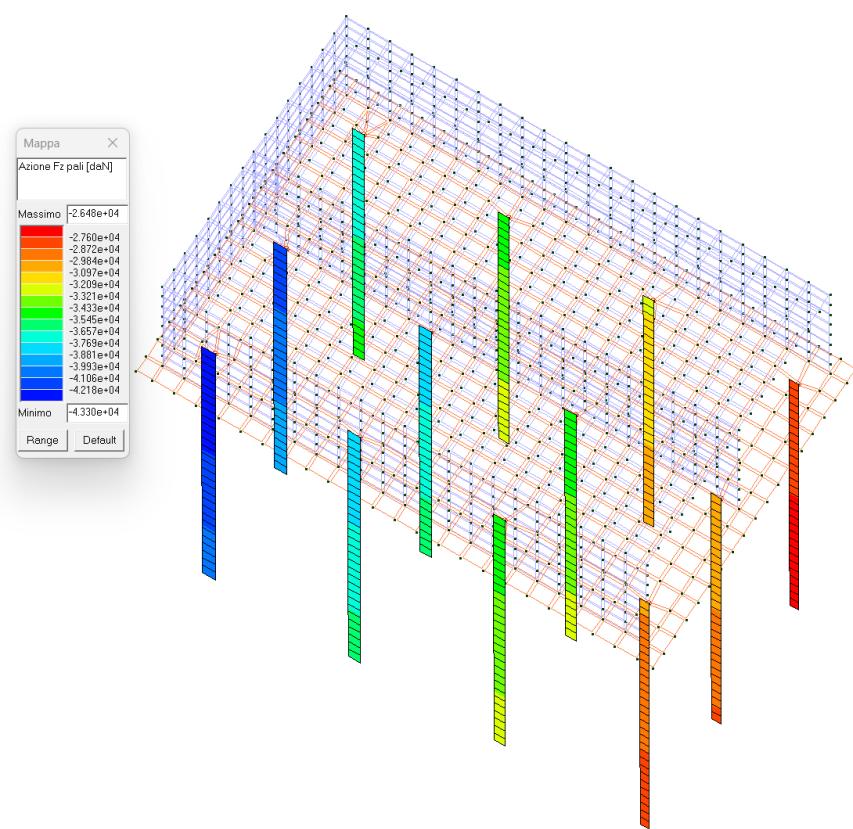


Figura 19 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 199) SLE(rara)

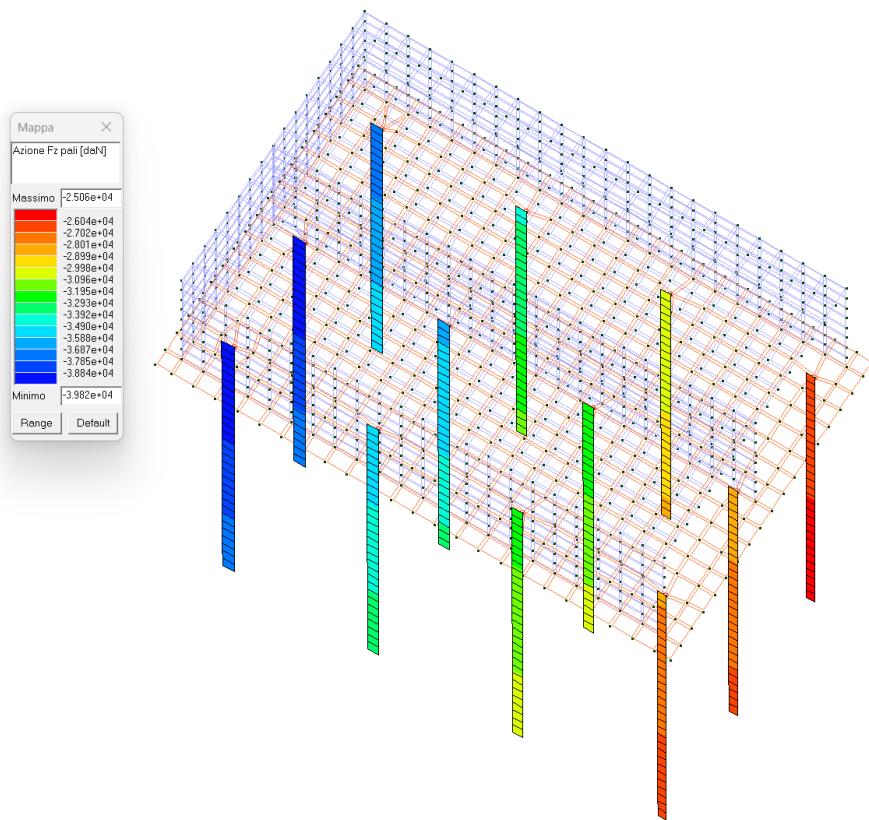


Figura 20 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 209) SLE(freq.)

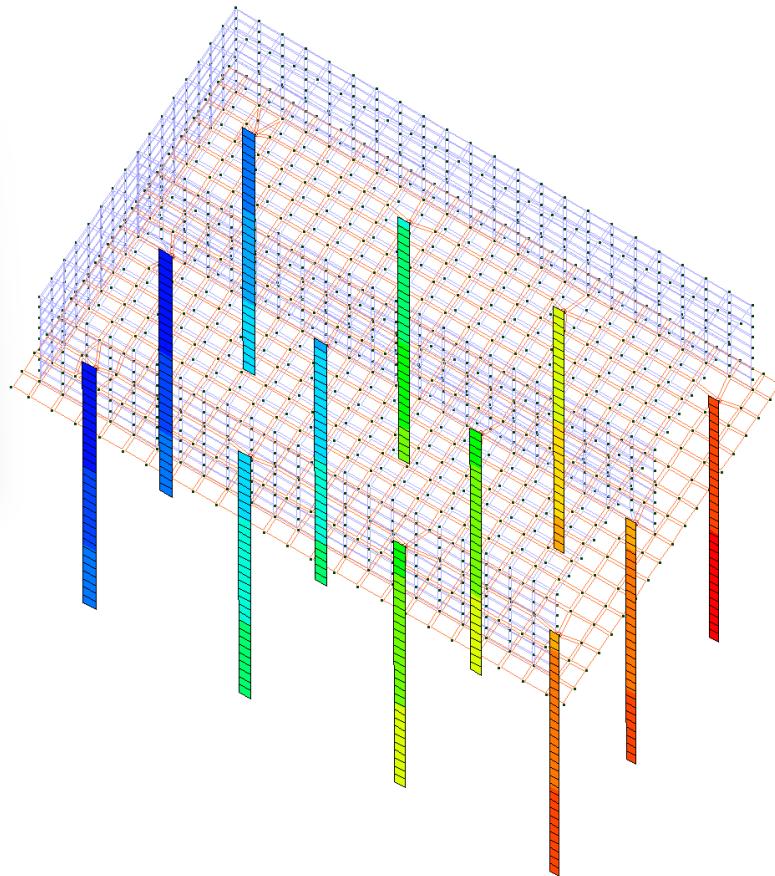
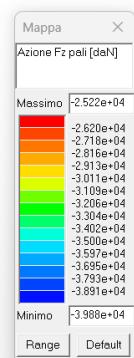


Figura 21 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 215) SLE (perm.)

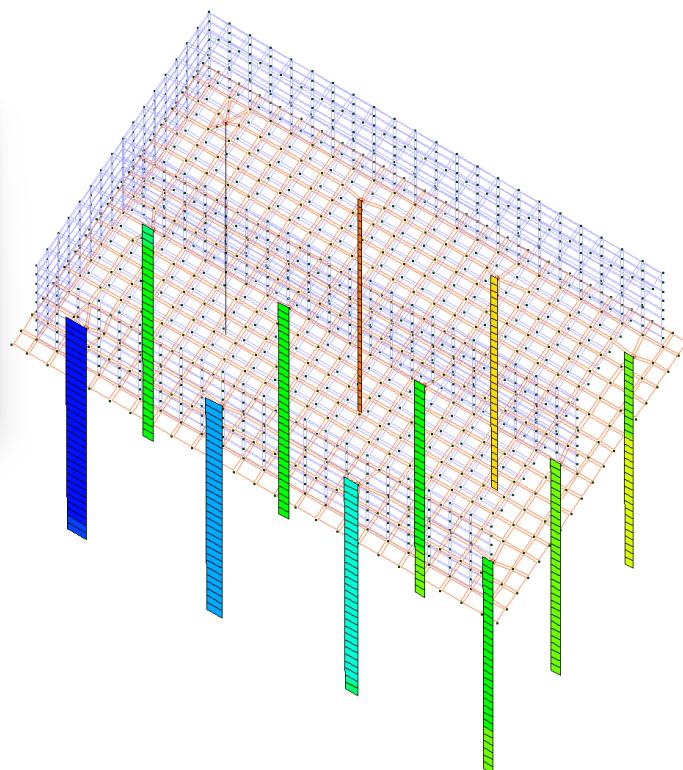
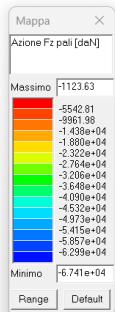


Figura 22 MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 233) SLU (SLV sism.)

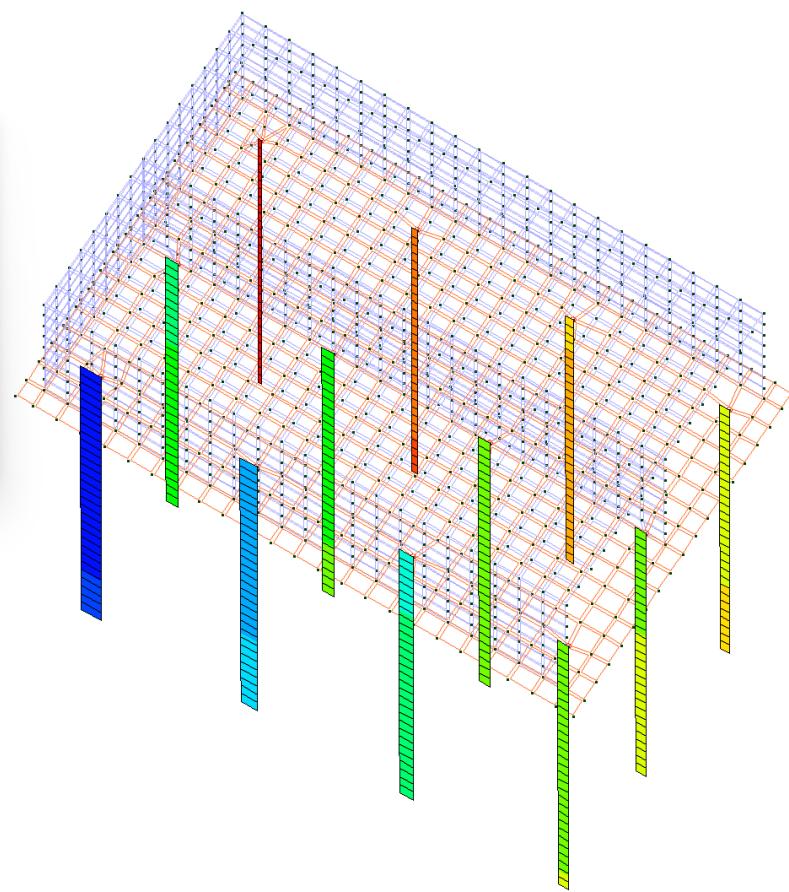
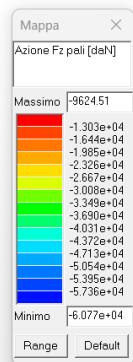


Figura 23 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 265) SLE (SLD Danno sism.)

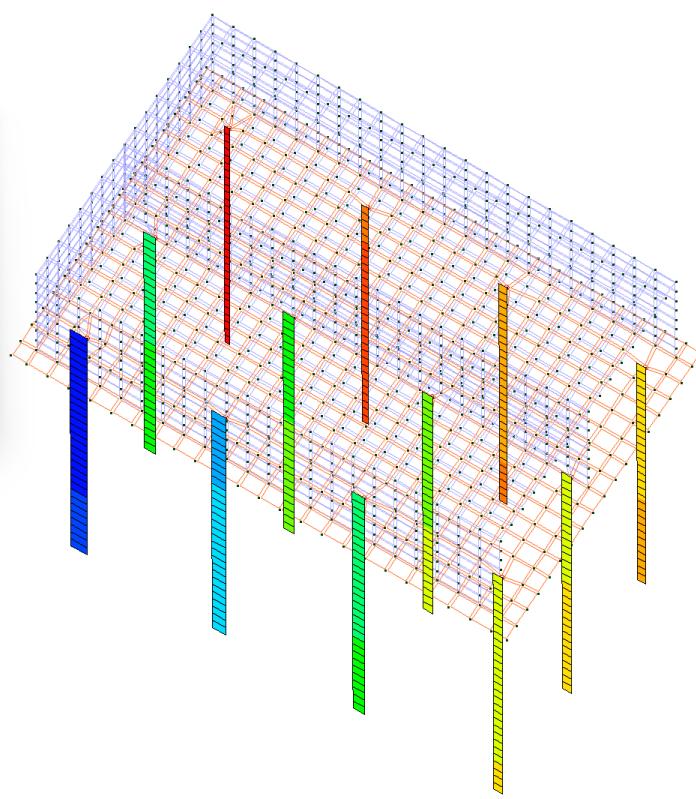
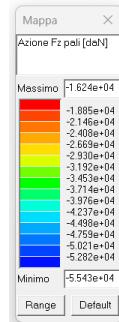


Figura 24 - MAX Azione Fz pali [daN] per la combinazione 297) SLE (SLO Operativo sism.)

