

RELAZIONE CONGIUNTA E TECNICO ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1. DICHIARAZIONE CONGIUNTA PROGETTISTA - COMMITTENTE	4
1.1.1. RIFERIMENTI CATASTALI ED URBANISTICI	4
1.1.2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	4
1.1.3. DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONE GEOLOGICHE DEL SITO	4
1.1. STATI LIMITE ADOTTATI IN RELAZIONE ALLA PRESTAZIONE ATTESA – CLASSE DELLA COSTRUZIONE – VITA ESERCIZIO - MODELLI DI CALCOLO – TOLLERANZE – DURABILITÀ – PROCEDURE QUALITA' E MANUTENZIONE	4
1.2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1.2.2. COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE	5
1.2.3. AZIONI AMBIENTALI E NATURALI	6
1.2.4. DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTI ALLE AZIONI ANTROPICHE	7
1.2.5. MODELLI DI CALCOLO	8
1.2.6. TOLLERANZE	8
1.2.7. DURABILITA'	8
2. RELAZIONE - RELAZIONE DI CALCOLO	10
2.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
2.1.2. REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008)	10
2.1.3. MISURA DELLA SICUREZZA	11
2.1.4. CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA	11
2.1.5. COMBINAZIONI DI CALCOLO E PERCORSI DI CARICO	13
2.1. AZIONI SULLA COSTRUZIONE	16
2.2.1. AZIONE SISMICA	16
2.2.2. SPETTRI DI PROGETTO E PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA	17
2.2.3. AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA	18
2.2.4. AZIONI DOVUTE AL VENTO	18
2.2.5. NEVE	19
2.2.6. AZIONI ECCEZIONALI	21
2.2. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'ANALISI	21
2.3.1. MODELLO STRUTTURALE	21
2.3.2. TIPO DI ANALISI EFFETTUATA	21
2.3. SINTESI DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE ANTE-OPERAM	22
2.4. SINTESI DEI RISULTATI POST-OPERAM	26
2.5.2. VERIFICHE SISMICHE DI SPOSTAMENTO DI INTERPIANO	27
2.5.3. VERIFICHE SLU/SLE ELEMENTI STRUTTURALI CON ANALISI LINEARE	28

2.5.4. VERIFICHE SISMICHE GLOBALI ANALISI PUSHOVER.....	30
2.5.5. VERIFICHE MURATURE.....	31
2.5.6. VERIFICHE DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE.....	35

1. DICHIARAZIONE CONGIUNTA PROGETTISTA - COMMITTENTE

Il sottoscritto, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di al n°, con studio in via - CAP - () nella qualità di progettista delle strutture ed il Sig. in qualità di della società con sede in nella qualità di committente, al fine di adempiere agli obblighi previsti dal D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i., dichiarano sotto la propria responsabilità quanto riportato nella presente relazione generale.

1.1.1. RIFERIMENTI CATASTALI ED URBANISTICI

I terreni su cui insiste il fabbricato sono accatastati al foglio n°.... particella n°..... del catasto dei terreni e secondo il P.R.G. di hanno una destinazione urbanistica, si è richiesto un permesso di Costruire al Comune di il con prot. A seguito del rilascio del permesso di Costruire da parte del Comune di Roma, si è provveduto al Calcolo strutturale dell'intero edificio in e si è avviato l'iter amministrativo per l'approvazione del progetto Strutturale presso la Vostra Amministrazione con il deposito del progetto con prot. n° del .../.../....., il Vostro ufficio competente in fase istruttoria ci ha chiesto con nota del .../.../.... prot. n°, di integrare il suddetto progetto con il calcolo di

1.1.2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione tecnica riguarda la descrizione dei lavori di realizzazione

1.1.3. DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONE GEOLOGICHE DEL SITO

Per una più ampia trattazione si rimanda alla relazione geologica e geotecnica sulle fondazioni allegata al progetto.

1.1. STATI LIMITE ADOTTATI IN RELAZIONE ALLA PRESTAZIONE ATTESA – CLASSE DELLA COSTRUZIONE – VITA ESERCIZIO - MODELLI DI CALCOLO – TOLLERANZE – DURABILITÀ – PROCEDURE QUALITÀ E MANUTENZIONE

1.2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

Le norme NTC 2008, precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto con il Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i.

In particolare si è verificata :

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.
- Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

1.2.2. COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

1.2.3. AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il Committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**
- **Stato Limite di Danno (SLD)**

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione

sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite Pvr :	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr		
Stati limite di esercizio	SLO	N/A	
	SLD	63%	
Stati limite ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 14 gennaio 2008 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

<i>Vita Nominale</i>	50 ANNI	
<i>Classe d'uso</i>	SECONDA	
<i>Categoria del suolo</i>	D	
<i>Coefficiente Topografico:</i>	1,00000	
<i>Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione:</i>		
	Longitudine Est (Grd)	42,35167
	Latitudine Nord (Grd)	13,40085

Tali valori sono stati utilizzati da apposita procedura informatizzata sviluppata dalla STS s.r.l., che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento, fornisce i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nei tabulati di calcolo.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

1.2.4. DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTI ALLE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si è fatto riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 secondo categoria di appartenenza —	1,20 — —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2008.

1.2.5. MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 14.01.2008 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica
- analisi degli effetti del 2° ordine quando significativi
- verifiche sezionali agli s.l.u. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incrudente a duttilità limitata per l'acciaio
- verifiche plastiche per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e tensionali per quelle di classe 3
- verifiche tensionali per le sezioni in legno
- analisi statica non lineare (push Over), quando specificato, nelle elaborazioni numeriche allegate

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLD si è fatto riferimento al D.M. 14.01.08 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 che è stata utilizzata come norma di dettaglio.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono state riportate nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

1.2.6. TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1-1- EN206 - EN 1992-2-2005:

- Copriferro -5 mm (EC2 4.4.1.3)
- Per dimensioni $\leq 150\text{ mm}$ $\pm 5\text{ mm}$
- Per dimensioni $\leq 400\text{ mm}$ $\pm 15\text{ mm}$
- Per dimensioni $\geq 2500\text{ mm}$ $\pm 30\text{ mm}$

Per i valori intermedi con interpolazione lineare.

1.2.7. DURABILITA'

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (**SLE**) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà essere utilizzata limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono stati riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è stata posta adeguata cura nelle previsioni sia

nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura prevedendo tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono stati previsti in coerenza con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il Direttore dei Lavori si impegna ad implementare severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" DM 14.01.2008. e relative Istruzioni.

IL PROGETTISTA

IL COMMITTENTE

2. RELAZIONE DI CALCOLO

2.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

Le norme NTC 2008, precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto con il Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i.

In particolare si è verificata :

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.
- Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

2.1.2. REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 14.01.2008)

UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

2.1.3. MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è stato quello degli Stati Limite (**SL**) prevedendo due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi **SLU** e gli stati limite di esercizio **SLE**. La sicurezza è stata quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

2.1.4. CRITERI ADOTTATI PER LA SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

In particolare le travi ed i pilastri sono state schematizzate con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite, modello finito che ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriore suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con i seguenti modelli :

1. Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine;
2. Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione;
3. Non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche. *(per le analisi sismiche di tipo **PUSHOVER** con le modalità previste dal D.M. 14/01/2008 e s.m.i).*

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo **shell** che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Le verifiche sono state effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di

deformazione anelastica), le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di eventuali orizzontamenti sono stati tenuti in conto con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche sono state ottenute sia con da analisi statiche equivalenti che con da analisi dinamiche modali.

Nel caso di calcolo della capacità di una struttura progettata, o di una esistente, a resistere al sisma, con verifica dell'effettiva duttilità strutturale si è ricorso ad una analisi statica di tipo non lineare (PUSHOVER).

I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazione superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) su suolo elastico alla Winkler.