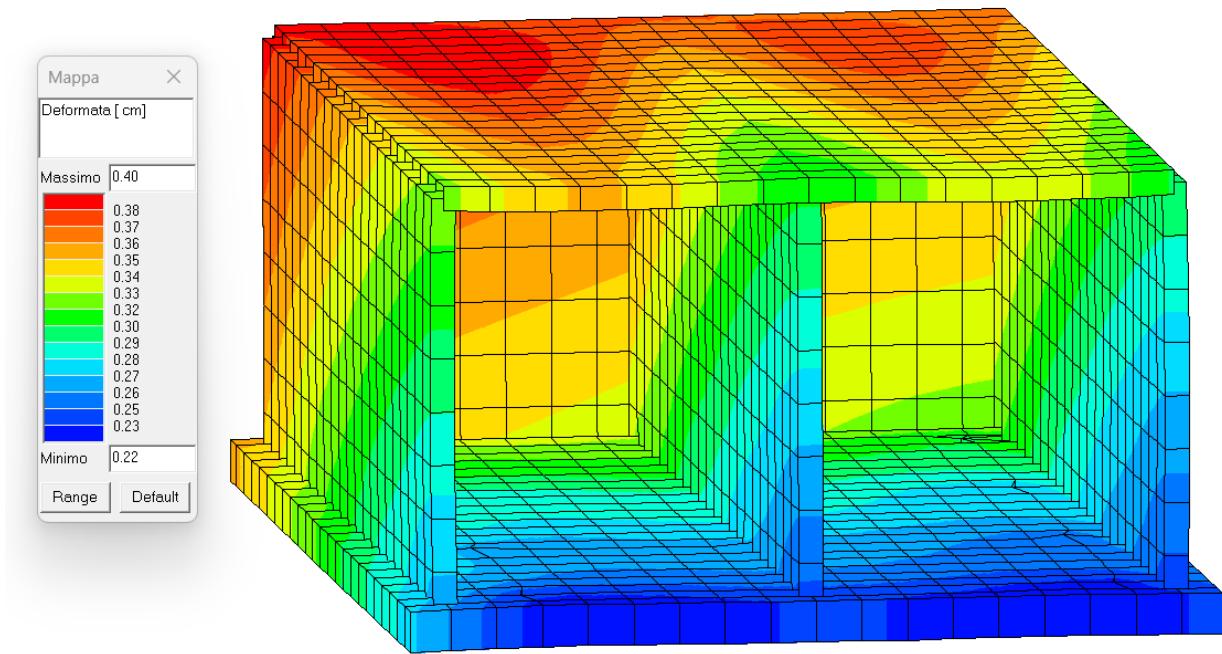


Figura 25 - MAX Deformata per la combinazione 126) SLU A1

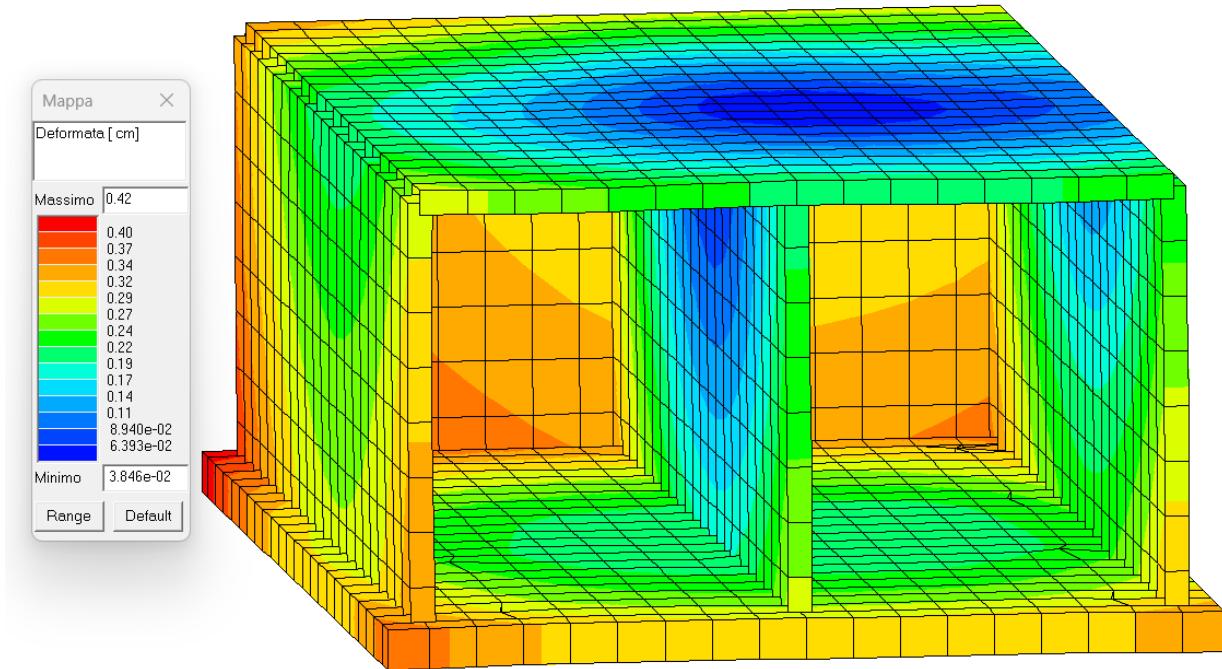


Figura 26 - MAX Deformata per la combinazione 200) SLE (rara)

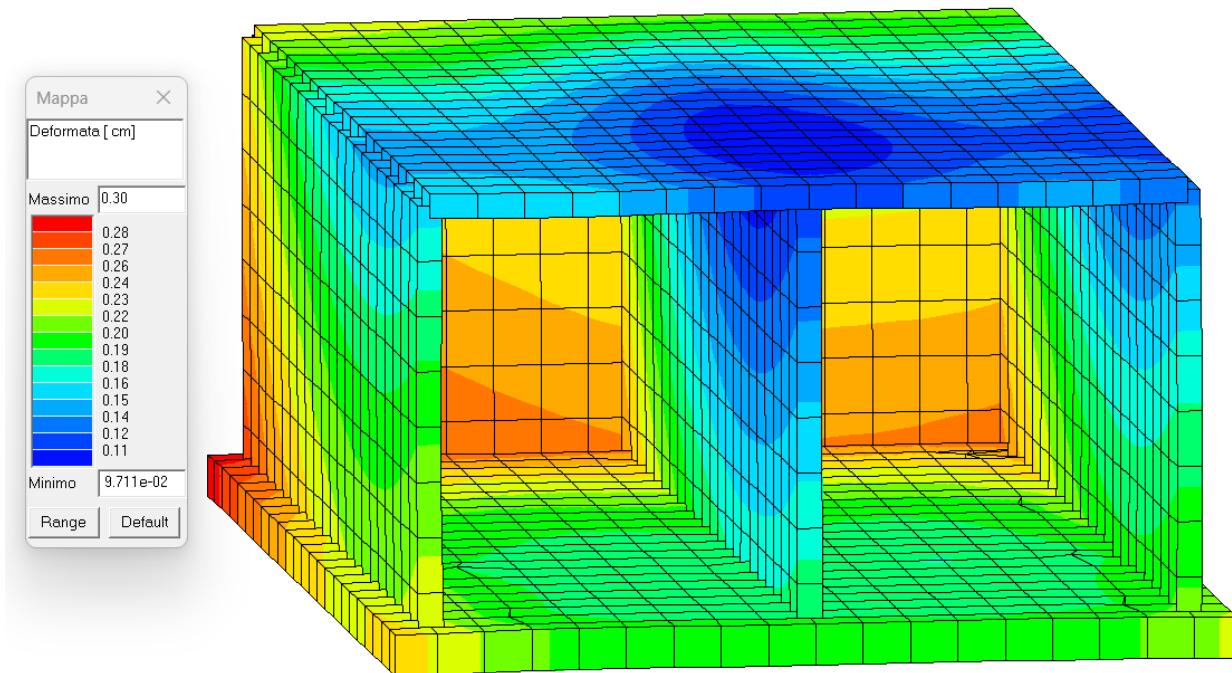


Figura 27 - MAX Deformata per la combinazione 210) SLE (freq)

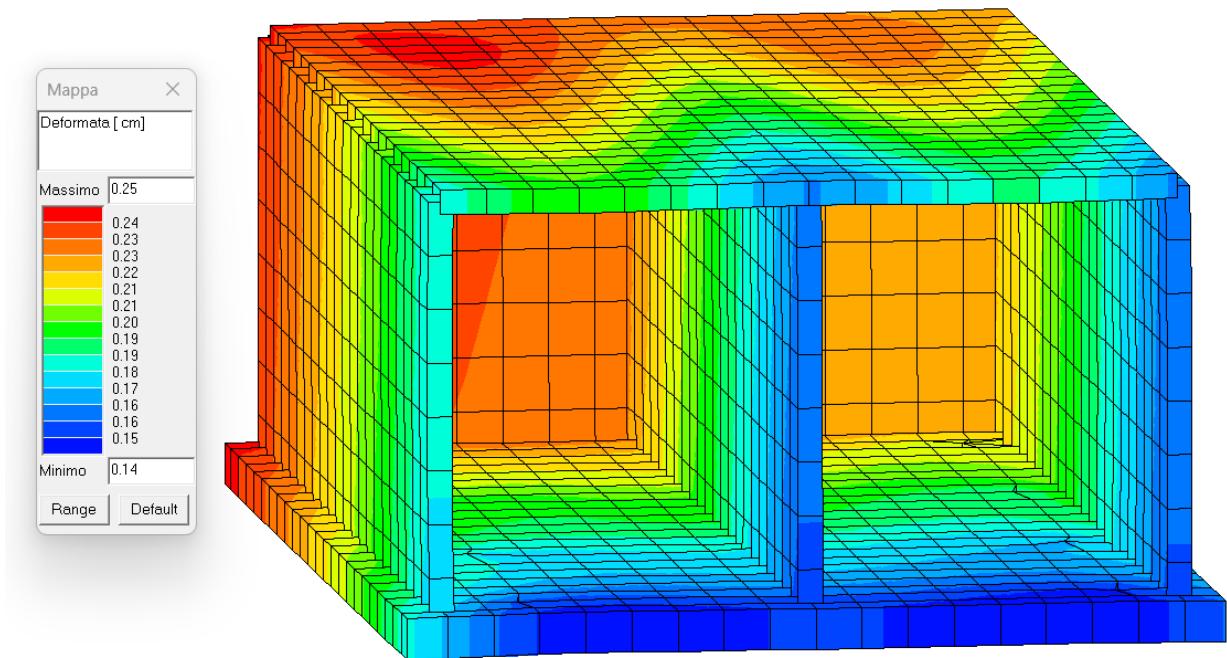


Figura 28 - MAX Deformata per la combinazione 215) SLE (perm.)

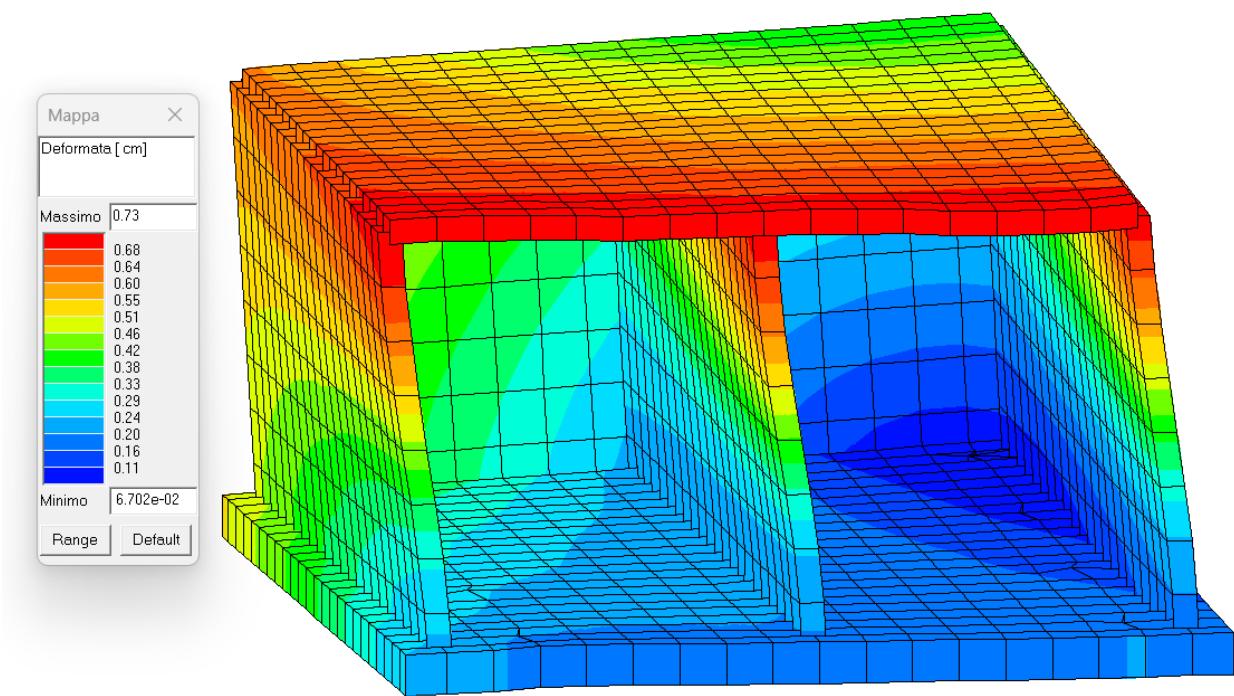


Figura 29 - MAX Deformata per la combinazione 237) SLU A1 (SLV sism.)

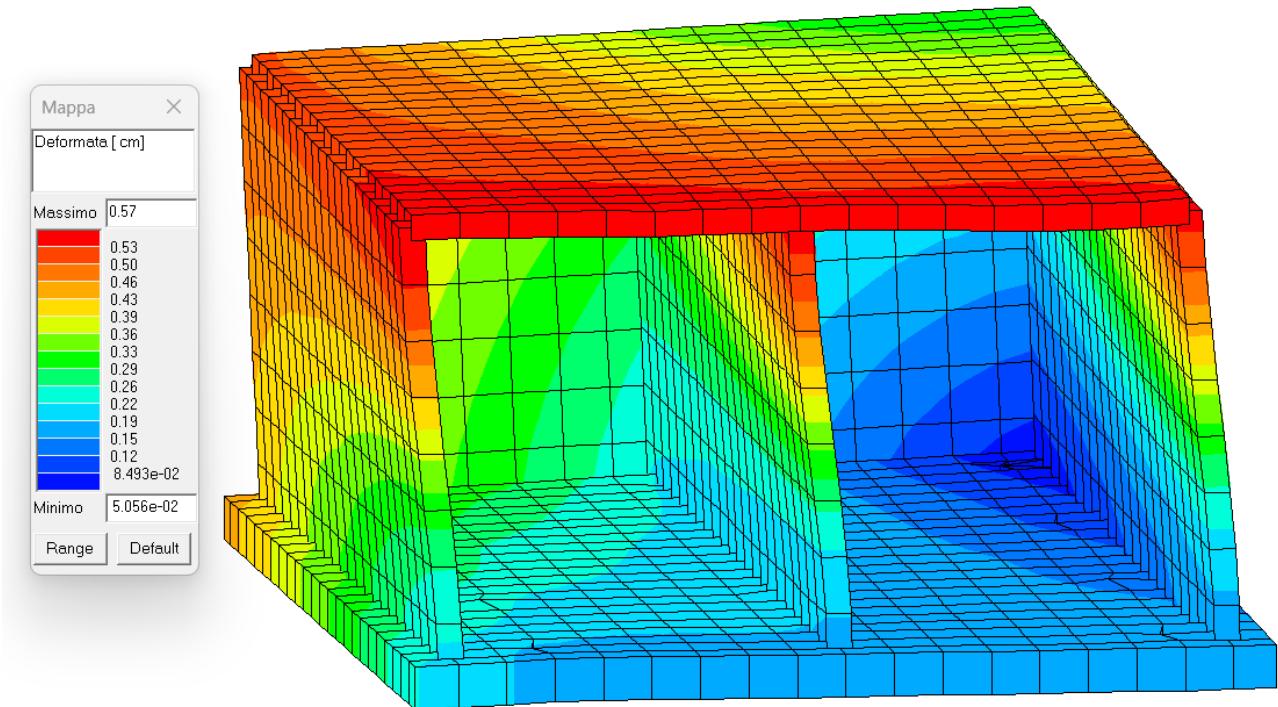


Figura 30 - MAX Deformata per la combinazione 269) SLE (SLD danno sism.)

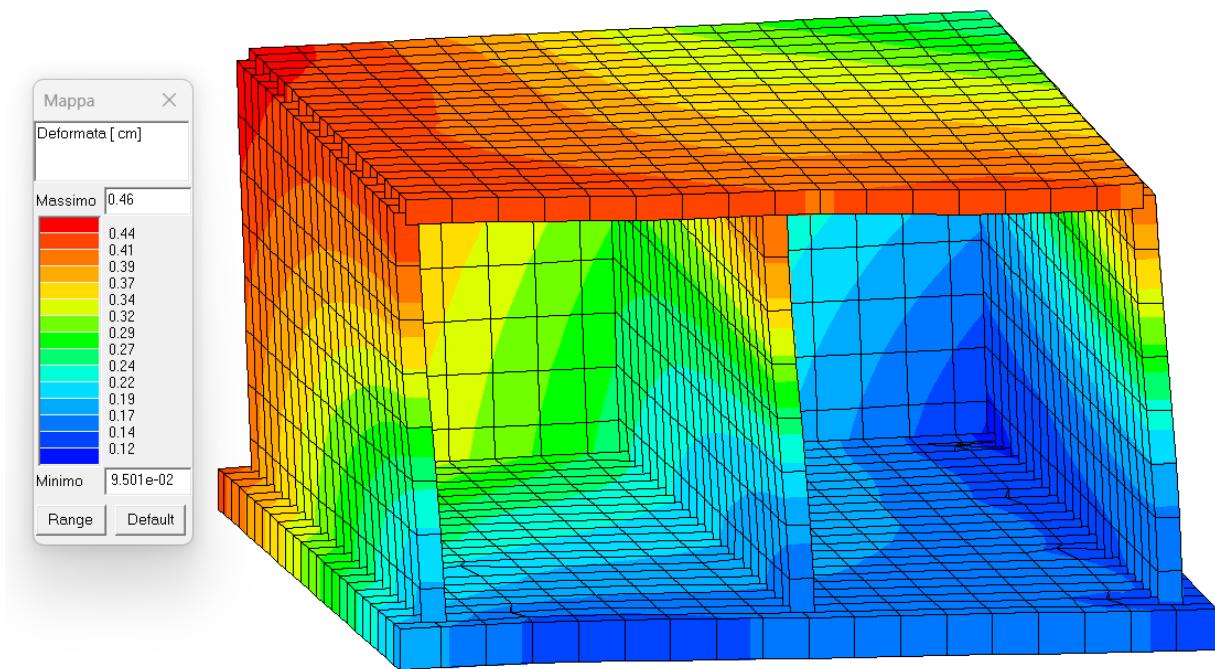


Figura 31 - MAX Deformata per la combinazione 303) SLE (SLO Operativo sism.)



8. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

8.1 Verifiche di Resistenza

Elementi in C.A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne M_x, M_y, N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.19 del D.M. 2018, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}}\right)^\alpha \leq 1$$

dove:

M_{Ex}, M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;

M_{Rx}, M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.19 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie M_x, N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Per le strutture, o parti di strutture, progettate con comportamento strutturale **non dissipativo**, come il caso in esame, la capacità delle membrature soggette a flessione o pressoflessione è stato calcolato, a livello di sezione, al raggiungimento della curvatura ϕ'_{yd} di cui al § 4.1.2.3.4.2 del DM 2018, a cui corrisponde il momento resistente massimo della sezione in campo sostanzialmente elastico.

Nei “Tabulati di calcolo”, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x, M_y, N , o la coppia M_x, N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti. Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.



8.2 Verifica di punzonamento dei nodi

I nodi in c.a. sono stati verificati a punzonamento ai sensi dei §§ 6.4 e 9.4.3 dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1:2015). La verifica è stata eseguita nel modo illustrato nel seguito.

STEP 1: verifica dell'idoneità geometrica

In primo luogo è stato verificato che l'elemento punzonante e quello punzonato siano dimensionati correttamente. Per effettuare questo controllo viene individuato un perimetro di verifica (detto u_0) pari al perimetro utile dell'elemento punzonante (es. perimetro del pilastro) in funzione della posizione (interna, di bordo o d'angolo). Nella figura che segue vengono illustrati alcuni casi tipici.

| interno | di bordo | d'angolo |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| $u_0 = 2(c_1 + c_2)$ | $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$ | $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$ |
| | | |
| | | |

Si noti che, nella tabella precedente, d rappresenta l'altezza utile dell'elemento punzonato, pari alla media delle altezze utili nelle due direzioni armate (d_y e d_z):

$$d = \frac{d_y + d_z}{2};$$

dove:

- $d_y = h - c - \frac{\Phi_y}{2}$ è l'altezza utile lungo y ;
- $d_z = h - c - \frac{\Phi_z}{2}$ è l'altezza utile lungo z ;
- c è il copriferro, ovvero il ricoprimento delle armature;
- Φ_y e Φ_z sono i diametri delle barre delle armature longitudinali della soletta nelle direzioni principale e secondaria. La verifica lungo il perimetro caricato consiste nel controllare che (eq. (6.53) UNI EN 1992-1-1:2015):

$$V_{Ed,0} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_0 \cdot d) \leq V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd};$$

dove:

- β è un coefficiente che dipende dall'eccentricità (rapporto tra momento flettente e sforzo normale) del carico applicato all'elemento punzonante. In via semplificata, questo fattore può essere stimato in relazione alla posizione in pianta del pilastro (si veda la seguente Fig. 6.21N della UNI EN 1992-1-1:2015 e la relativa tabella);
- V_{Ed} è lo sforzo di punzonamento di progetto allo SLU;
- $v = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$.

| posizione elemento punzonante | β |
|-------------------------------|---------|
| interna | 1,15 |
| di bordo | 1,4 |
| d'angolo | 1,5 |

STEP 2: Verifica lungo il perimetro critico in assenza di armature

La verifica di punzonamento si esegue normalmente in corrispondenza del perimetro critico (indicato con u_1) lungo il quale si assume che possa verificarsi, allo stato limite ultimo, la rottura a punzonamento. Il perimetro critico di pilastri in elevazione, ai sensi della UNI EN 1992-1-1:2015, è ad una distanza $2d$ dal



perimetro convesso dell'elemento punzonante, eventualmente escludendo i limiti della soletta (per pilastri di bordo e d'angolo, cfr. Figg. 6.13 e 6.15 UNI EN 1992-1-1:2015):

| pilastro Interno | pilastro di Bordo | pilastro d'Angolo |
|---|---|---------------------------------|
| $u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 4 \cdot \pi \cdot d$ | $u_1 = c_2 + 2 \cdot c_1 + 2 \cdot \pi \cdot d$ | $u_1 = c_1 + c_2 + \pi \cdot d$ |

Nel caso di elementi di fondazione, invece, il perimetro critico è da individuarsi in modo iterativo tra tutti quelli con il minore coefficiente di sicurezza, fino ad una distanza di $2d$ dal pilastro. Similmente a quanto avviene per gli elementi non armati a taglio con una specifica armatura trasversale (si pensi ai solai), è possibile assumere una resistenza intrinseca dell'elemento punzonato anche in assenza di armature (trattandosi di un meccanismo a taglio):

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} \leq v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_l \sigma_{cp} \geq (v_{\min} + k_l \sigma_{cp})$$

dove:

- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$;
- $k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d \text{ [mm]}}}, 2 \right]$;
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$;
- $\rho_{ly} = \frac{A_{sly}}{(c_1 + 6d)d}$ e $\rho_{lz} = \frac{A_{slz}}{(c_2 + 6d)d}$ sono le armature longitudinali nelle due direzioni che attraversano la dimensione colonna (c_1 o c_2) maggiorata di $3d$ su ciascun lato;
- $k_l = 0,1$
- $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$ è la tensione normale media nelle direzioni y e z del piano della soletta (per esempio dovute alla precompressione);
- $\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$ $\sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$;
- $v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \text{ [MPa]}$.

STEP 3: Progetto delle armature a punzonamento

Qualora non sia possibile, con il solo contributo del calcestruzzo, assorbire la totalità dello sforzo punzonante, vengono disposte delle armature a punzonamento di area totale, lungo il perimetro critico, pari ad A_{sw} . Siccome non è nota a priori la reale posizione della superficie critica di rottura a punzonamento, la norma prevede di "replicare" queste armature in modo concentrico rispettando i limiti dimensionali indicati nel prosieguo. Vengono, quindi, disposte un certo numero di "file", tutte di area totale A_{sw} e concentriche al pilastro e via via più distanti da questo. L'armatura totale a punzonamento di una fila (A_{sw}) deve essere scelta in modo tale che sia soddisfatta la seguente verifica:

$$V_{Ed,1} \leq V_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot (d/s_r) A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha / (u_1 \cdot d);$$

dove:

- s_r è l'interasse radiale dell'armatura a punzonamento (ovvero la distanza tra due file di armature concentriche);
- $f_{ywd,ef}$ è la tensione di snervamento di progetto efficace delle armature a punzonamento:
- $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd}$;
- α è l'angolo di inclinazione dell'armatura a punzonamento con l'orizzontale.

È possibile scegliere tra due possibili tipologie di armature a punzonamento:

- 1) *cuciture verticali* (pioli o perni tipo "stud"): in questo caso, trattandosi di armature verticali, sarà possibile assumere $\alpha = 90^\circ$;



- 2) *ferri piegati*: in questo caso, la piegatura potrà avvenire con un angolo α compreso tra 30° e 45° e si potrà assumere, nel caso di un'unica fila di armature:

$$(d/s_r) = 0,67.$$

STEP 4: Dettagli esecutivi

La disposizione delle armature a punzonamento deve essere fatta seguendo i dettagli esecutivi indicati nel § 9.4.3 della UNI EN 1992-1-1:2015. In primo luogo occorrerà calcolare il perimetro u_{out} oltre il quale non sono più richieste armature. Quest'ultimo è pari a:

$$u_{out,ef} = \beta \cdot V_{Ed} / (V_{Rd,c} \cdot d).$$

I dettagli esecutivi possono essere così riassunti (cfr. Fig. 9.10 UNI EN 1992-1-1:2015):

- 1) *per cuciture verticali*: la prima fila deve partire ad una distanza compresa tra 0,3 e 0,5 d dalla faccia del pilastro; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità \leq di 0,75 d; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza \leq di 1,5 d dal perimetro u_{out} ;
- 2) *per ferri piegati*: la prima fila deve partire ad una distanza minore di 0,5 d dalla faccia del pilastro; le barre possono essere disposte in pianta ad una distanza dalle facce del pilastro minore o uguale a 0,25 d; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità minore o uguale a 0,75 d; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza minore o uguale a 1,5 d dal perimetro u_{out} .

Infine, l'area minima della singola armatura a punzonamento deve risultare:

$$A_{sw,1} \geq A_{sw,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck} / f_{yk}}}{(1,5 \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r s_t)};$$

dove s_t è la distanza tangenziale massima tra le armature lungo una stessa fila, pari ad almeno 1,5 d per file interne al perimetro u_1 e 2 d per file esterne al perimetro u_1 .

[Fondazioni superficiali](#)

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del **carico limite** sono esposti nella relazione GEOTECNICA.

[Pali di fondazione](#)

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del **carico limite** sono esposti nella relazione GEOTECNICA.



8.3 VERIFICHE SLD

Essendo la struttura di **Classe 3** sono state condotte le Verifiche allo Stato Limite di Danno come indicato al par. 7.3.6.1 del D.M. 2018, assumendo fattori parziali dei materiali γ_m pari a 1.

DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

Travi in c.a.

Le armature degli elementi trave sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.1 del D.M. 2018:

$$\begin{aligned} A_s \geq A_{s,\min} &= \max \left\{ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d; 0,0013 b_t d \right\} & [\text{TR-C4-A}] \\ \max \{A_s; A'_s\} \leq A_{s,\max} &= 0,04 A_c & [\text{TR-C4-B}] \\ A_{st} \geq A_{st,\min} &= 1,5 b \text{ mm}^2 / \text{m} & [\text{TR-C4-C}] \\ p_{st} \geq p_{st,\min} &= \min \{33,3 \text{ cm}; 0,8 d\} & [\text{TR-C4-D}] \\ A_{st} \geq 0,5 A_{sw} & & [\text{TR-C4-E}] \\ p_{st} \geq 15 \Phi & & [\text{TR-C4-F}] \end{aligned}$$

dove:

- A_s e A'_s sono le aree di armature tese e compresse;
- f_{ctm} è la resistenza a trazione media del cls;
- f_{yk} è la resistenza caratteristica allo snervamento;
- b_t è la larghezza media della zona tesa della trave (pari alla larghezza della trave o dell'anima nel caso di sezioni a T);
- d è l'altezza utile della trave;
- b è lo spessore minimo dell'anima in mm;
- p_{st} è il passo delle staffe;
- A_c è l'area della sezione di cls;
- A_{st} è l'area delle staffe;
- A_{sw} è l'area totale delle armature a taglio (area delle staffe più area dei ferri piegati);
- dove Φ è il diametro delle armature longitudinali compresse.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.1 del D.M. 2018:

$$\begin{aligned} b_t &\geq b_{t,\min} = 20 \text{ cm} & [\text{TR-LG-A}] \\ b_t &\leq b_{t,\max} = \min \{b_c + h_t; b_c\} & [\text{TR-LG-B}] \\ b_t/h_t &\geq (b_t/h_t)_{\min} = 0,25 & [\text{TR-LG-C}] \\ L_{zc} &= 1,5 h_t (\text{CD-A}); L_{zc} = 1,0 h_t (\text{CD-B}) & [\text{TR-LG-D}] \end{aligned}$$

dove:

- b_t e h_t sono la base e l'altezza delle travi, rispettivamente;
- b_c è la larghezza della colonna;
- L_{zc} è la larghezza della zona dissipativa.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.1 del D.M. 2018, illustrate nel seguito.

Armature longitudinali

$$n_{\phi l} > n_{\phi l,\min} = 2 \quad [\text{TR-AL-A}]$$



$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_{yk}} < \rho = \frac{A_s}{b \cdot h} < \rho_{\max} = \rho_{\text{cmp}} + \frac{3,5}{f_{yk}} \quad [\text{TR-AL-B}]$$

$$\rho_{\text{cmp}} \geq \rho_{\text{cmp,min}} \quad [\text{TR-AL-C}]$$

dove:

- n_{ϕ} è il numero di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- $n_{\phi,\min}$ è il minimo numero possibile di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- ρ è il rapporto geometrico relativo all’armatura tesa (rapporto tra le aree delle armature, A_s , e l’area della sezione rettangolare, $b \times h$);
- ρ_{cmp} è il rapporto geometrico relativo all’armatura compressa;
- $\rho_{\text{cmp,min}} = 0,25 \rho$ per zone non dissipative, oppure $1/2 \rho$ per zone dissipative.
- f_{yk} è la resistenza di snervamento caratteristica dell’acciaio in MPa.

Armature trasversali

$$p_{st} \leq p_{st,\max} = \min \begin{cases} \left[\frac{d}{4}; \quad 175 \text{ mm}; \quad 6\Phi_l; \quad 24\Phi_{st} \right] & (\text{CD-A}) \\ \left[\frac{d}{4}; \quad 225 \text{ mm}; \quad 8\Phi_l; \quad 24\Phi_{st} \right] & (\text{CD-B}) \end{cases} \quad [\text{TR-AT-A}]$$

$$\Phi_{st} \geq \Phi_{st,\min} = 6 \text{ mm} \quad [\text{TR-AT-B}]$$

dove:

- d è l’altezza utile della sezione;
- Φ_l è il diametro più piccolo delle barre longitudinali utilizzate;
- Φ_{st} è il diametro più piccolo delle armature trasversali utilizzate;
- $\Phi_{st,\min}$ è il minimo diametro delle staffe da normativa.

Pilastri in c.a.