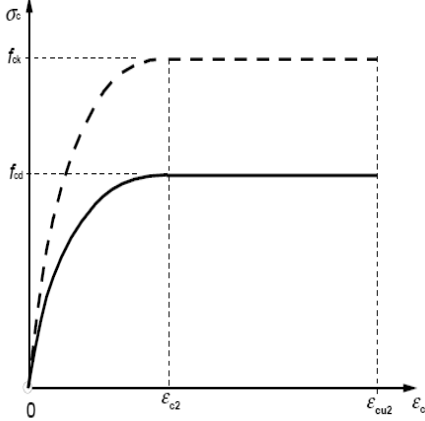
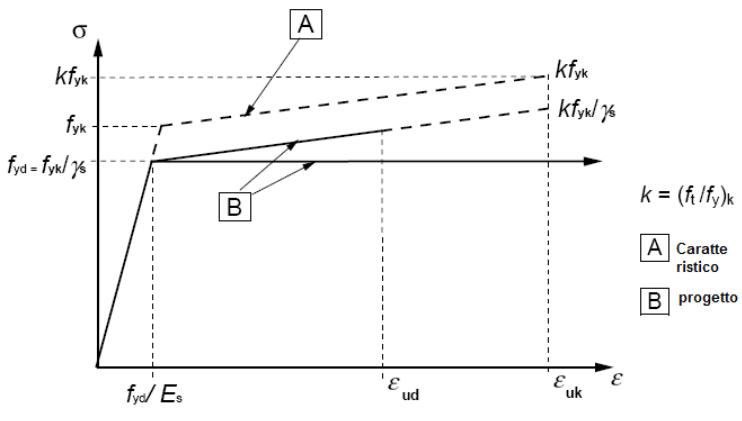
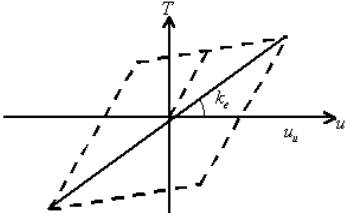
Nel caso di fondazioni profonde i pali vengono modellati sia per le azioni verticali che trasversali modellando il terreno alla Winkler in funzione del modulo di reazione orizzontale.

Nel caso delle strutture isolate alla base gli isolatori sono stati modellati come elementi a due nodi a comportamento elasto-viscoso deformabili sia a taglio che assialmente.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare, mentre nelle eventuali analisi non lineari di tipo PUSHOVER i legami costitutivi utilizzati sono di tipo elastoplastico - incrudente a duttilità limitata, elasto-fragile, elastoplastico a compressione e fragile a trazione.

Per le verifiche sezionali sono stati utilizzati i seguenti legami:

LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO	LEGAME ELASTICO PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO
---	--

 Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo	 Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.
Il valore ε_{cu2} nel caso di analisi non lineari è stato valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.	- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4 - legame elastico lineare per le sezioni in legno - legame elasto-viscoso per gli isolatori
LEGAME COSTUTUTIVO ISOLATORI	
	Il modello di calcolo utilizzato è rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

2.1.5. COMBINAZIONI DI CALCOLO E PERCORSI DI CARICO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 14.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le seguenti combinazioni delle azioni (Cfr. al § 2.5.3 NTC 2008):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1)
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7(2.5.2)
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3)
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4)
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5):
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6):

Nelle combinazioni per SLE, sono stati omessi i carichi Q_{kj} dal momento che hanno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono state considerate in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.), ove nelle formule il simbolo “+” è da intendersi “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono stati desunti dalle norme (Cfr. § 2.6.1, Tab. 2.6.I)

Per le combinazioni sismiche:

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio sono state effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni (Cfr. § 2.5.3 form. 3.2.16 delle NTC 2008)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti Ψ_{2j} sono stati desunti dalle norme (Cfr. Tabella 2.5.I)

Per l'analisi statica non lineare (PUSHOVER) sono state considerate 2 diverse distribuzioni di forze (p.to 7.3.4.1 NTC 2008):

- una distribuzione principale (Gruppo 1)
- una distribuzione secondaria (Gruppo 2) proporzionale alle masse (a).

Si è inoltre tenuto conto delle 2 direzioni di ingresso del sisma (nei due versi)%%Ver_Ecc%%.

I percorsi di carico considerati sono riportati nella seguente tabella:

Tabella percorsi di carico analisi PUSHOVER	
push. n.	percorso di carico
1	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE +Ecc5%
2	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE +Ecc5%
3	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE +Ecc5%
4	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE +Ecc5%
5	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE +Ecc5%
6	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE +Ecc5%
7	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE +Ecc5%
8	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE +Ecc5%
9	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE -Ecc5%
10	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE -Ecc5%
11	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE -Ecc5%
12	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATATA MODALE -Ecc5%
13	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE -Ecc5%
14	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE -Ecc5%
15	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE -Ecc5%
16	DISTRIB. FORZE PROPORZIONALE ALLE MASSE -Ecc5%

Tabella combinazioni di carico 1/3 - SLV - A1 / SLD															
PESO STRUTTURALE	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	0,30	0,30	0,30
Var.Neve	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	1,50	1,05	0,20	0,20	0,20
Vento dir. 0	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Vento dir. 90	0,00	0,00	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-1,00	1,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	-0,30
CARICO TERMICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	1,50	-0,90	-1,50	0,00	0,00	0,00
SISMA DIREZ. GRD 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
SISMA DIREZ. GRD 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30

Tabella combinazioni di carico 2/3 - SLV - A1 / SLD

PESO STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Neve	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vento dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	0,30	-0,30
Corr. Tors. dir. 90	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	1,00	1,00
CARICO TERMICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISMA DIREZ. GRD 0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30
SISMA DIREZ. GRD 90	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	1,00	1,00

Tabella combinazioni di carico 3/3 - SLV - A1 / SLD

PESO STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Neve	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vento dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00
CARICO TERMICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISMA DIREZ. GRD 0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
SISMA DIREZ. GRD 90	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Tabella combinazioni di carico 1/3 RARE - SLE

PESO STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
Var.Neve	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	0,70
Vento dir. 0	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARICO TERMICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	-0,60
SISMA DIREZ. GRD 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISMA DIREZ. GRD 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella combinazioni di carico 2/3 FREQUENTI - SLE

PESO STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Abitazioni	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Var.Neve	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vento dir. 0	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 180	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARICO TERMICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50
SISMA DIREZ. GRD 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISMA DIREZ. GRD 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella combinazioni di carico 3/3 PERMANENTI - SLE

PESO STRUTTURALE	1,00
PERMAN.NON STRUTTURALE	1,00
Var.Abitazioni	0,30
Var.Neve	0,20
Vento dir. 0	0,00
Vento dir. 90	0,00
Vento dir. 180	0,00
Vento dir. 270	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00
CARICO TERMICO	0,00
SISMA DIREZ. GRD 0	0,00
SISMA DIREZ. GRD 90	0,00

2.1. AZIONI SULLA COSTRUZIONE

2.2.1. AZIONE SISMICA

Come indicato nelle NTC 2008 l'azione sismica è stata caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, considerate tra di loro indipendenti, ed in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono state caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono stati determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono stati forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

2.2.2. SPETTRI DI PROGETTO E PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Si riportano di seguito i principali parametri sismici che definiscono lo spettro di progetto e l'azione sismica sulla struttura.