Le armature degli elementi pilastri sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.2 del D.M. 2018, nel seguito indicati:

$$\Phi_l \geq \Phi_{l,\min} = 12 \text{ mm} \quad [\text{PL-C4-A}]$$

$$i \leq i_{\max} = 300 \text{ mm} \quad [\text{PL-C4-B}]$$

$$A_{sl} \geq A_{sl,\min} = \max \left\{ 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}, 0,003 A_c \right\} \quad [\text{PL-C4-C}]$$

$$p_{st} \leq p_{st,\max} = \min \{ 12\Phi_l, 250 \text{ mm} \} \quad [\text{PL-C4-D}]$$

$$\Phi_{st} \geq \Phi_{st,\min} = \max \left\{ 6 \text{ mm}; \frac{\Phi_{l,\max}}{4} \right\} \quad [\text{PL-C4-E}]$$

$$A_{sl} \leq A_{sl,\max} = 0,04 A_c \quad [\text{PL-C4-F}]$$

dove:

- Φ_l e $\Phi_{l,\min}$ sono, rispettivamente, il diametro più piccolo utilizzato ed il diametro minimo da norma delle barre longitudinali;
- i e i_{\max} sono, rispettivamente, l’interasse massimo utilizzato e l’interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;
- A_{sl} è l’area totale delle armature longitudinali;
- N_{Ed} è la forza di compressione di progetto;
- f_{yd} è la tensione di calcolo dell’acciaio;
- A_c è l’area di cls;
- p_{st} e $p_{st,\max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;
- Φ_{st} e $\Phi_{st,\min}$ sono, rispettivamente, il diametro minimo utilizzato ed il diametro minimo consentito da norma delle staffe;
- $\Phi_{l,\max}$ è il diametro massimo delle armature longitudinali utilizzate;



- $A_{sl,max}$ è l'area massima da norma dei ferri longitudinali;
- A_c è l'area di cls.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.2 del D.M. 2018:

$$b_c \geq b_{c,min} = 25 \text{ cm} \quad [\text{PL-LG-A}]$$

$$L_{zc} \geq L_{zc,min} = \max\{h_c, 1/6 L_l, 45 \text{ cm}\} \text{ se } L_l \geq 3 h_c \quad [\text{PL-LG-B}]$$

$$L_{zc} \geq L_{zc,min} = \max\{h_c, L_l, 45 \text{ cm}\} \text{ se } L_l < 3 h_c$$

dove:

- b_c è la dimensione minima della sezione trasversale del pilastro;
- $b_{c,min}$ è la dimensione minima consentita della sezione trasversale del pilastro;
- L_{zc} è la lunghezza della zona critica;
- $L_{zc,min}$ è la lunghezza minima consentita della zona critica;
- h_c è l'altezza del pilastro;
- L_l è la luce libera del pilastro.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.2 del D.M. 2018:

Armature longitudinali

$$i \leq i_{max} = 25 \text{ cm} \quad [\text{PL-AL-A}]$$

$$\rho_{min} = 1\% \leq \rho \leq \rho_{max} = 4\% \quad [\text{PL-AL-B}]$$

dove:

- i e i_{max} sono, rispettivamente, l'interasse massimo utilizzato e l'interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;
- ρ è il rapporto tra l'area totale di armatura longitudinale e l'area della sezione retta.

Armature trasversali

$$\Phi_{st} > \Phi_{st,min} = \begin{cases} \max \left[6mm; \left(0,4\Phi_{l,max} \sqrt{\frac{f_{yd,l}}{f_{yd,st}}} \right) \right] & \text{CD - A} \\ 6mm & \text{CD - B} \end{cases} \quad [\text{PL-AT-A}]$$

$$p_{st} \leq p_{st,max} = \min \left[\begin{array}{ll} \left[1/3b_{c,min}; 12,5 \text{ cm}; 6d_{bl,min} \right] & \text{CD - A} \\ \left[1/2b_{c,min}; 17,5 \text{ cm}; 8d_{bl,min} \right] & \text{CD - B} \end{array} \right] \quad [\text{PL-AT-B}]$$

dove:

- Φ_{st} è il più piccolo diametro delle staffe utilizzate;
- $\Phi_{st,min}$ è il minimo diametro delle staffe utilizzabili;
- $\Phi_{l,max}$ è il diametro massimo delle barre longitudinali utilizzate;
- $f_{yd,l}$ e $f_{yd,st}$ sono le tensioni di snervamento di progetto delle barre longitudinali e delle staffe;
- p_{st} e $p_{st,max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;
- $b_{c,min}$ è la dimensione minore del pilastro;
- $d_{bl,min}$ è il diametro minimo delle armature longitudinali.

Inoltre, è stato effettuato il seguente controllo sulla duttilità minima dei pilastri:

$$\omega_{wd} = \frac{V_{st}}{V_{nc}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \omega_{wd,min} = 0,08 \quad [\text{PL-AT-C}]$$

dove:

- $V_{st} = A_{st} L_{st}$ è il volume delle staffe di contenimento;
- V_{nc} è il volume del nucleo confinato (= $b_0 h_0 s$ per sezioni rettangolari; $= \pi(D_0/2)^2$ nel caso di sezioni circolari);
- A_{st} è l'area delle staffe;
- L_{st} è il perimetro delle staffe;



- b_0 e h_0 sono le dimensioni del nucleo confinato, misurate con riferimento agli assi delle staffe;
- D_0 è il diametro del nucleo confinato misurato rispetto all'asse delle staffe;
- s è il passo delle staffe;
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto delle staffe;
- f_{cd} è la tensione di progetto a compressione del cls.

Nodi in c.a.

Il dimensionamento degli elementi trave e pilastro confluenti nel nodo è stato effettuato assicurando che le eccentricità delle travi rispetto ai pilastri siano inferiori ad 1/4 della larghezza del pilastro, per la direzione considerata (§ 7.4.6.1.3 D.M. 2018).

Le staffe progettate nel nodo sono almeno pari alle staffe presenti nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore. Nel caso di nodi interamente confinati il passo minimo delle staffe nel nodo è pari al doppio di quello nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore, fino ad un massimo di 15 cm.



9. PRINCIPALI RISULTATI

Le verifiche per le pareti sono quelle previste dal § 7.4.4.5.1 del D.M.2018. La progettazione viene eseguita sulla base delle azioni ottenute dall'analisi della struttura come indicato al § 7.4.4.5.1 del D.M.2018.

NOTA RELATIVA AI MACROELEMENTI

Al termine dell'introduzione dei dati, nella generazione del modello, Pro_Sap esegue la scansione della struttura assegnando la numerazione degli elementi, raggruppandoli in macroelementi (quali travate, piastre e pareti di caratteristiche omogenee) e cercando eventuali errori di modellazione.

La generazione del macroelemento nelle piastre e nelle pareti consente di visualizzare gli inviluppi, che vengono riportati nella relazione per le sollecitazioni più significative ai fini delle verifiche; le sollecitazioni indicate sono quelle complessive agenti su tutto il macroelemento.

L'inviluppo viene riportato lungo una linea d'asse che rappresenta la parete o la piastra. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.

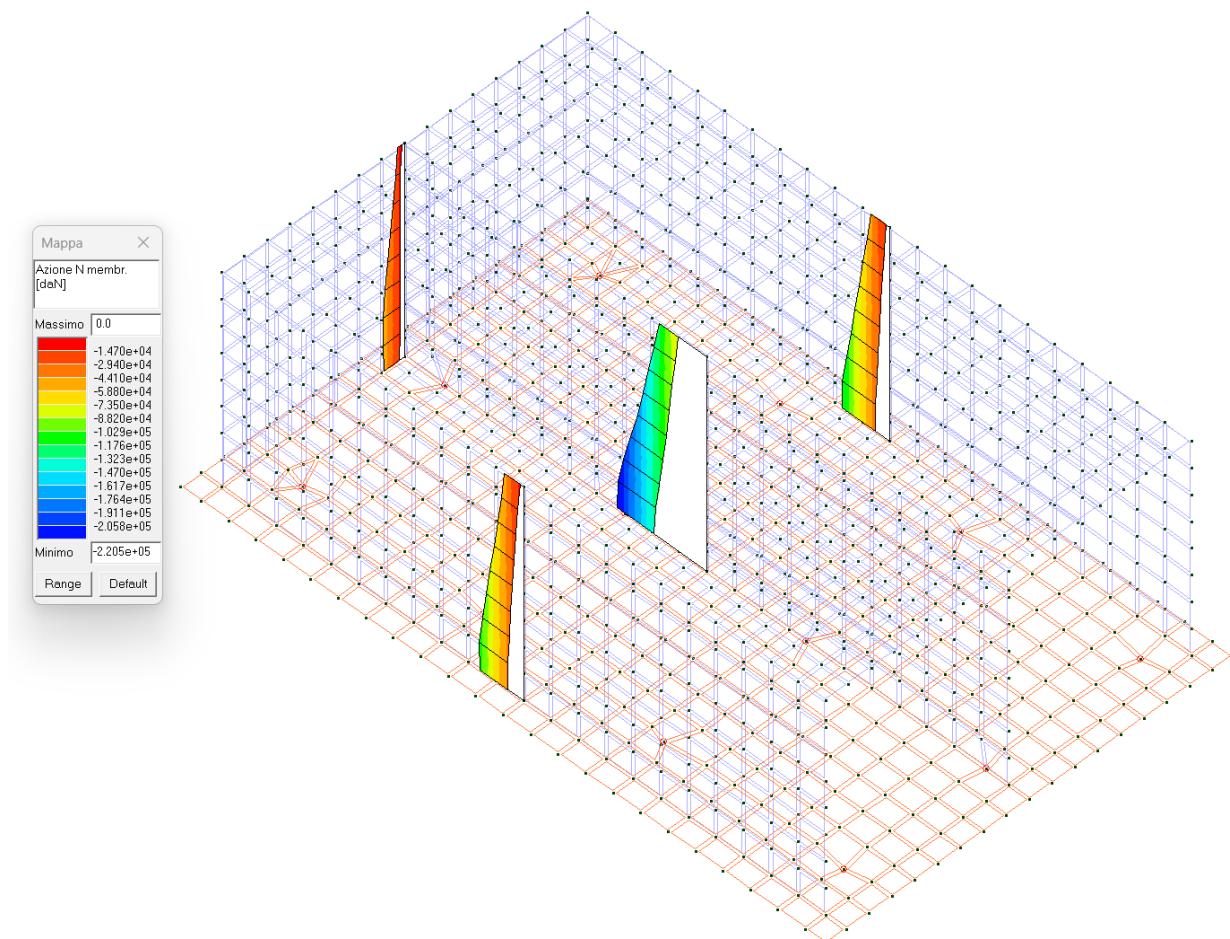
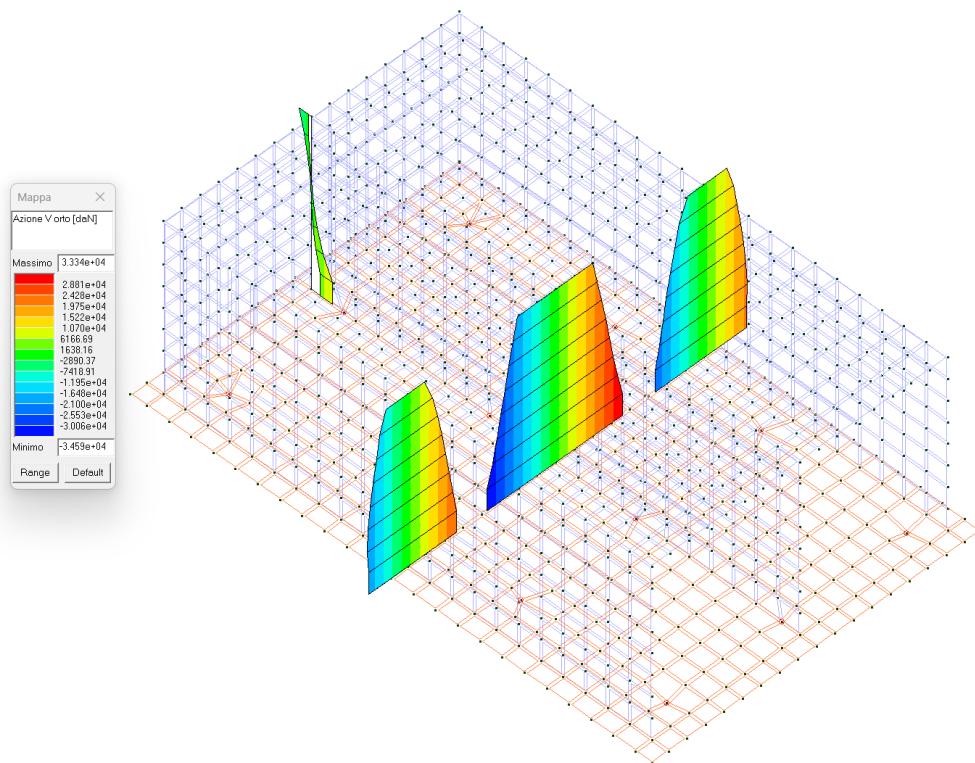
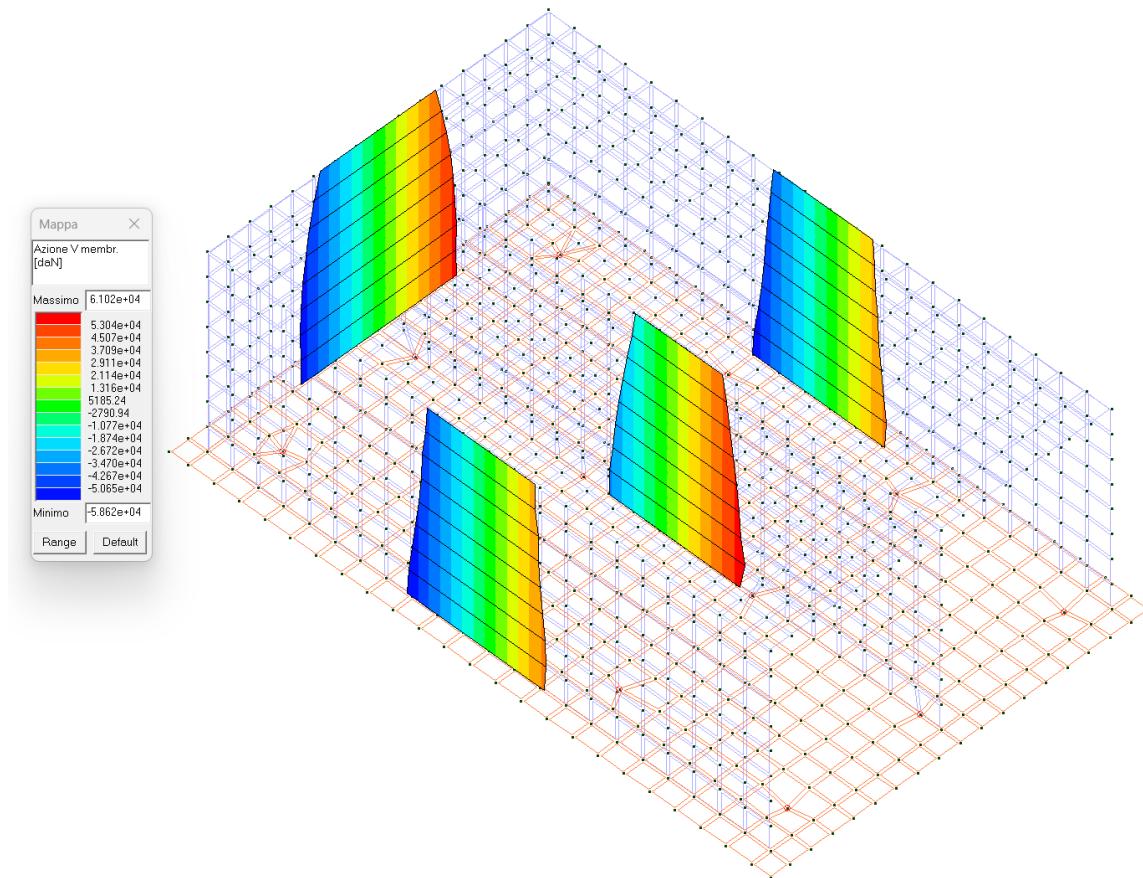
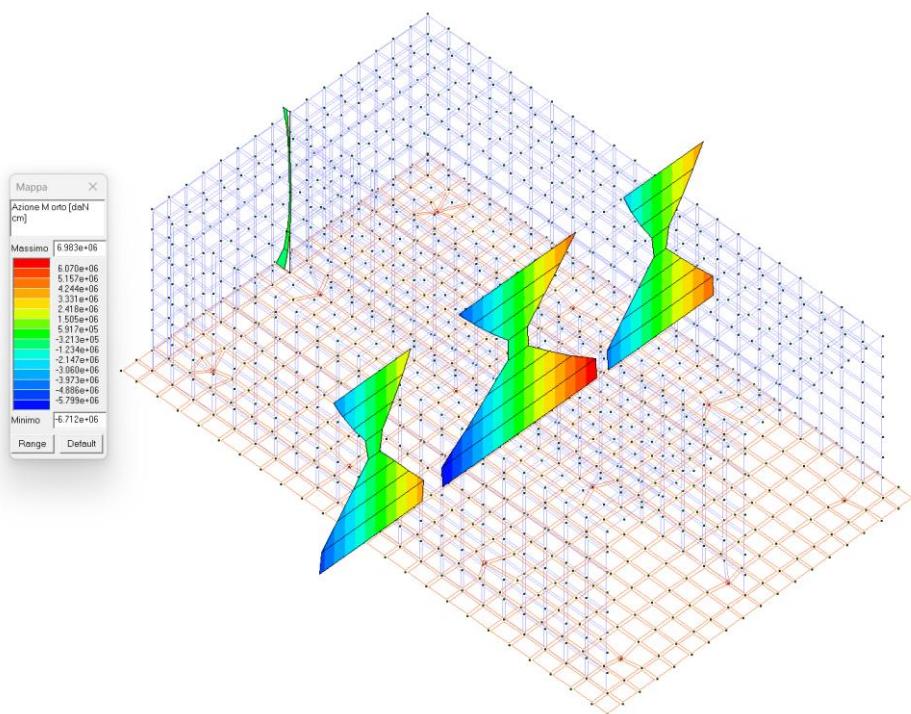
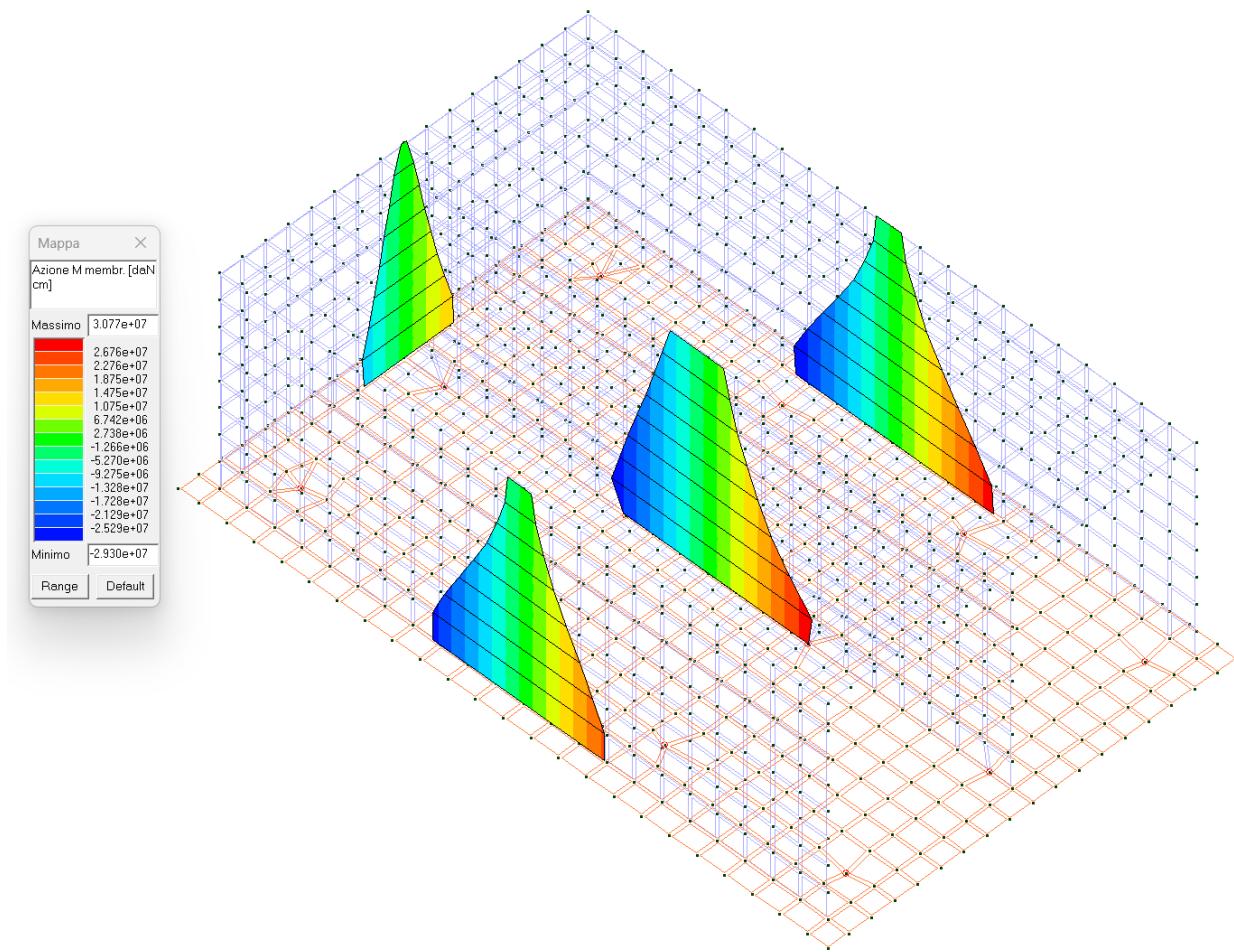


Figura 32 - AZIONE N MEMBR. (SFORZO NORMALE)







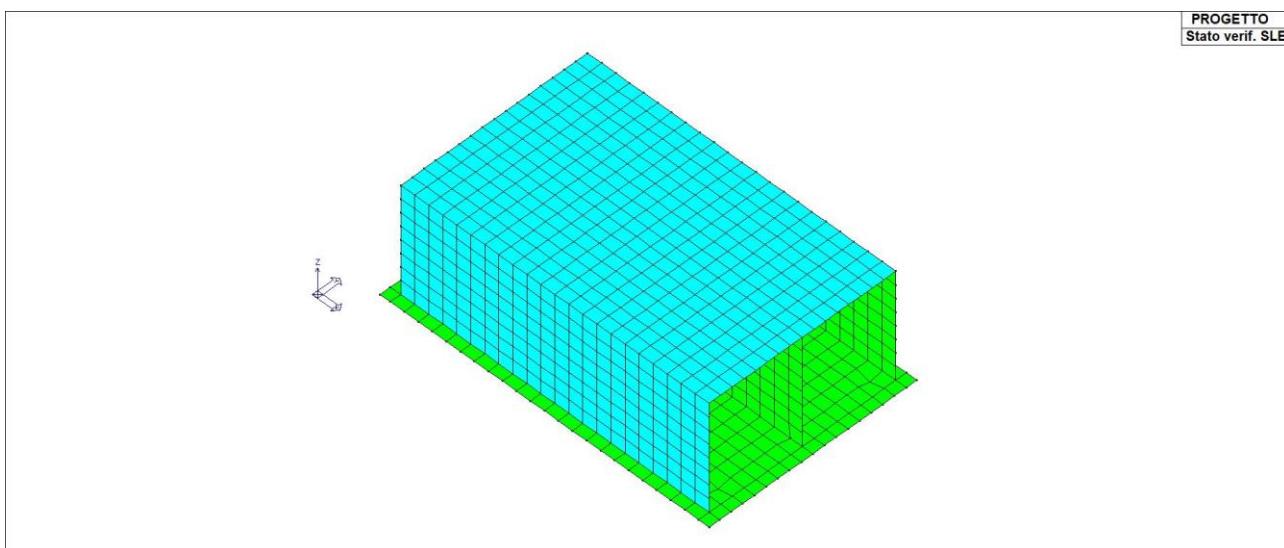
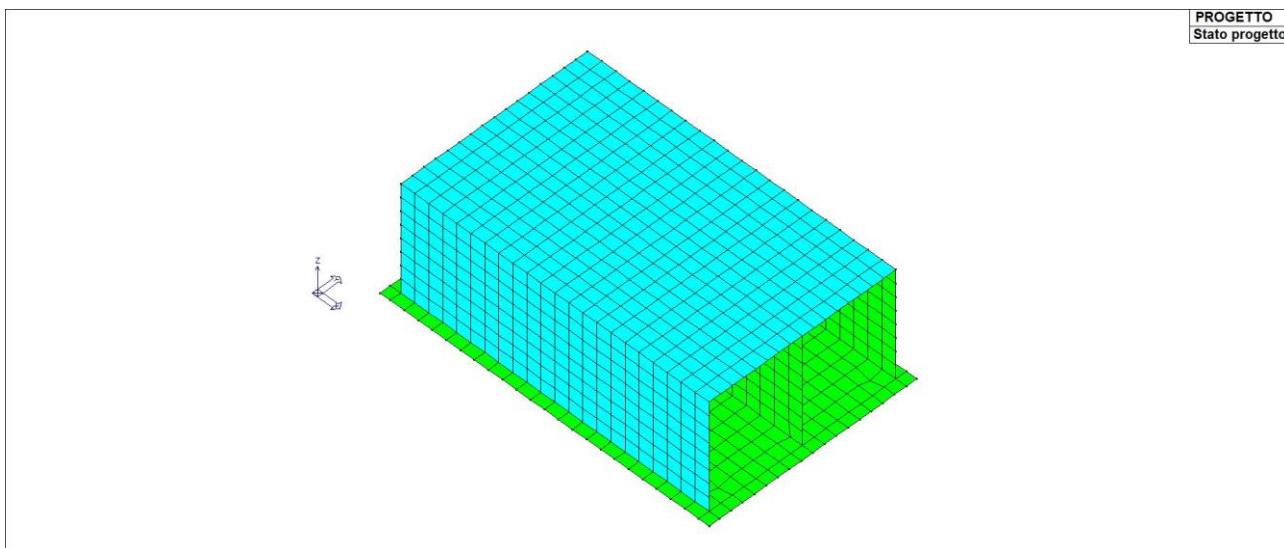
10. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.



Per il numero identificativo di ogni elemento si rimanda a pag 9 della stessa relazione.



PALO 222 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

PALO 289 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |

PALO 350 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |

PALO 403 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

PALO 1116 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |

PALO 1165 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |

PALO 1207 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

PALO 1275 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |

PALO 1324 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 21000 | 82,9 |
| 2 | 10 | 20 | 1200+535 | 427,9 |



PALO 1366 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

PALO 1448 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

PALO 1449 (palo)

| Pos. | Num. | Diam.(mm) | L. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 1 | 8 | 31500 | 124,3 |
| 2 | 17 | 20 | 1200+535 | 727,4 |

Parete in c.a. n. 1

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| lato + | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato + | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |
| lato - | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato - | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |

Parete in c.a. n. 2

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| lato + | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato + | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |
| lato - | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato - | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |

Armatura integrativa:

| Pos. | Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|------|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| 1 | lato + | 1 | Ø 14 | 65.0 | 552.0 | 6.7 |
| 2 | lato + | 1 | Ø 14 | 35.0 | 1233.0 | 14.9 |
| 3 | lato + | 1 | Ø 14 | 100.0 | 363.0 | 4.4 |
| 4 | lato + | 2 | Ø 14 | 65.0 | 352.0 | 4.3 |
| 5 | lato + | 2 | Ø 14 | 100.0 | 220.0 | 2.7 |
| 6 | lato + | 2 | Ø 14 | 100.0 | 366.0 | 4.4 |
| 7 | lato - | 1 | Ø 14 | 35.0 | 1233.0 | 14.9 |
| 8 | lato - | 1 | Ø 14 | 65.0 | 552.0 | 6.7 |
| 9 | lato - | 1 | Ø 14 | 100.0 | 363.0 | 4.4 |
| 10 | lato - | 2 | Ø 14 | 100.0 | 220.0 | 2.7 |
| 11 | lato - | 2 | Ø 14 | 65.0 | 352.0 | 4.3 |
| 12 | lato - | 2 | Ø 14 | 100.0 | 366.0 | 4.4 |



Parete in c.a. n. 4

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| lato + | 1 | Ø 14 | 20.0 | 24705.0 | 298.5 |
| lato + | 2 | Ø 14 | 20.0 | 27820.0 | 336.2 |
| lato - | 1 | Ø 14 | 20.0 | 24705.0 | 298.5 |
| lato - | 2 | Ø 14 | 20.0 | 27820.0 | 336.2 |

Parete in c.a. n. 5

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| lato + | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato + | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |
| lato - | 1 | Ø 14 | 20.0 | 40626.0 | 490.9 |
| lato - | 2 | Ø 14 | 20.0 | 46800.0 | 565.5 |

Armatura integrativa:

| Pos. | Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|------|--------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| 1 | lato + | 1 | Ø 14 | 50.0 | 252.0 | 3.0 |
| 2 | lato + | 2 | Ø 14 | 100.0 | 134.0 | 1.6 |
| 3 | lato - | 1 | Ø 14 | 100.0 | 125.0 | 1.5 |
| 4 | lato - | 2 | Ø 14 | 100.0 | 134.0 | 1.6 |

Soletta in c.a. n. 3

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| sup. | 1 | Ø 14 | 20.0 | 90206.0 | 1090.1 |
| sup. | 2 | Ø 14 | 20.0 | 82500.0 | 996.9 |
| inf. | 1 | Ø 14 | 20.0 | 90206.0 | 1090.1 |
| inf. | 2 | Ø 14 | 20.0 | 82500.0 | 996.9 |

Distanziatori Ø12, L = 100.0 cm

1/50 dir.1, 1/50 dir.2

Soletta in c.a. n. 6

Armatura diffusa:

| Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot.(cm) | Peso (kg) |
|------|------|-----------|------------|------------|-----------|
| sup. | 1 | Ø 20 | 20.0 | 113550.0 | 2800.3 |
| sup. | 2 | Ø 20 | 20.0 | 116762.0 | 2879.5 |
| inf. | 1 | Ø 20 | 20.0 | 113550.0 | 2800.3 |
| inf. | 2 | Ø 20 | 20.0 | 116762.0 | 2879.5 |

Armatura integrativa:

| Pos. | Lato | Dir. | Diam.(mm) | Passo (cm) | L.tot. (cm) | Peso (kg) |
|------|------|------|-----------|------------|-------------|-----------|
| 1 | sup. | 1 | Ø 26 | 5.5 | 11979.0 | 499.3 |
| 2 | sup. | 1 | Ø 20 | 5.5 | 7225.0 | 178.2 |
| 3 | sup. | 1 | Ø 20 | 13 | 3091.0 | 76.2 |
| 4 | sup. | 1 | Ø 20 | 20 | 1960.0 | 48.3 |
| 5 | sup. | 1 | Ø 20 | 13 | 3520.0 | 86.8 |
| 6 | sup. | 1 | Ø 26 | 12 | 3480.0 | 145.0 |
| 7 | sup. | 1 | Ø 20 | 15 | 2670.0 | 65.8 |
| 8 | sup. | 1 | Ø 20 | 11 | 3920.0 | 96.7 |
| 9 | sup. | 1 | Ø 20 | 25 | 1980.0 | 48.8 |
| 10 | sup. | 1 | Ø 20 | 40 | 1600.0 | 39.5 |
| 11 | sup. | 2 | Ø 26 | 4 | 14491.0 | 604.0 |
| 12 | sup. | 2 | Ø 20 | 15 | 2850.0 | 70.3 |
| 13 | sup. | 2 | Ø 20 | 6 | 6279.0 | 154.8 |
| 14 | sup. | 2 | Ø 20 | 14 | 3600.0 | 88.8 |
| 15 | sup. | 2 | Ø 20 | 20 | 2313.0 | 57.0 |



| | | | | | | |
|----|------|---|------|-----|---------|-------|
| 16 | sup. | 2 | Ø 20 | 11 | 4617.0 | 113.9 |
| 17 | sup. | 2 | Ø 20 | 9 | 5565.0 | 137.2 |
| 18 | sup. | 2 | Ø 20 | 30 | 2170.0 | 53.5 |
| 19 | sup. | 2 | Ø 20 | 20 | 3100.0 | 76.5 |
| 20 | sup. | 2 | Ø 20 | 30 | 2065.0 | 50.9 |
| 21 | inf. | 1 | Ø 26 | 4 | 18669.0 | 778.1 |
| 22 | inf. | 1 | Ø 20 | 13 | 3069.0 | 75.7 |
| 23 | inf. | 1 | Ø 26 | 10 | 8424.0 | 351.1 |
| 24 | inf. | 1 | Ø 20 | 20 | 1960.0 | 48.3 |
| 25 | inf. | 1 | Ø 20 | 13 | 3520.0 | 86.8 |
| 26 | inf. | 1 | Ø 26 | 12 | 3456.0 | 144.0 |
| 27 | inf. | 1 | Ø 20 | 8 | 5016.0 | 123.7 |
| 28 | inf. | 1 | Ø 26 | 30 | 2576.0 | 107.4 |
| 29 | inf. | 1 | Ø 20 | 25 | 1980.0 | 48.8 |
| 30 | inf. | 1 | Ø 26 | 5 | 9472.0 | 394.8 |
| 31 | inf. | 2 | Ø 26 | 6.5 | 11970.0 | 498.9 |
| 32 | inf. | 2 | Ø 20 | 20 | 2030.0 | 50.1 |
| 33 | inf. | 2 | Ø 20 | 8 | 5263.0 | 129.8 |
| 34 | inf. | 2 | Ø 20 | 7 | 6370.0 | 157.1 |
| 35 | inf. | 2 | Ø 26 | 9 | 7370.0 | 307.2 |
| 36 | inf. | 2 | Ø 20 | 10 | 5292.0 | 130.5 |
| 37 | inf. | 2 | Ø 20 | 20 | 3000.0 | 74.0 |
| 38 | inf. | 2 | Ø 20 | 40 | 1470.0 | 36.3 |
| 39 | inf. | 2 | Ø 20 | 25 | 2277.0 | 56.2 |
| 40 | inf. | 2 | Ø 20 | 55 | 1734.0 | 42.8 |