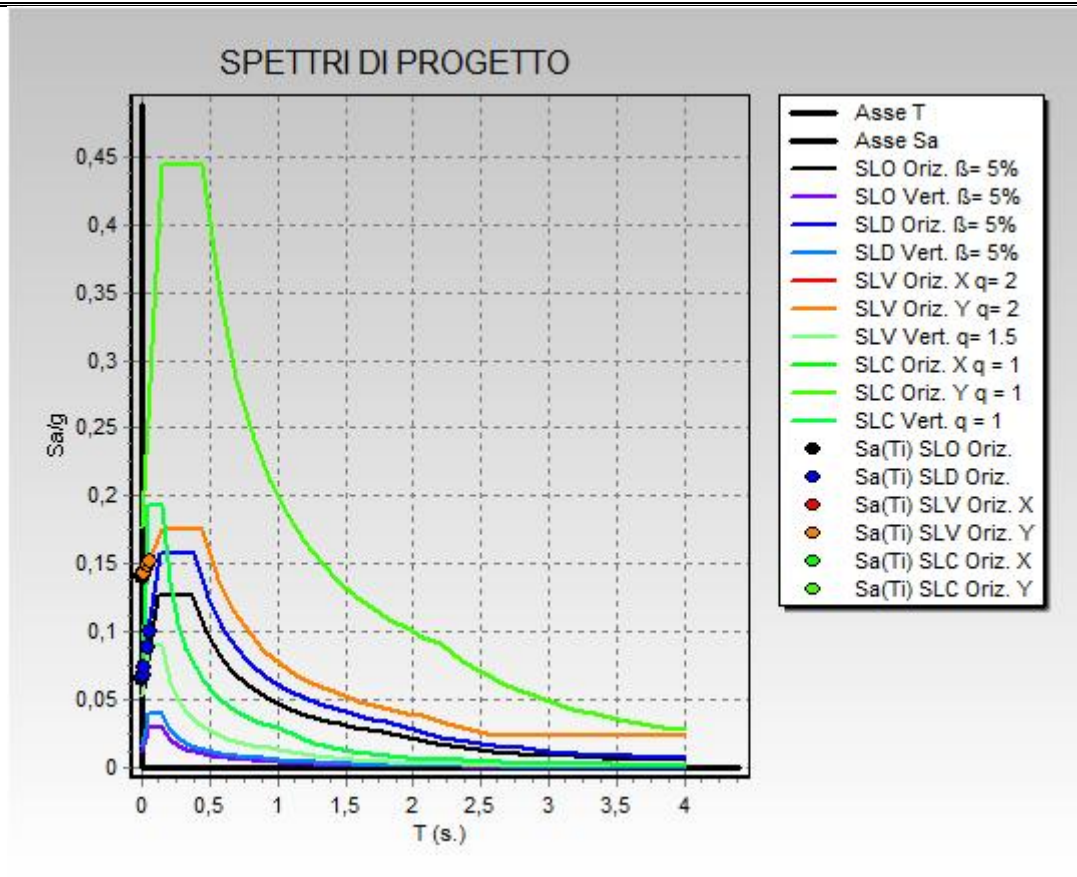
PARAMETRI SISMICI				
Vita Nominale (Anni)	50		Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)	13,40085		Latitudine Nord (Grd)	42,35167
Categoria Suolo	D		Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.		Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	NO(KR=.8)		Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0		Sisma Verticale	ASSENTE

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO SLD				
Probabilita' Pvr	0,63		Periodo di Ritorno Anni	
Accelerazione Ag/g	0,10		Periodo T'c (sec.)	0,28
Fo	2,33		Fv	1,01
Fattore Stratigrafia 'S'	1,80		Periodo TB (sec.)	0,22
Periodo TC (sec.)	0,66		Periodo TD (sec.)	2,02

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO SLV				
Probabilita' Pvr	0,10		Periodo di Ritorno Anni	
Accelerazione Ag/g	0,26		Periodo T'c (sec.)	0,35
Fo	2,36		Fv	1,63
Fattore Stratigrafia 'S'	1,48		Periodo TB (sec.)	0,25
Periodo TC (sec.)	0,74		Periodo TD (sec.)	2,64

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO SLC				
Probabilita' Pvr	0,05		Periodo di Ritorno Anni	
Accelerazione Ag/g	0,33		Periodo T'c (sec.)	0,36
Fo	2,40		Fv	1,87
Fattore Stratigrafia 'S'	1,20		Periodo TB (sec.)	0,25
Periodo TC (sec.)	0,75		Periodo TD (sec.)	2,94

PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO E FATTORE DI STRUTTURA				
Classe Duttilita'	BASSA		Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,30		Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di struttura 'q'	3,12			



Spettro elastico e di progetto

2.2.3. AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

Date le caratteristiche della struttura e ambientali non sono stati presi in considerazione gli effetti della temperatura.

2.2.4. AZIONI DOVUTE AL VENTO

Il carico del vento è stato preso in considerazione nelle combinazioni di azioni statiche.

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

Calcolo carico del vento	
Zona Geografica	4
Altitudine s.l.m. (m)	0,00
Distanza dalla costa (km)	0,00
Tempo di Ritorno (anni)	50,00
Classe di Rugosità	A
Coefficiente Topografico	1,00
Coefficiente dinamico	1,00
Coefficiente di attrito	0,02
Velocità di riferim. (m/s)	28,02
Pressione di riferim.(kg/mq)	49,07
Categoria di Esposizione	IV
classe aperture	A

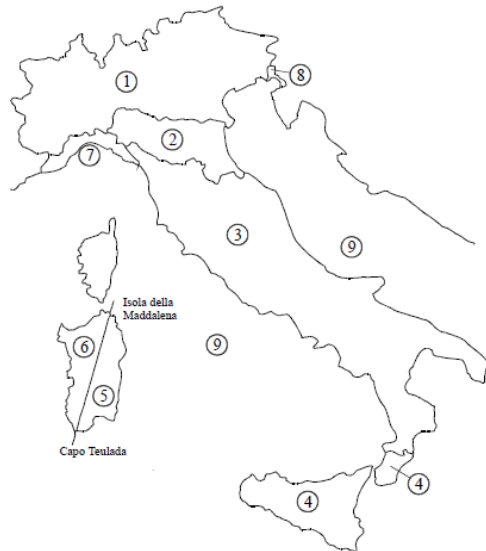


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

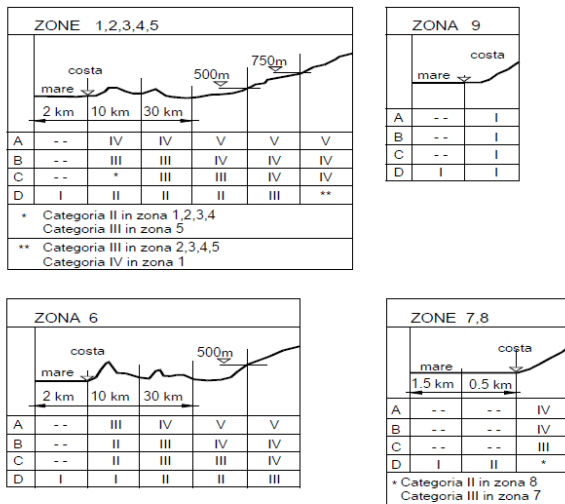


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_z

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_z [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Tabella C3.3.I Valori del coefficiente d'attrito

Superficie	Coefficiente d'attrito c_f
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia...)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame...)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata...)	0,04

2.2.5. NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

dove: q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle NTC per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

C_t è il coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

Calcolo carico della neve	
Zona Geografica	III
Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	0
Coefficiente di forma	0,80
Tipo di Esposizione	Normale
Coefficiente di esposizione	1,00
Carico di riferimento kg/mq	60
Carico neve di calcolo kg/mq	48,00

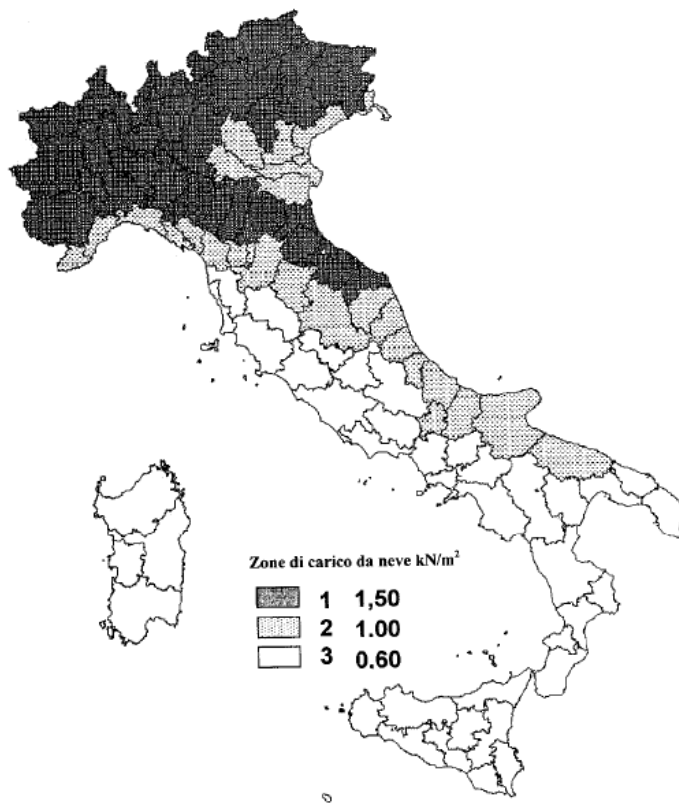


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

2.2.6. AZIONI ECCEZIONALI

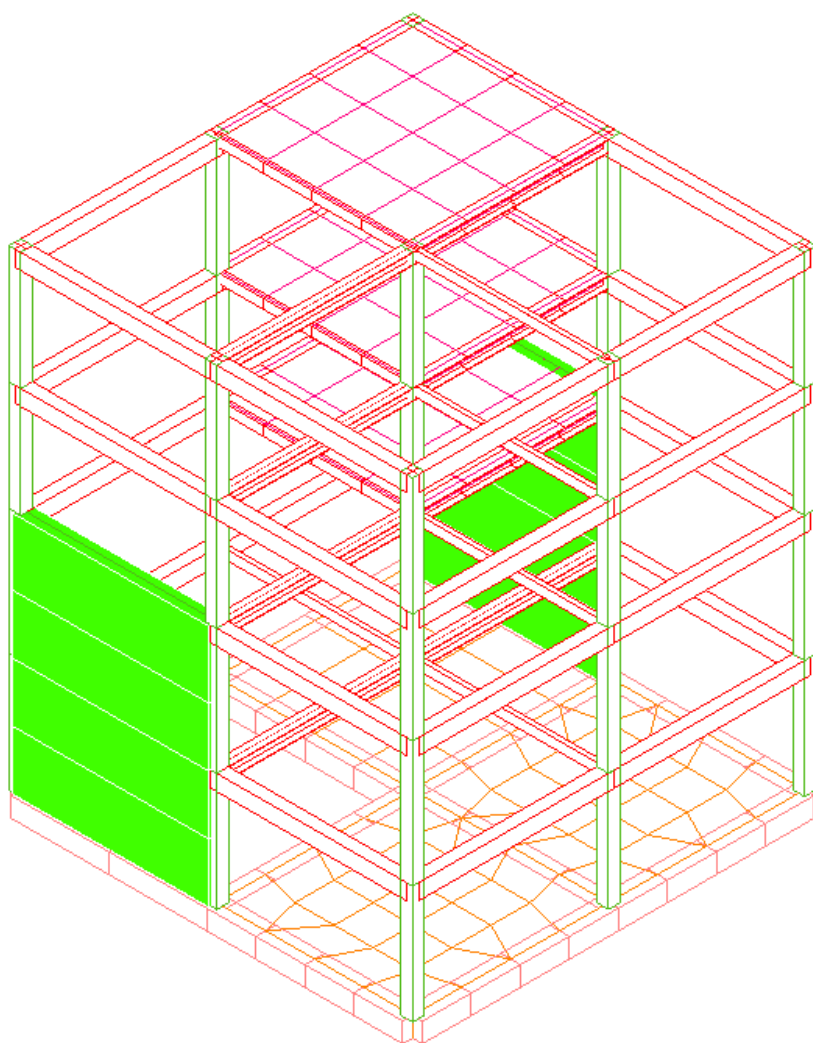
Per le azioni eccezionali, che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti, ove richiesto da specifiche esigenze di destinazione d'uso, sono state considerate nella progettazione, con calcolo e verifica della suddette azioni, determinate sulla base delle indicazioni di cui al § 3.6.1 delle NTC.

2.2. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'ANALISI

Si riporta una sintesi delle caratteristiche generali dell'analisi.

2.3.1. MODELLO STRUTTURALE

Viene di seguito riportato uno schema del modello 3D della struttura:



prosp3d

2.3.2. TIPO DI ANALISI EFFETTUATA

2.3. SINTESI DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE ANTE-OPERAM

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche effettuate nella situazione ANTE-OPERAM.

METODO DI CALCOLO

Nella situazione ANTE-OPERAM la struttura non è dotata di impalcati rigidi a tutti i piani (solai rigidi e ben ammortati).

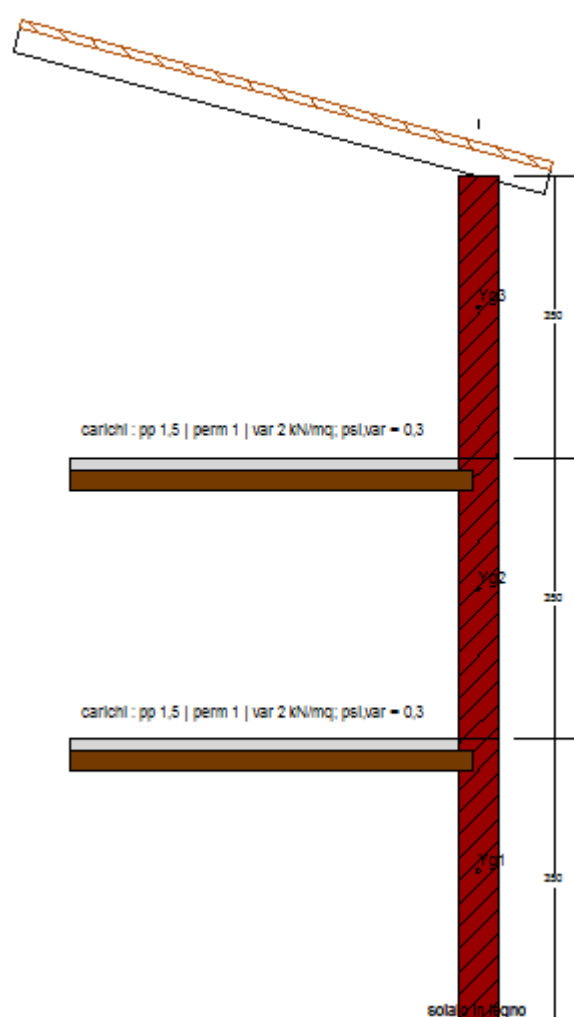
Vengono quindi meno le ipotesi per una analisi globale della struttura (comportamento "scatolare").

La struttura è stata quindi studiata analizzando i possibili meccanismi di collasso che possono manifestarsi su porzioni limitate della struttura.

I calcoli sono stati effettuati con il METODO DELL'ANALISI LIMITE DELL'EQUILIBRIO come descritto al paragrafo C8A.4. ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO IN EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA della circ. 2/2/2009.

In particolare è stata eseguita una analisi lineare considerando la resistenza a compressione della muratura finita (arretramento delle cerniere in funzione della plasticizzazione del materiale).