Armatura a taglio:

| Pos. | Num.pioli | Diam.(mm) | Passo (cm) | Peso (kg) |
|------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 41 | 143 | Ø 12 | 14 x 14 | 50.8 |
| 42 | 168 | Ø 12 | 13 x 13 | 59.7 |
| 43 | 42 | Ø 12 | 30 x 30 | 14.9 |
| 44 | 48 | Ø 12 | 30 x 30 | 17.0 |
| 45 | 42 | Ø 12 | 30 x 30 | 14.9 |
| 46 | 25 | Ø 12 | 30 x 30 | 8.9 |
| 47 | 45 | Ø 12 | 30 x 30 | 16.0 |
| 48 | 36 | Ø 12 | 30 x 30 | 12.8 |

Distanziatori Ø12, L = 138.0 cm

1/50 dir.1, 1/50 dir.2



Si riportano le verifiche del macro setto n° 4, che è quello più sollecitato. (Per il numero identificativo di ogni elemento si rimanda a pag 9 della stessa relazione.)

| Nodo | Stato | x/d | V N/M | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N z | N o | N zo | M z | M o | M zo |
|-------------|--------------|------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | | | | | | | | | daN/cm | daN/cm | daN/cm | daN | daN | daN |
| 1 | ok | 0.15 | 0.4 | 5.05e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 167.0 | 41.4 | -52.0 | -1016.4 | 310.3 | -144.7 |
| 2 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.07e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -24.6 | -109.0 | 46.5 | -1620.8 | 95.7 | 383.5 |
| 7 | ok | 0.15 | 5.47e-02 | 3.17e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 4.7 | -5.3 | 13.9 | -17.1 | 143.1 | 119.8 |
| 8 | ok | 0.15 | 0.2 | 6.09e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 25.1 | 196.4 | -19.1 | 244.9 | -224.8 | -31.4 |
| 13 | ok | 0.15 | 0.2 | 7.37e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 279.0 | 19.9 | -36.6 | -581.6 | 213.5 | 32.8 |
| 16 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.63e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 150.3 | 14.7 | -31.6 | -5.6 | 756.2 | 40.7 |
| 18 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.64e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 74.3 | 8.5 | -31.7 | 98.6 | 762.8 | -4.0 |
| 20 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.35e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -59.2 | 11.2 | 17.2 | 160.3 | 648.0 | 270.8 |
| 22 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.03e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -58.8 | 10.2 | 18.7 | 160.2 | 675.3 | 237.7 |
| 24 | ok | 0.15 | 0.2 | 7.61e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -40.6 | 11.7 | 19.4 | 154.6 | 679.4 | 172.5 |
| 26 | ok | 0.15 | 0.1 | 4.47e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -17.3 | 13.6 | 19.0 | 104.2 | 542.5 | 120.1 |
| 220 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.17e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 77.2 | -64.2 | -4.4 | 397.3 | 670.7 | -139.5 |
| 223 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.09e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 18.6 | -56.6 | -62.5 | -43.7 | 426.3 | -0.3 |
| 225 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.96e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -29.4 | -1.8 | -81.3 | 9.1 | 100.8 | -267.0 |
| 227 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.76e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -30.4 | 5.7 | -76.6 | 53.8 | 295.9 | -266.7 |
| 229 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.52e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -22.8 | 9.0 | -71.3 | 57.7 | 335.3 | -257.9 |
| 231 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.26e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -13.1 | 7.9 | -68.7 | 59.5 | 409.7 | -233.0 |
| 233 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.00e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 17.3 | 55.7 | 51.5 | -103.4 | -27.9 | 43.6 |
| 420 | ok | 0.15 | 8.55e-02 | 6.60e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -16.1 | -5.9 | 23.9 | -304.8 | 4.9 | 324.4 |
| 422 | ok | 0.15 | 0.1 | 8.57e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -25.9 | 4.85e-02 | -21.7 | -740.2 | -165.8 | 145.9 |
| 424 | ok | 0.15 | 0.1 | 9.99e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -29.5 | 10.9 | -12.8 | -856.4 | -200.3 | 46.8 |
| 426 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.08e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -28.6 | 24.9 | -15.7 | -804.9 | -185.6 | -68.6 |
| 428 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.08e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -23.9 | 44.5 | -14.6 | -597.5 | -131.8 | -149.9 |
| 430 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.00e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -14.0 | 72.6 | -13.0 | -255.2 | -43.6 | -189.9 |
| 432 | ok | 0.15 | 0.2 | 8.15e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 8.3 | 116.8 | -22.6 | 171.4 | 105.3 | -145.3 |
| 581 | ok | 0.15 | 0.3 | 2.94e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -3.3 | -18.2 | -55.7 | -659.0 | 48.1 | -257.9 |
| 582 | ok | 0.15 | 0.2 | 4.66e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -30.8 | -175.3 | 98.5 | -1256.2 | -90.7 | -349.6 |
| 583 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.02e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -123.7 | 36.2 | -6.7 | -141.8 | 31.2 | 283.1 |
| 584 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.55e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -76.1 | 24.6 | 11.2 | 102.4 | 232.6 | 332.0 |
| 585 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.28e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -60.6 | 13.7 | 20.4 | 188.0 | 454.5 | 266.0 |
| 586 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.10e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -60.4 | 12.8 | 24.4 | 182.7 | 486.3 | 215.0 |
| 587 | ok | 0.15 | 0.1 | 9.22e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -46.6 | 15.0 | 26.4 | 152.5 | 452.9 | 163.1 |
| 588 | ok | 0.15 | 0.1 | 7.30e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -32.2 | 16.0 | 25.5 | 29.0 | 286.9 | 181.9 |
| 589 | ok | 0.15 | 0.3 | 3.83e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -186.8 | 32.5 | 42.7 | -795.1 | -468.6 | 51.7 |
| 590 | ok | 0.15 | 0.2 | 7.78e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -128.6 | -362.1 | 59.4 | -1691.7 | 48.2 | -255.8 |
| 591 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.64e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -157.7 | 37.0 | 32.9 | -416.3 | -357.4 | 150.5 |
| 592 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.89e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -88.9 | 31.3 | 25.7 | 48.9 | -130.6 | 247.8 |
| 593 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.47e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -65.6 | 21.4 | 23.9 | 146.6 | 130.2 | 275.6 |
| 594 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.21e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -49.8 | 18.7 | 29.3 | 176.7 | 190.3 | 238.4 |
| 595 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.03e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -50.8 | 16.4 | 31.9 | 95.9 | 149.7 | 233.7 |
| 596 | ok | 0.15 | 9.75e-02 | 8.86e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -22.5 | 16.7 | 27.1 | -182.8 | 31.7 | 295.3 |
| 597 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.86e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -173.8 | 19.3 | 69.3 | -889.6 | -485.2 | 72.4 |
| 598 | ok | 0.15 | 0.2 | 8.54e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -142.1 | -320.0 | -19.3 | -1753.5 | -68.2 | 113.8 |
| 599 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.79e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -158.4 | 31.8 | 53.1 | -546.5 | -445.9 | 123.1 |
| 600 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.04e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -107.6 | 22.4 | 52.2 | -118.5 | -317.7 | 165.2 |
| 601 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.58e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -65.6 | 23.6 | 38.4 | 76.0 | -212.6 | 208.7 |
| 602 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.36e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -64.3 | 18.8 | 38.4 | 61.2 | -171.2 | 222.9 |
| 603 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.18e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -52.9 | 19.4 | 34.5 | -24.0 | -91.5 | 259.3 |
| 604 | ok | 0.15 | 9.80e-02 | 1.02e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -27.2 | 28.4 | -29.1 | -390.0 | -197.7 | 71.0 |
| 605 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.23e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -106.1 | -114.1 | 25.5 | -890.9 | -323.0 | 141.4 |
| 606 | ok | 0.15 | 0.2 | 5.24e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -102.6 | -238.7 | -42.0 | -1649.5 | -437.4 | 154.2 |
| 607 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.65e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -104.7 | 18.7 | 70.3 | -320.7 | -385.3 | 123.4 |
| 608 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.07e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -103.0 | 20.5 | 61.0 | -163.2 | -345.4 | 145.5 |
| 609 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.61e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -64.0 | 22.8 | 44.3 | 39.1 | -253.2 | 184.2 |
| 610 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.40e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -49.3 | 22.6 | 39.8 | 14.3 | -214.8 | 216.4 |
| 611 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.25e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -30.9 | 37.1 | -40.0 | -154.8 | -218.3 | 11.6 |
| 612 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.07e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -33.9 | 36.7 | -31.0 | -386.7 | -215.5 | 0.3 |
| 613 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.36e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -48.0 | -103.8 | 12.5 | -757.7 | -335.9 | 174.9 |
| 614 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.79e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -45.7 | -110.9 | -34.4 | -1381.7 | -495.4 | 193.1 |
| 615 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.23e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -63.5 | -7.7 | 77.9 | -445.9 | -254.0 | 213.5 |
| 616 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.92e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -80.3 | 11.1 | 70.3 | -150.0 | -296.8 | 142.6 |
| 617 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.59e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -68.5 | 14.9 | 58.2 | -17.7 | -246.1 | 151.5 |
| 618 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.32e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -55.8 | 17.2 | 50.1 | -6.0 | -210.1 | 178.9 |
| 619 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.24e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -31.7 | 38.4 | -41.8 | -144.4 | -171.9 | -13.6 |

**Città di Fermo****Settore IV e V**

Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA “IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO”

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

| Nodo | Stato | x/d | V N/M | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N z | N o | N zo | M z | M o | M zo |
|-------------|--------------|------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 620 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.17e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -28.7 | 48.2 | -33.9 | -313.3 | -159.0 | -49.4 |
| 621 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.92e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -10.3 | -85.2 | -25.0 | -592.4 | -260.0 | 108.4 |
| 622 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.95e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -6.7 | -77.2 | -37.2 | -1038.3 | -349.9 | 132.2 |
| 623 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.78e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -55.4 | -7.0 | 75.3 | -280.5 | -166.0 | 244.2 |
| 624 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.68e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -59.0 | 3.2 | 69.6 | -75.5 | -146.0 | 147.9 |
| 625 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.49e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -44.4 | 10.9 | 56.6 | -9.3 | -134.6 | 147.1 |
| 626 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.39e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -45.5 | 13.7 | 54.6 | -22.0 | -130.9 | 166.3 |
| 627 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.30e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -12.4 | 38.2 | -53.8 | -91.2 | -46.3 | -45.6 |
| 628 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.18e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -11.2 | 62.3 | -44.1 | -182.5 | -41.4 | -121.1 |
| 629 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.43e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -6.5 | -86.8 | -58.6 | -536.3 | -215.7 | -27.8 |
| 630 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.78e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 32.3 | -73.6 | -29.5 | -1009.2 | -213.5 | 72.2 |
| 631 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.66e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -19.3 | -5.4 | -85.8 | -109.3 | -304.7 | -222.7 |
| 632 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.64e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -22.8 | -1.5 | -81.6 | -25.4 | -45.0 | -230.0 |
| 633 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.52e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -26.2 | 3.0 | -80.9 | 46.8 | 189.7 | -225.4 |
| 634 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.39e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -16.3 | 8.6 | -76.4 | 59.2 | 242.0 | -216.9 |
| 635 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.30e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -8.9 | 9.5 | -73.3 | 70.5 | 293.8 | -214.5 |
| 636 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.09e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 11.7 | 73.3 | -55.6 | -114.7 | 33.0 | -143.4 |
| 637 | ok | 0.15 | 0.3 | 0.0 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 262.8 | 20.7 | 38.8 | -784.6 | 0.6 | 93.8 |
| 641 | ok | 0.15 | 6.65e-02 | 3.68e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 4.9 | -6.7 | -18.9 | 3.3 | 149.6 | -126.3 |
| 649 | ok | 0.15 | 0.2 | 7.11e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 188.1 | 37.3 | 39.5 | -106.3 | 908.3 | -89.7 |
| 652 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.68e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 85.1 | 15.6 | 23.5 | 123.2 | 971.1 | -28.6 |
| 654 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.64e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -77.6 | 8.6 | -37.4 | 124.0 | 504.8 | -316.9 |
| 656 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.51e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -66.0 | 10.6 | -32.7 | 155.0 | 637.8 | -270.0 |
| 658 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.23e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -63.6 | 9.5 | -32.8 | 161.3 | 694.8 | -250.9 |
| 660 | ok | 0.15 | 0.2 | 9.14e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -42.8 | 11.6 | -30.6 | 160.4 | 718.4 | -199.0 |
| 662 | ok | 0.15 | 0.1 | 5.54e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -18.1 | 14.1 | -27.0 | 110.2 | 579.0 | -156.3 |
| 849 | ok | 0.15 | 0.2 | 8.83e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 9.0 | 115.4 | 27.9 | 192.4 | 108.6 | 140.6 |
| 851 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.04e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -13.7 | 67.0 | 17.1 | -228.1 | -36.2 | 185.8 |
| 853 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.12e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -23.6 | 36.3 | 16.9 | -567.9 | -122.9 | 147.0 |
| 855 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.12e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -28.4 | 15.8 | 16.0 | -775.4 | -176.2 | 67.2 |
| 857 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.04e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -28.9 | 2.4 | 24.1 | -820.5 | -188.2 | -41.2 |
| 859 | ok | 0.15 | 0.1 | 9.22e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -24.4 | -11.8 | -38.4 | -514.3 | -77.1 | -349.2 |
| 861 | ok | 0.15 | 9.50e-02 | 7.25e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -15.4 | -11.0 | -30.0 | -273.7 | 18.9 | -327.1 |
| 1010 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.97e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 1.8 | -66.2 | 25.0 | -443.6 | -151.0 | 53.0 |
| 1011 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.85e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 90.8 | -73.5 | -20.3 | -326.3 | -172.4 | -341.7 |
| 1012 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.94e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -18.9 | -13.3 | 100.0 | -94.9 | -267.5 | 220.8 |
| 1013 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.89e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -27.6 | -6.8 | 99.0 | -29.0 | -148.1 | 231.1 |
| 1014 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.77e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -20.9 | 4.5 | 93.9 | 35.4 | 170.6 | 227.6 |
| 1015 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.59e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -15.3 | 13.2 | 88.2 | 54.2 | 233.4 | 216.4 |
| 1016 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.38e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -7.1 | 21.2 | 83.4 | 64.0 | 279.5 | 218.4 |
| 1017 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.11e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 13.5 | 72.3 | 65.1 | -108.1 | 32.3 | 142.3 |
| 1018 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.78e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -30.9 | -9.0 | -69.4 | -408.8 | -128.7 | -343.9 |
| 1019 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.56e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -9.1 | -14.7 | 84.3 | -108.6 | -25.7 | 325.0 |
| 1020 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.72e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -40.7 | -4.9 | -72.1 | -200.4 | -120.9 | -246.2 |
| 1021 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.67e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -45.6 | -0.6 | -70.0 | -57.2 | -115.6 | -171.0 |
| 1022 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.62e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -36.1 | 3.5 | -61.4 | -15.4 | -117.2 | -168.7 |
| 1023 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.54e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -10.7 | 10.5 | 87.9 | 11.2 | 46.4 | 196.7 |
| 1024 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.39e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -12.2 | 19.0 | 88.2 | -42.8 | 51.2 | 207.3 |
| 1025 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.21e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -8.4 | 58.7 | 51.6 | -169.4 | -37.0 | 117.7 |
| 1026 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.92e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -51.3 | -11.9 | -84.7 | -568.9 | -196.8 | -295.0 |
| 1027 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.69e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -37.7 | -6.1 | -81.4 | -611.3 | -146.5 | -377.4 |
| 1028 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.93e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -60.9 | -1.0 | -82.9 | -339.7 | -238.2 | -211.2 |
| 1029 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.77e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -60.9 | 4.2 | -74.3 | -117.3 | -230.6 | -160.2 |
| 1030 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.57e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -55.0 | 5.8 | -66.0 | -22.5 | -203.9 | -163.4 |
| 1031 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.45e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -36.4 | 8.8 | -54.9 | -21.9 | -189.3 | -198.9 |
| 1032 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.35e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -12.1 | 16.5 | 84.3 | -126.7 | -78.8 | 207.1 |
| 1033 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.19e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -18.9 | 43.7 | 46.5 | -271.7 | -122.3 | 97.0 |
| 1034 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.59e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -94.4 | -6.1 | -100.7 | -754.7 | -295.5 | -212.0 |
| 1035 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.45e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -50.7 | -12.9 | -93.2 | -852.2 | -202.4 | -371.7 |
| 1036 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.31e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -92.8 | 9.4 | -87.1 | -436.1 | -322.1 | -154.3 |
| 1037 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.94e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -80.2 | 10.9 | -71.8 | -133.0 | -269.4 | -151.1 |
| 1038 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.64e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -52.3 | 12.4 | -55.5 | 30.5 | -205.6 | -185.4 |
| 1039 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.40e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -38.7 | 8.7 | -53.5 | -2.0 | -201.2 | -205.4 |
| 1040 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.25e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -46.1 | 10.2 | -50.2 | -86.4 | -139.8 | -234.6 |
| 1041 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.17e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -15.2 | 15.4 | 71.1 | -281.2 | -142.6 | 239.1 |
| 1042 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.30e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -158.1 | 11.4 | -99.7 | -1090.6 | -432.8 | -105.3 |
| 1043 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.45e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -113.7 | -36.7 | -107.0 | -1359.7 | -308.3 | -316.8 |
| 1044 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.46e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -125.2 | 22.0 | -68.8 | -447.6 | -349.2 | -127.9 |
| 1045 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.94e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -85.0 | 11.9 | -67.5 | -96.2 | -247.5 | -157.9 |
| 1046 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.63e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -54.6 | 12.8 | -52.7 | 64.6 | -171.3 | -196.7 |
| 1047 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.39e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -46.0 | 12.4 | -49.5 | 116.6 | 11.6 | -220.8 |