Schema strutturale e carichi



parete 3

geometria: $s = 50$ cm ; $H_{interp} = 350$ cm; quota = 700 cm; $soest.trasv = 0$
 materiale: in pletrame disordinata
 carichi:
 peso : 136,23 + perm. 0 kN
 solalo : 0 kN | $eccS = 0$ cm
 masse sismiche : P_{ai} (dirette) 144,43 | P_{nai} (indirette) 0 | f_i (equilibr.) 0 kN
 risultanti azioni statiche :
 R_{vt} : 144,43 | $eccR_{vt}$: 0 | R_{ol} : 0 | $eccR_{ol}$: 0
 SR_{vt} : 144,43 | $eccSR_{vt}$: 0 | SR_{ol} : 0 | $eccSR_{ol}$: 0
 $s_{compres}$: 50 | $x_c = 5,78$ | $x_t = 5,78$ N/cm² | $eccX_{ol} = 20,45$ cm²
 vincolata in testa: NO

parete 2

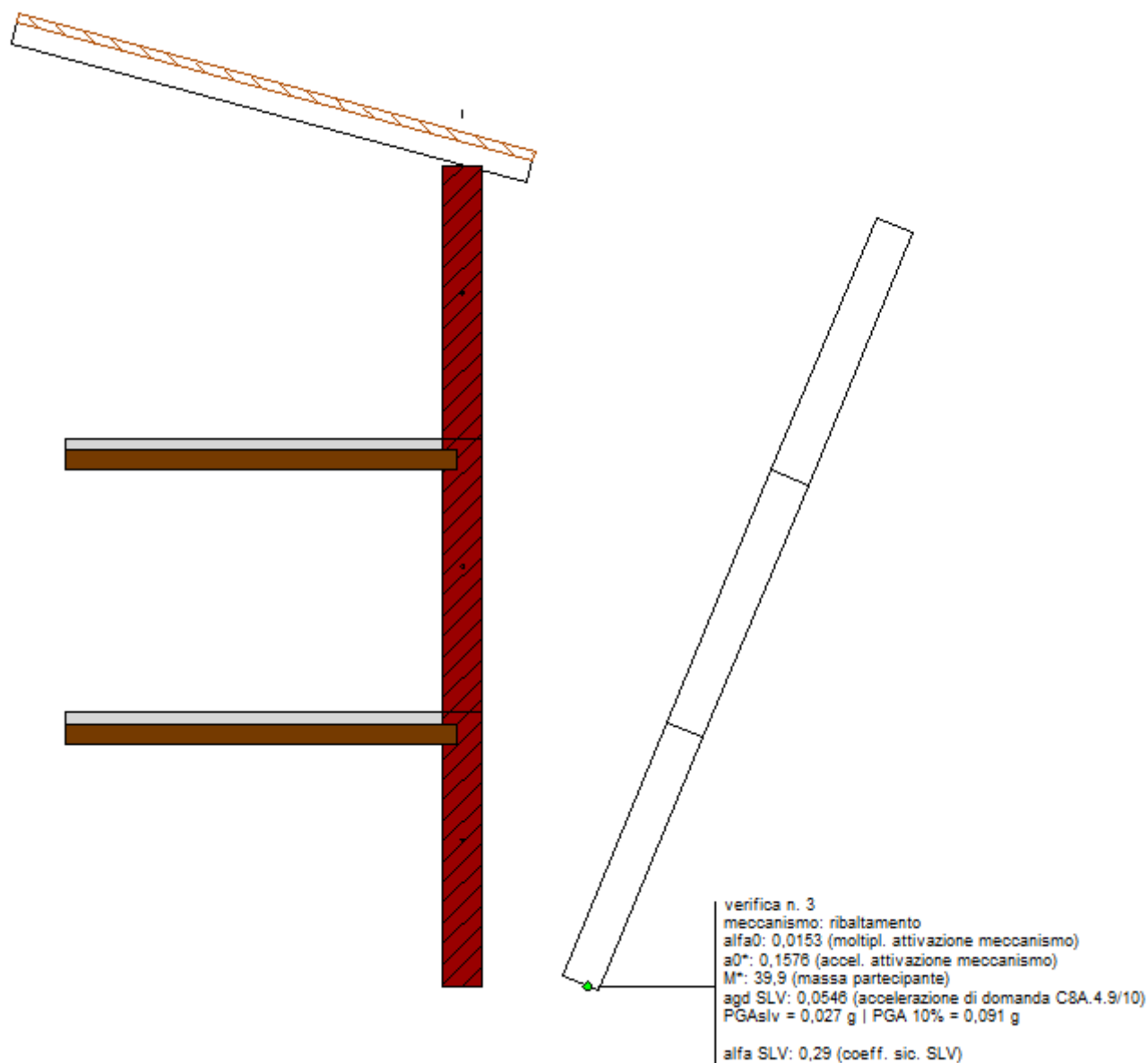
geometria: $s = 50$ cm ; $H_{interp} = 350$ cm; quota = 350 cm; $soest.trasv = 0$
 materiale: in pletrame disordinata
 carichi:
 peso : 136,23 + perm. 0 kN
 solalo : 20 kN | $eccS = 7,5$ cm
 masse sismiche : P_{ai} (dirette) 174,98 | P_{nai} (indirette) 0 | f_i (equilibr.) 0 kN
 risultanti azioni statiche :
 R_{vt} : 174,98 | $eccR_{vt}$: 1,66 | R_{ol} : 0 | $eccR_{ol}$: 0
 SR_{vt} : 319,41 | $eccSR_{vt}$: 0,91 | SR_{ol} : 0 | $eccSR_{ol}$: 0
 $s_{compres}$: 50 | $x_c = 14,17$ | $x_t = 11,38$ N/cm² | $eccX_{ol} = 14,93$ cm²
 vincolata in testa: NO

parete 1

geometria: $s = 50$ cm ; $H_{interp} = 350$ cm; quota = 0 cm; $soest.trasv = 0$
 materiale: in pletrame disordinata
 carichi:
 peso : 136,23 + perm. 0 kN
 solalo : 20 kN | $eccS = 7,5$ cm
 masse sismiche : P_{ai} (dirette) 174,98 | P_{nai} (indirette) 0 | f_i (equilibr.) 0 kN
 risultanti azioni statiche :
 R_{vt} : 174,98 | $eccR_{vt}$: 1,66 | R_{ol} : 0 | $eccR_{ol}$: 0
 SR_{vt} : 494,39 | $eccSR_{vt}$: 1,18 | SR_{ol} : 0 | $eccSR_{ol}$: 0
 $s_{compres}$: 50 | $x_c = 22,57$ | $x_t = 16,99$ N/cm² | $eccX_{ol} = 9,42$ cm²
 vincolata in testa: NO

RISULTATI VERIFICHE

Si riportano di seguito i risultati della verifica che determina l'indice di sicurezza sismica minore (I_{smin}).



verifica 3 - meccanismo : ribaltamento

RISULTATI VERIFICHE

RISULTATI VERIFICA N° 3 - RIBALTAMENTO											
n.	meccanismo	a_0	α_0	M^*	Ag SLD	Ag SLV	α SLD	α SLV	Hpci [cm]	Xci [cm]	status verif.
N/A	0,294	0	9,421	NO VER.							

TABELLA RIASSUNTIVA VERIFICHE

Si riporta una sintesi di tutte le verifiche eseguite. Per i dettagli sull'analisi si rimanda al tabulato di calcolo allegato.

RISULTATI VERIFICHE											
n.	meccanismo	a0	alfa0	M*	Ag	Ag	alfa	alfa	Hpci	Xci	status
					SLD	SLV	SLD	SLV	[cm]	[cm]	verif.
1	ribaltamento	0,104	0,885	14,194	N/A	0,055	1,6	1,652	700	20,449	VERIF
2	ribaltamento	0,038	0,381	26,752	N/A	0,055	0,688	0,711	350	14,935	NO VER.
3	ribaltamento	0,015	0,158	39,894	N/A	0,055	0,285	0,294	0	9,421	NO VER.

VULNERABILITA' SISMICA		
Stato Limite	alfa min	status
SLD	N/A	
SLV	0,294	NO VER.

2.4. SINTESI DEI RISULTATI POST-OPERAM

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche effettuate.

2.5.1. Si riporta di seguito la tabella di sintesi della vulnerabilità sismica espressa in termini di PGAc (capacità) e indice di vulnerabilità sismica I_s (rapporto $PGAc_{pac}/PGA_{domanda}$).

Valori di $I_s \Rightarrow 1$ indicano che la struttura è ADEGUATA ai livelli di sicurezza/vulnerabilità sismica richiesti.

INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA GLOBALE DELLA STRUTTURA	
Verifica sismica globale pushover	1,127
Verifica sisma ortogonale murature (shell)	4,55
Verifica sismica ortogonale murature (aste)	2
Verifica portanza globale fondazione	2,769
Verifica portanza travi fondazione (coeff. sic. min.)	0,48
Verifica portanza globale piastre fondazione	0,604
INDICE DI VULNERABILITA' SISMICA GLOBALE DELLA STRUTTURA	0,48

$I_s = 0,48$: la struttura ha un livello di adeguamento sismico previsto dalle NTC2008 pari al 48%.

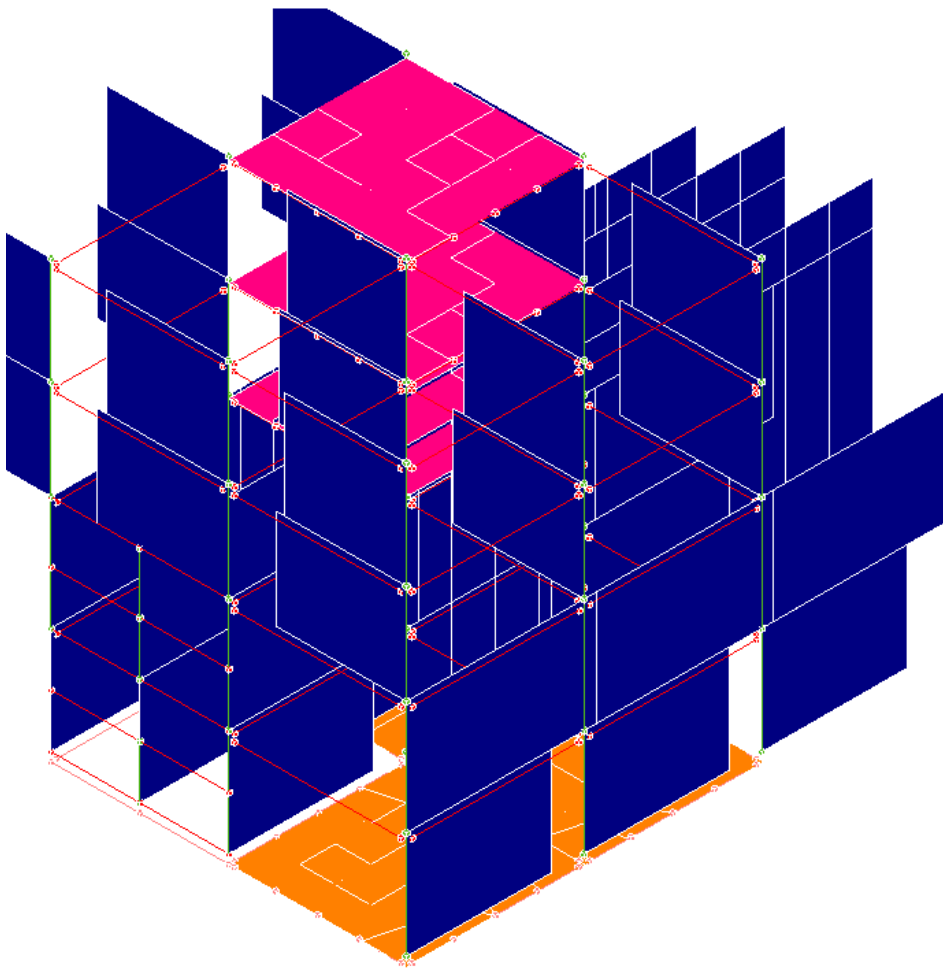
2.5.2. VERIFICHE SISMICHE DI SPOSTAMENTO DI INTERPIANO

La struttura è di classe d'uso SECONDA e le verifiche degli spostamenti relativi di interpiano sono state condotte nei confronti del solo stato limite di DANNO (SLD)

Status verifica SLO: VERIFICATO

Status verifica SLD: VERIFICATO

Stato limite	Status verifica	
SLO	VERIFICATO	
SLD	VERIFICATO	



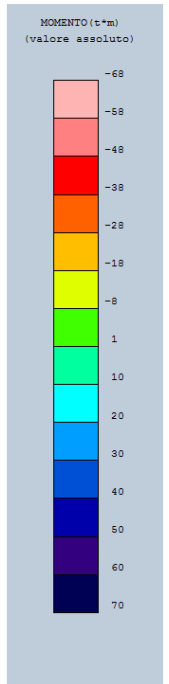
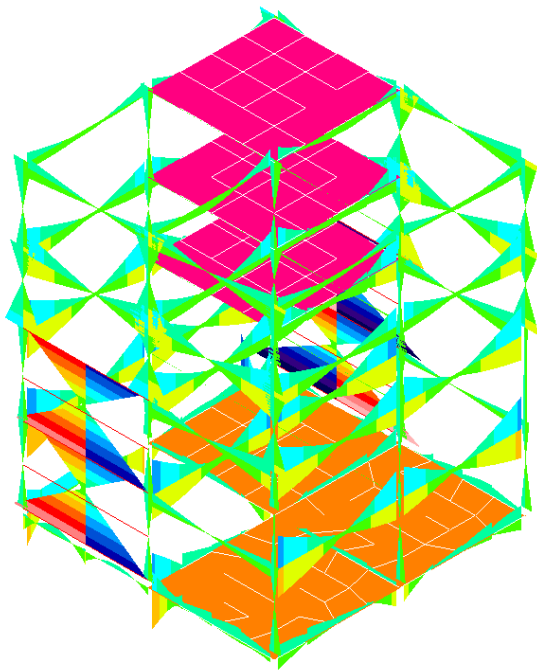
SPOSTAMENTI RELATIVI

2.5.3. VERIFICHE SLU/SLE ELEMENTI STRUTTURALI CON ANALISI LINEARE

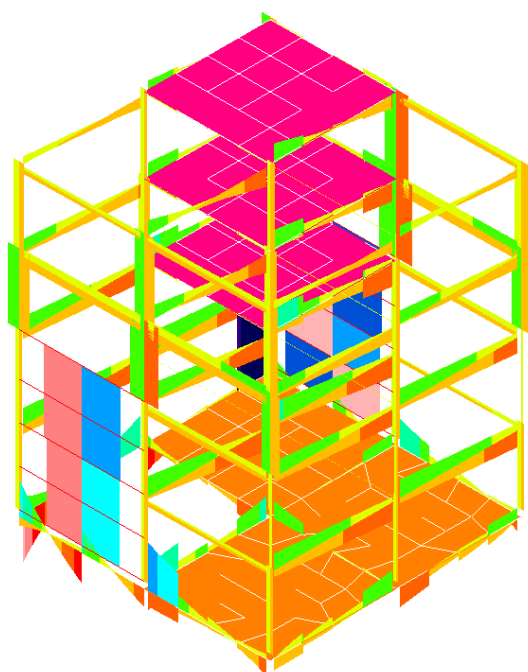
Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche SLU e SLE degli elementi strutturali.

Per i dettagli delle verifiche si rimanda ai relativi tabulati di calcolo allegati.