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO

BOX CARRI BOMBOLAI RELAZIONE

DI CALCOLO



| Nodo | Stato | x/d | V N/M | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N z | N o | N zo | M z | M o | M zo |
|-------------|--------------|------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 1048 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.26e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -46.8 | 7.4 | -49.3 | -45.2 | -116.8 | -246.0 |
| 1049 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.13e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -25.4 | 7.8 | -40.3 | -262.4 | -67.1 | -288.3 |
| 1050 | ok | 0.15 | 0.3 | 3.37e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -191.2 | 35.2 | -56.5 | -1223.8 | -509.7 | -24.3 |
| 1051 | ok | 0.15 | 0.2 | 4.03e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -198.4 | -61.3 | -97.5 | -1831.6 | -438.7 | -179.5 |
| 1052 | ok | 0.15 | 0.2 | 2.39e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -129.8 | 25.5 | -55.8 | -345.2 | -290.8 | -144.1 |
| 1053 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.85e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -76.4 | 20.2 | -47.5 | 48.0 | -101.6 | -226.3 |
| 1054 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.56e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -61.4 | 14.3 | -43.6 | 128.7 | 123.3 | -251.6 |
| 1055 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.36e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -47.5 | 13.1 | -44.8 | 160.9 | 182.3 | -228.0 |
| 1056 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.23e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -49.8 | 11.0 | -46.3 | 86.0 | 146.8 | -228.3 |
| 1057 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.06e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -21.4 | 10.8 | -34.1 | -168.1 | 41.2 | -292.5 |
| 1058 | ok | 0.15 | 0.3 | 2.82e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -172.1 | 53.2 | -23.8 | -1032.6 | -374.8 | -3.6 |
| 1059 | ok | 0.15 | 0.2 | 3.95e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -160.9 | -48.5 | -19.5 | -1734.4 | -429.6 | 206.8 |
| 1060 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.99e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -84.6 | 16.6 | -28.6 | 42.6 | 183.1 | -322.7 |
| 1061 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.67e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -75.8 | 10.0 | -38.1 | 128.7 | 302.7 | -306.3 |
| 1062 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.51e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -63.5 | 11.9 | -37.1 | 153.5 | 480.3 | -248.7 |
| 1063 | ok | 0.15 | 0.2 | 1.30e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -48.4 | 14.3 | -35.6 | 169.9 | 529.2 | -203.7 |
| 1064 | ok | 0.15 | 0.1 | 1.12e-02 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -31.4 | 17.6 | -32.2 | 145.5 | 502.8 | -183.9 |
| 1065 | ok | 0.15 | 0.1 | 8.99e-03 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | -32.6 | 15.4 | -33.6 | 22.9 | 328.7 | -218.7 |
| Nodo | | x/d | V N/M | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N z | N o | N zo | M z | M o | M zo |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.15 | 0.37 | 0.09 | 7.70 | 7.70 | 7.70 | 7.70 | 278.98 | 196.37 | 100.05 | 397.34 | 971.13 | 383.52 |

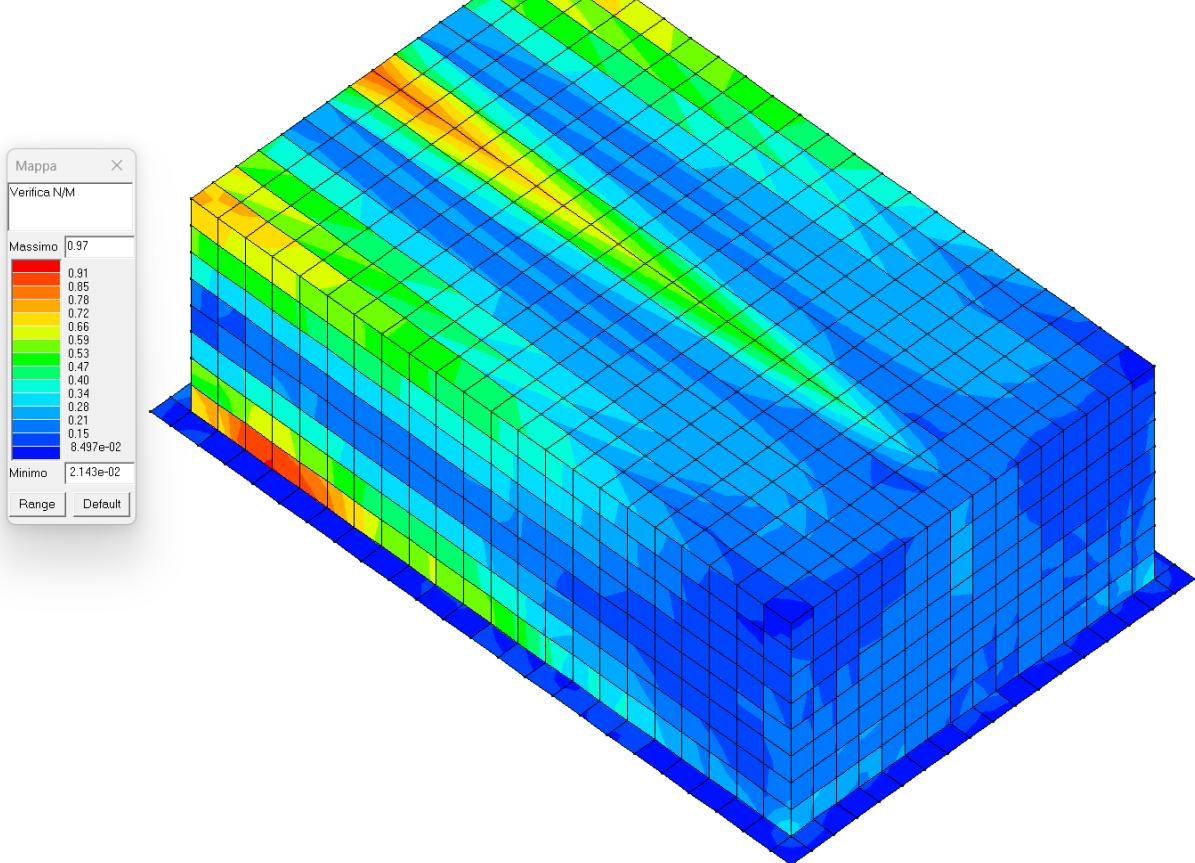


Figura 37 - SLU Verifica a pressoflessione rapporto Ed/Rd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

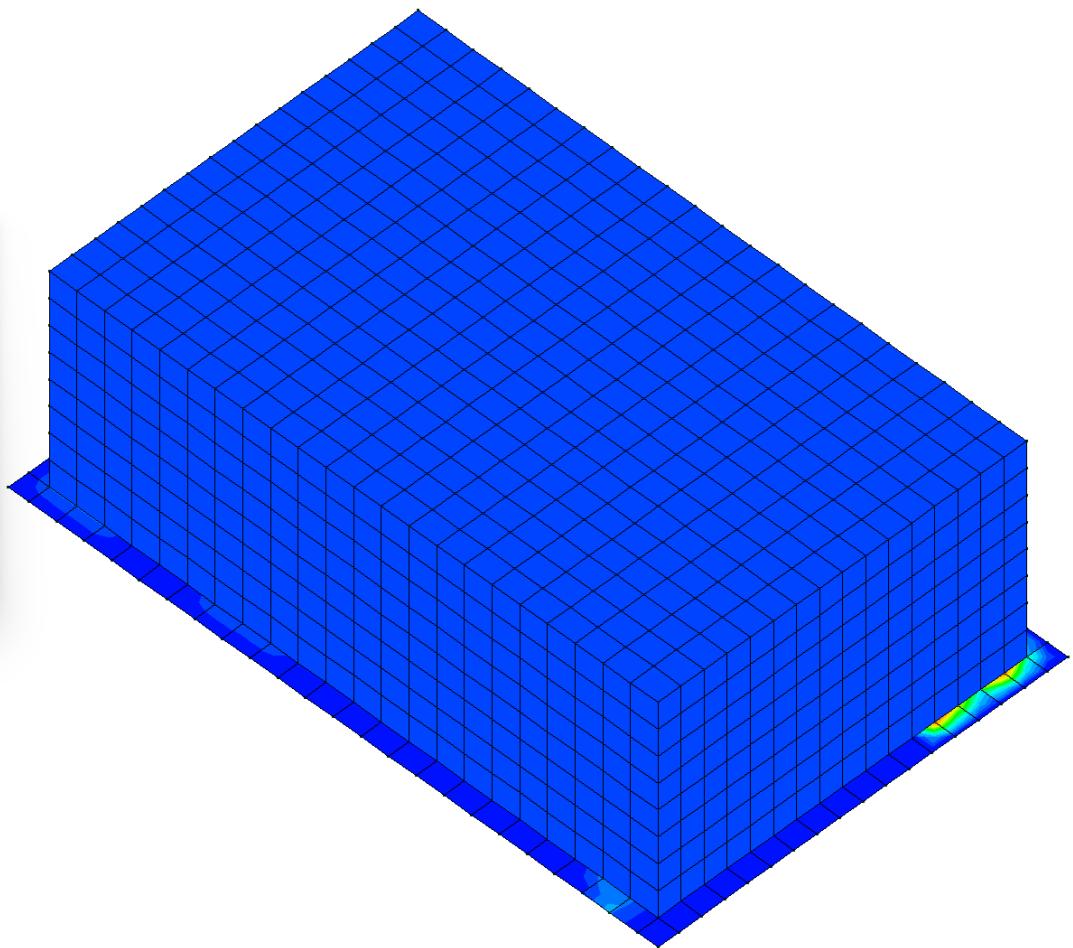
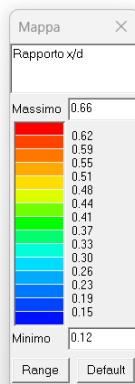


Figura 38 – SLU rapporto x/d

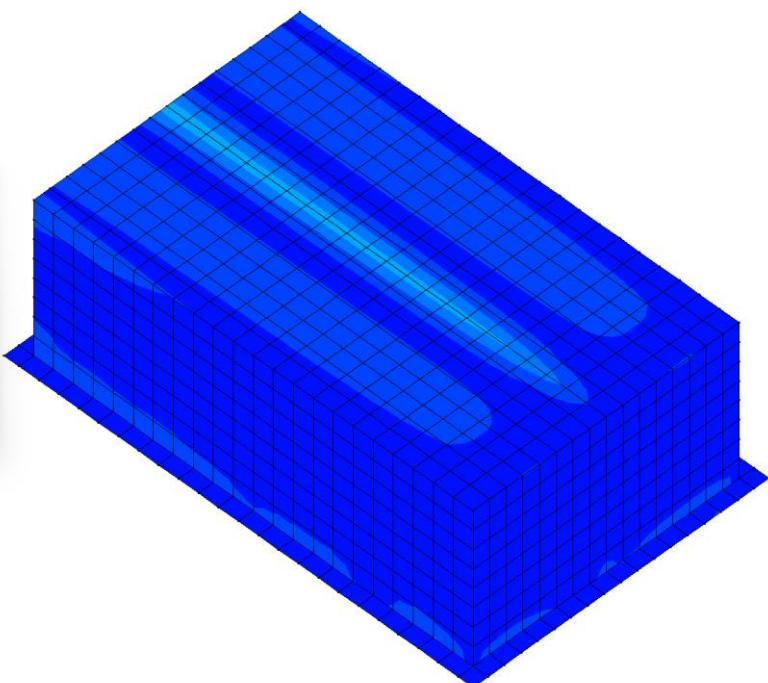


Figura 39 – SLE Tensione cls Comb. Rare: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