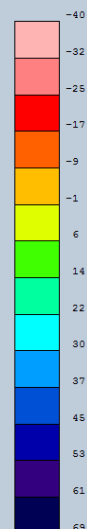
tipo di elemento	stato limite	num el.Non Ver/Nul elem. tot	status verifica
TRAVI C.A. FONDAZIONE	SLU (SLV)	1 su 37	NON VERIFICA
TRAVI C.A. ELEVAZIONE	SLU (SLV)	2 su 43	NON VERIFICA
PILASTRI IN C.A.	SLU (SLV)	0 su 2	VERIFICA
STABILITA_ELEMENTI_SNELLI_CA	SLU (SLV)		
ASTE IN ACCIAIO	SLU (SLV) / SLE	0 su 17	VERIFICA
ASTE IN LEGNO	SLU (SLV) / SLE	3 su 23	NON VERIFICA
TRAVI C.A. FONDAZIONE	SLU (SLD)	1 su 37	NON VERIFICA
TRAVI C.A. ELEVAZIONE	SLU (SLD)	2 su 43	NON VERIFICA
PILASTRI IN C.A.	SLU (SLD)	0 su 37	VERIFICA
ASTE IN LEGNO	SLU (SLD) / SLE	0 su 17	VERIFICA
TRAVI C.A. FONDAZIONE	SLE	0 su 37	VERIFICA
TRAVI C.A. ELEVAZIONE	SLE	0 su 43	VERIFICA



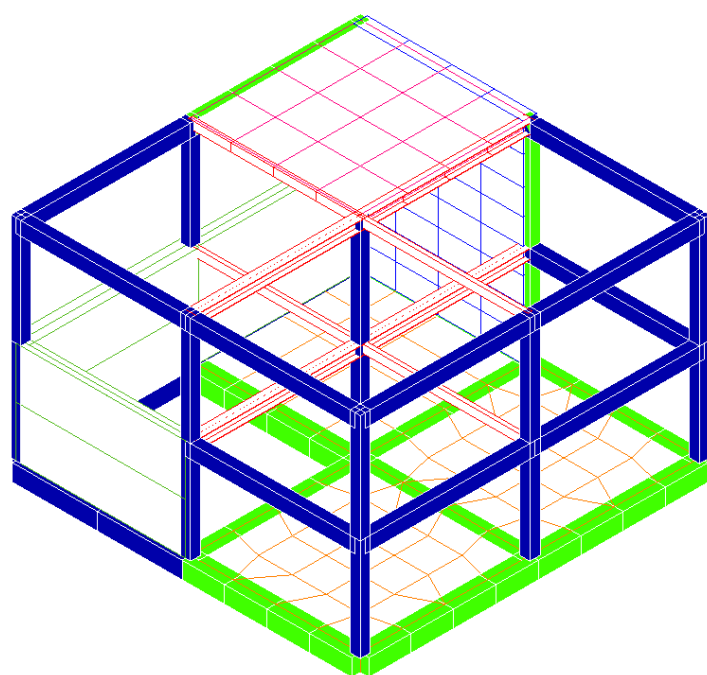
MOMENTO COMB. INVILUPPO



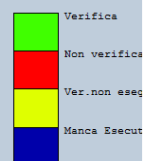
TAGLIO(t)
(valore assoluto)



TAGLIO COMB.INVILUPPO



VERIFICA ASTE



VERIFICA ASTE

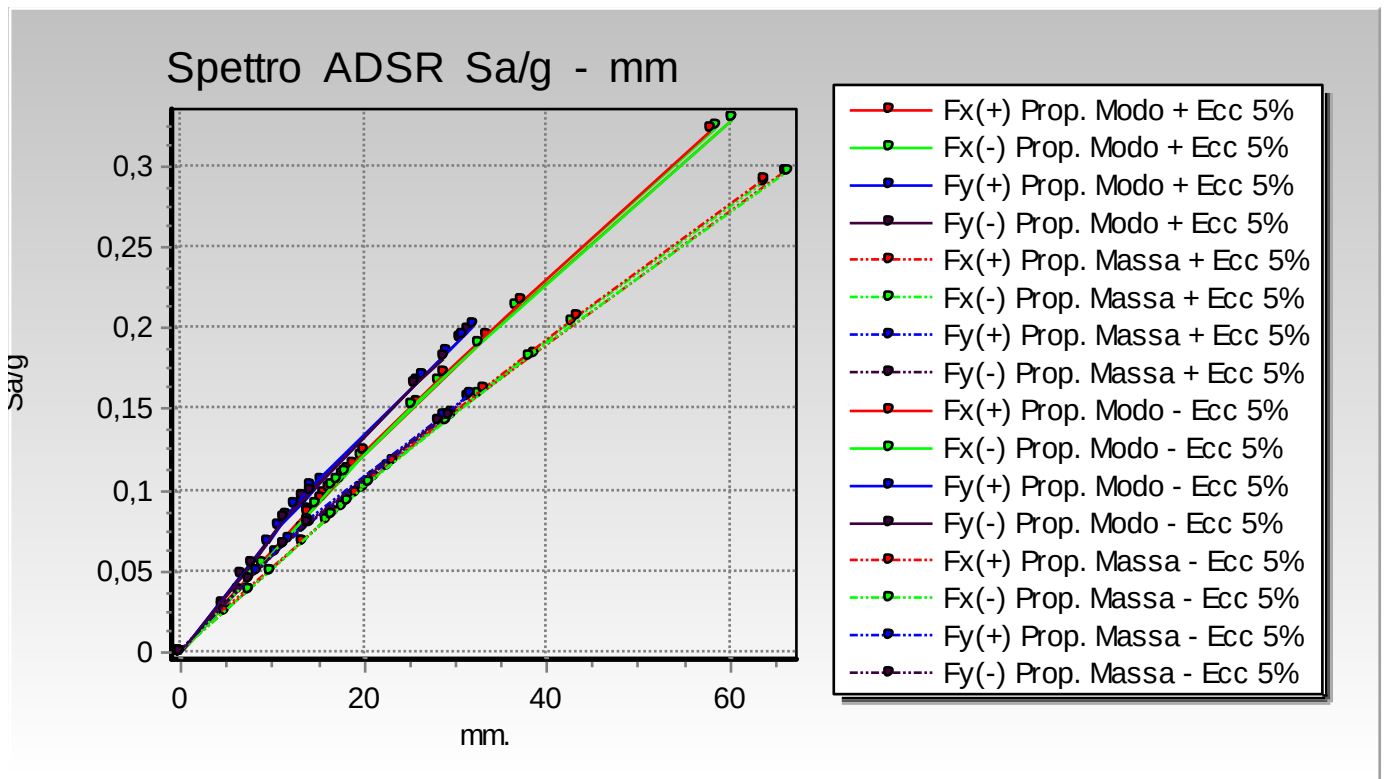
2.5.4. VERIFICHE SISMICHE GLOBALI ANALISI PUSHOVER

Si riporta di seguito la tabella di sintesi dei risultati per ognuna delle pushover eseguite

Riassunto risultati analisi pushover							
	SLD		SLV		SLC		
PO n.	PGA/g	Isic	PGA/g	Isic	PGA/g	Isic	percorso di carico
1	0,079	0,765	0,105	0,403	0,105	0,314	distrib. forze secondo deformata modale +ecc5%
2	0,079	0,765	0,103	0,395	0,103	0,308	distrib. forze secondo deformata modale +ecc5%
3	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze secondo deformata modale +ecc5%
4	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze secondo deformata modale +ecc5%
5	0,079	0,765	0,105	0,403	0,105	0,314	distrib. forze proporzionale alle masse +ecc5%
6	0,079	0,765	0,102	0,391	0,102	0,304	distrib. forze proporzionale alle masse +ecc5%
7	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze proporzionale alle masse +ecc5%
8	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze proporzionale alle masse +ecc5%
9	0,079	0,765	0,102	0,391	0,102	0,304	distrib. forze secondo deformata modale -ecc5%
10	0,079	0,765	0,105	0,403	0,105	0,314	distrib. forze secondo deformata modale -ecc5%
11	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze secondo deformata modale -ecc5%
12	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze secondo deformata modale -ecc5%
13	0,079	0,765	0,102	0,391	0,102	0,304	distrib. forze proporzionale alle masse -ecc5%
14	0,079	0,765	0,105	0,403	0,105	0,314	distrib. forze proporzionale alle masse -ecc5%
15	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze proporzionale alle masse -ecc5%
16	0,079	0,765	0,079	0,303	0,079	0,236	distrib. forze proporzionale alle masse -ecc5%

Minimi risultati pushover

Valori minimi dall'analisi pushover				
pushover n.	Pga	Isic,sism (PgaLC/Pga 5%)	q	stato limite
3	0,079 g	0,236	1,127	SLC



CURVECAPACITAEMF

2.5.5. VERIFICHE MURATURE

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche effettuate per gli elementi in muratura.