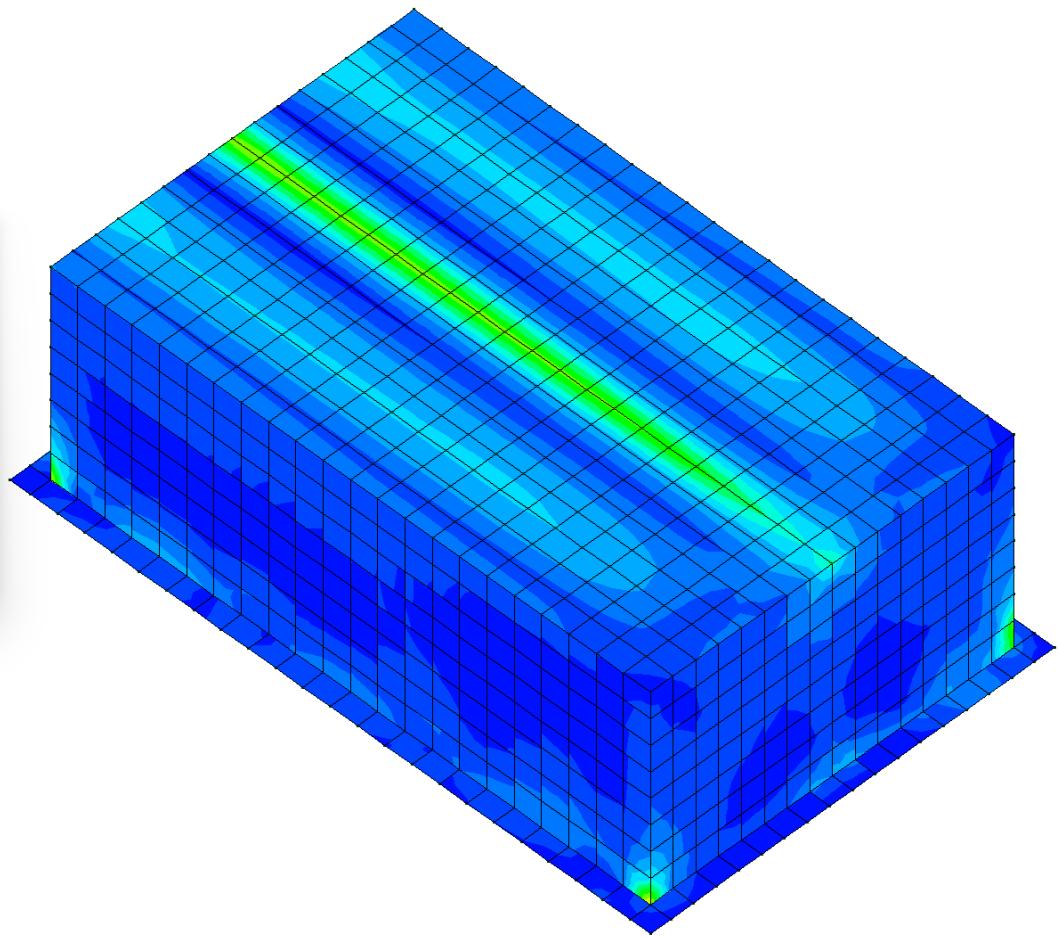
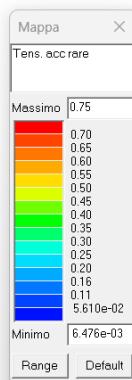


Figura 40 - SLE tens. acciaio Comb. Rare: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva



11. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

Test 10 PIASTRA CON ELEMENTI PLATE E MATERIALE ORTOTROPO

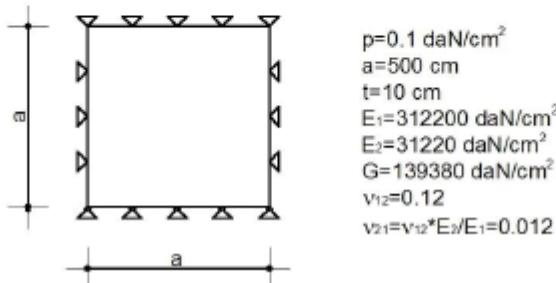
Revisione: 02
 Data: 25/07/2019
 Programma: PRO_SAP
 Versione: 2006-09-138; 2019-07-185
 Files: Mod00_T010_orto_piastra_ALGOR.PSP; Mod00_T010_orto_piastra.PSP

- Scopo:**

Validazione dell'analisi di una piastra ortotropa (A).

- Descrizione test:**

Si prende in considerazione una piastra di forma quadrata in materiale ortotropo con $E_2=0.1 \cdot E_1$, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



- Tipo di confronto:**

A. Cecchi, G. Milani, A. Tralli, *Validation of Analytical Multiparameter Homogenization Models for Out-of-Plane Loaded Masonry Walls by Means of the Finite Element Method*, JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS; sviluppo analitico delle formule riportate.

Tabella risultati:

| Parametro | Soluzione teorica | Soluzione ALGOR | Differenza | Soluzione e_SAP (*) | Differenza |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------|------------|
| $\delta_{z, \text{max}}$ [cm] | 1.3155 | 1.314 | 0.11% | 1.355 | 3.00% |
| $M_{1-1, \text{max}}$ [daN-cm/cm] | 1284.10 | 1283.66 | 0.03% | 1301.97 | 1.40 % |
| $M_{1-2, \text{max}}$ [daN-cm/cm] | -1553.60 | -1548.96 | 0.30% | -1662.93 | 7.03 % |

- Commenti:**

I risultati numerici sono in ottimo accordo con quelli teorici.

(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

Allegati:

Calcoli manuali.



$$D = \frac{E_1 t^3}{12(1 - \frac{V_{21}^2}{\alpha})} ; \quad \alpha = \frac{E_2}{E_1} ; \quad \beta = \frac{\xi}{E_1}$$

$$\zeta_{2, \text{MAX}} = \frac{16 PL^4}{\pi^4 D} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin(m \frac{\pi}{2}) \sin(m \frac{\pi}{2})}{m \cdot m \left[m^4 + 2 \left(V_{21} + \frac{2\beta(\alpha - V_{21}^2)}{\alpha} \right) m^2 \cdot m^2 + \alpha \cdot m^4 \right]}$$

$$M_{1-1} = \frac{16 PL^2}{\pi^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(m^2 + V_{21} \cdot m^2 \right) \sin(m \frac{\pi}{2}) \sin(m \frac{\pi}{2})}{m \cdot m \left[m^4 + 2 \left(V_{21} + \frac{2\beta(\alpha - V_{21}^2)}{\alpha} \right) m^2 \cdot m^2 + \alpha \cdot m^4 \right]}$$

$$M_{1-2} = \frac{-32 PL^2 \beta}{\pi^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(1 - \frac{V_{21}^2}{\alpha} \right)}{\left[m^4 + 2 \left(V_{21} + \frac{2\beta(\alpha - V_{21}^2)}{\alpha} \right) m^2 \cdot m^2 + \alpha \cdot m^4 \right]}$$

CALCOLO MANUALE FINO A CONVERGENZA DELLA
 SOLUZIONE



Test 25 TENSIONI DI ELEMENTI PLATE

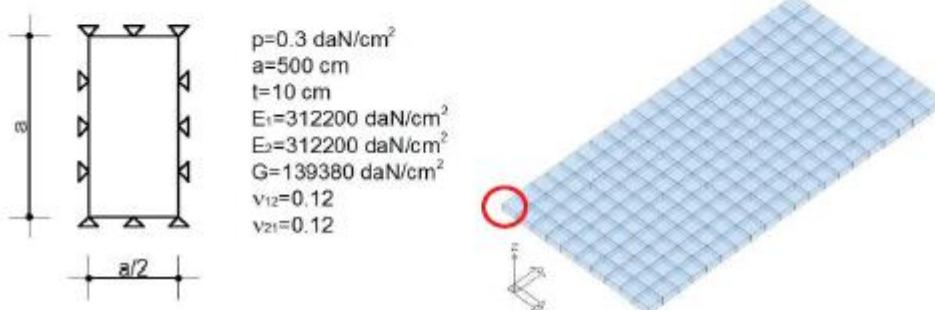
Revisione: 02
Data: 19/01/2011
Programma: PRO_SAP
Versione: 2006-09-138; 2010-05-151;
Files: Mod00 T025 tensioniD3_ALGOR.PSP; 2 Mod00 T025 tensioniD3.PSP

- Scopo:**

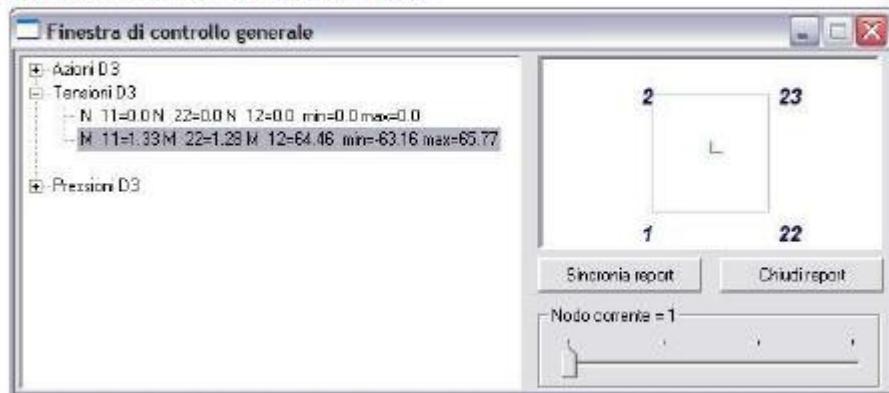
Validazione dell'utilizzo delle tensioni ottenute con elementi D3 (R).

- Descrizione test:**

Si prende in considerazione una piastra di forma rettangolare, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



Sollecitazioni ottenute con ALGOR del nodo indicato in figura.



- Tipo di confronto:**

Calcolo manuale.



- **Tabella risultati:**

| Parametro | Struttura | Soluzione teorica | Soluzione ALGOR | Differenza | Soluzione e_SAP (*) | Differenza |
|--|-----------|-------------------|-----------------|------------|---------------------|------------|
| Tensione di von Mises [daN /cm ²] | Nodo 1 | 111.66 | 111.66 | 0.00% | 98.57 | 11.72% |
| Tensione di Tresca [daN /cm ²] | Nodo 2 | 128.92 | 128.92 | 0.00% | 113.76 | 11.76% |

- **Commenti:**

I risultati numerici ottenuti con ALGOR sono in perfetto accordo con quelli teorici. I risultati numerici ottenuti con e_SAP sottostimano i valori teorici di circa il 12%.

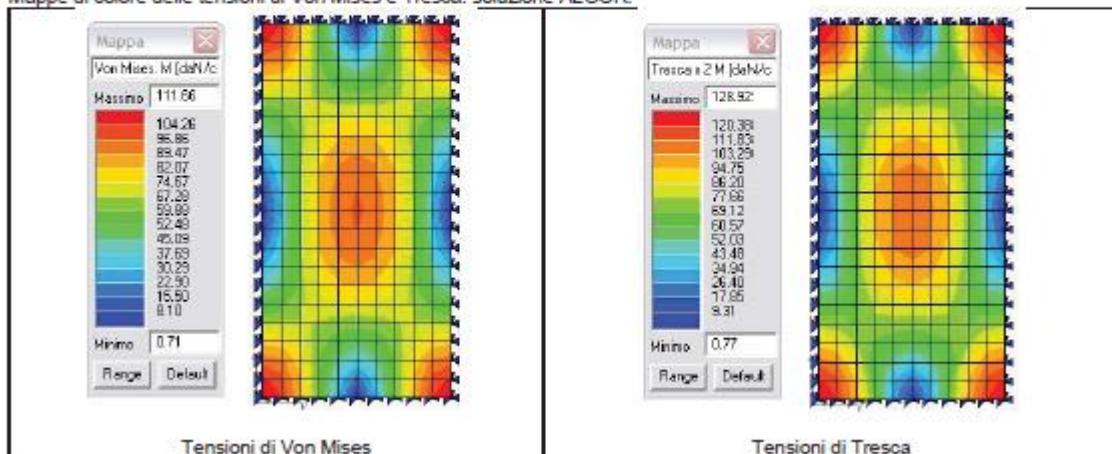
(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

- **Allegati:**

Calcoli manuali.

$$\begin{aligned}
 G_{11} &= 1,33 \text{ daN/cm}^2 & G_{22} &= 1,28 \text{ daN/cm}^2 & G_{12} &= 64,46 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{AP} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} + \sqrt{\frac{(G_{11} - G_{22})^2 + G_{12}^2}{2}} = 65,77 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{LP} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} - \sqrt{\frac{(G_{11} - G_{22})^2 + G_{12}^2}{2}} = -63,15 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{VM} &= \sqrt{G_{11}^2 + G_{22}^2 - G_{11} \cdot G_{22} + 3G_{12}^2} = 111,66 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{TRESCA} &= |G_{AP} - G_{LP}| = 128,92 \text{ daN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mappe di colore delle tensioni di Von Mises e Tresca: soluzione ALGOR.





12. RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

Allegato Certificati affidabilità e test

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 17/01/2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAP

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensio-deformativo 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 tensio-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

- Elemento tipo TRUSS (asta)*
- Elemento tipo BEAM (trave)*
- Elemento tipo MEMBRANE (membrana)*
- Elemento tipo PLATE (piastrella-guscio)*
- Elemento tipo BRICK (solido)*
- Elemento tipo BOUNDARY (molla)
- Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidezza)

* anche non lineare

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAM

Il motore di calcolo del software, denominato SAM II, è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Pavia e la Fondazione EUCENTRE da G. Magenes, C.F. Manzini, P. Morandi, M. Remino e D. Bolognini. SAM II è un codice di calcolo per l'analisi statica non lineare di edifici in muratura ordinaria, muratura armata, cemento armato o misti, soggetti ad azione sismica, basato su ipotesi formulate in un metodo proposto da G. Magenes e G.M. Calvi nel 1996, di cui si è mantenuto l'acronimo S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls).

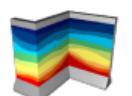
PRO_SAM prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi, nella quale la struttura portante, costituita da elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale) ed elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale), viene schematizzata mediante un "telaio equivalente". Gli elementi sono posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali. Gli orizzontamenti possono essere gestiti come diaframmi infinitamente rigidi nel proprio piano, oppure come elementi membrana con rigidezza finita oppure non rigidi.

Inquadramento teorico della metodologia – PRO_MST e PRO_STAB

L'analisi del comportamento dell'opera di sostegno e del terreno viene eseguita attraverso la definizione di un modello che comprende l'opera, il volume di terreno coinvolto e gli eventuali sovraccarichi agenti: il volume di terreno viene schematizzato utilizzando i coefficienti di spinta definiti dalle teorie di Rankine, Coulomb, Mononobe-Okabe o Wood. Vengono prese in considerazione le azioni statiche e, qualora necessario, le azioni sismiche: queste ultime sono rappresentate da forze statiche equivalenti pari al prodotto delle forze di gravità per opportuni coefficienti sismici (analisi pseudo-statica).

L'analisi viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale (eseguita tramite il solutore PCSTABLSM - Purdue University)
- Calcolo delle sollecitazioni del muro (elevazione e fondazione), progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.



PRO_SAP



PRO_SAM

Form: DicAff01 rev. n° 7 del 14/10/20228



- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAP, PRO_MST e PRO_STAB

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo 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:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita>

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:
https://www.2si.it/benchmarks_e_sap.zip

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAM

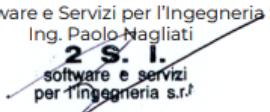
Il solutore SAM II è stato sottoposto ad una procedura di validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma del Progetto ReLUIS (Task 10.3 -accordo quadro con il Dipartimento della Protezione Civile 2019-2021).
[Il documento è scaricabile qui.](#)

- Filtri di autodiagnistica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Ing. Paolo Nagliati


2 S. I.
software e servizi
per l'ingegneria s.r.l.

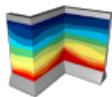
Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.



PRO_SAP



PRO_SAM



Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

| | |
|------------------------------|--|
| Codice di calcolo: | PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program |
| Versione: | PROFESSIONAL (build 2024-07-200) |
| Produttore- Distributore: | 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it |
| Dati utente finale: | Owac Engineering Company |
| Codice Utente: | Owac Engineering Company |
| Codice Licenza: | Licenza dsi5924 |

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>