VERIFICHE STATICHE**Ver. Stat. Fless. shell**

Risultati delle verifiche STATICHE A FLESSIONE ottenute con il modello a shell.

status verifica	VERIFICA
num. maschi non ver/num. maschi tot.	0 / 8

Ver. Stat. Presso-Fless. shell

Risultati delle verifiche STATICHE A PRESSO-FLESSIONE ottenute con il modello a shell.

status verifica	VERIFICA
num. maschi non ver/num. maschi tot.	0 / 8

VERIFICHE SISMICHE

Sintesi delle verifiche sismiche effettuate per gli elementi in muratura (sono riportati i dati per la verifica con coeff. sicurezza minore)

coeff. sicurezza minimo	0,18
status verifiche	NON VERIFICA
tipo di verifica	Ver. Sism. Globali SLU shell

Ver. Sism. Globali SLU shell

Risultati delle verifiche sismiche globali SLU ottenute con il modello a shell

dati verifica		dati maschio murario critico	
status verifica	NON Ver.	tel. muratura numero	1
coeff. sic. minimo	0,18	quota [m]	4,55
		asc.in/asc. fin [m]	0,00 / 5,00
		tipo di collasso	TAGLIO

Ver. Sism. Ortogonale shell

Risultati delle verifiche a sisma ortogonale ottenute con il modello a shell

il coeff. di sicurezza è determinato come rapporto M_{ru}/M_d e non rappresenta a rigore un coeff. di sicurezza sismico perchè M_d non deriva dalla sola azione sismica.

Questo valore si può comunque ritenere cautelativo perchè più basso del reale coeff. di sicurezza sismico

dati verifica		dati maschio murario critico	
status verifica	VERIFICA	tel. muratura numero	1
coeff. sic. minimo	3,778	quota [m]	4,55
		asc.in/asc. fin [m]	0,00 / 5,00

Ver. Sism. Globali SLU aste

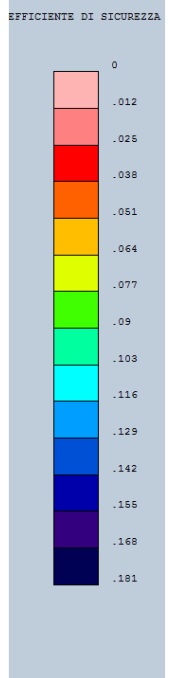
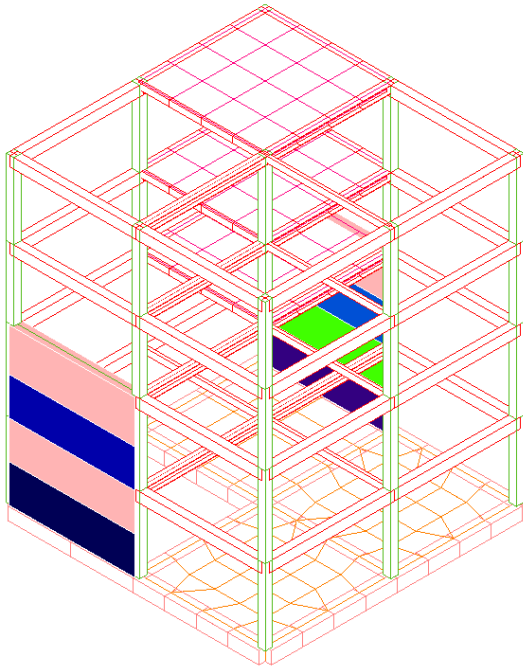
Risultati delle verifiche sismiche globali SLU ottenute con il modello a aste

dati verifica		dati maschio murario critico	
status verifica	NON VERIFICA	tel. muratura numero	1
coeff. sic. minimo	0	quota [m]	1
		numero muri NON verificati	8 su 8
note	Nd=1,75 > 0 (traz) coeff. di sicurezza = 0 per presenza di trazione nella muratura: Nd > 0		

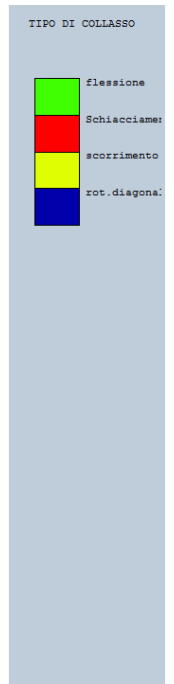
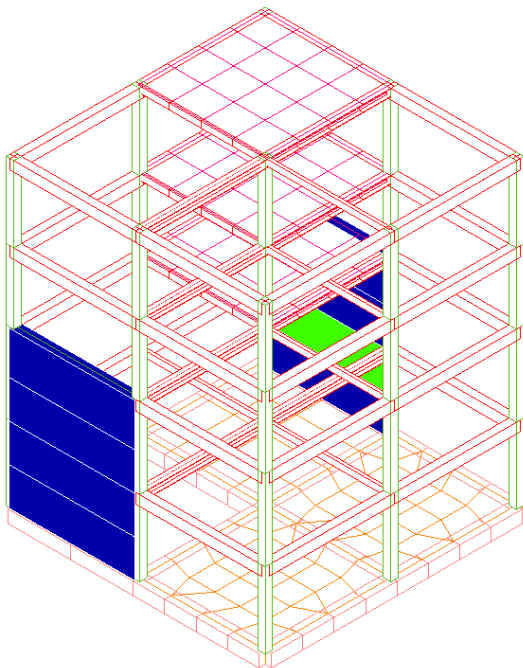
Ver. Sism. Ortogonale aste

Risultati delle verifiche a sisma ortogonale ottenute con il modello a aste

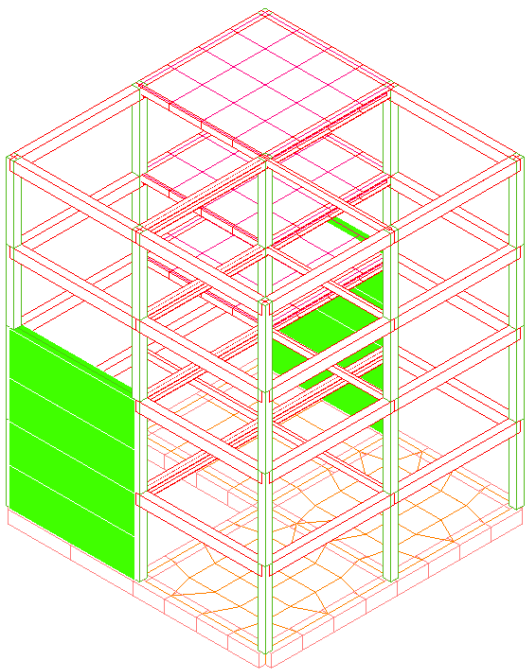
dati verifica		dati murario critico	
status verifica	VERIFICA	muro numero	2
coeff. sic.	1,02	quota [m]	2
Periodo di ritorno Tr	323	sezione	Testa
numero muri NON verif	0 su 8		Testa



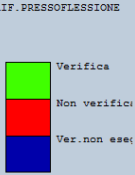
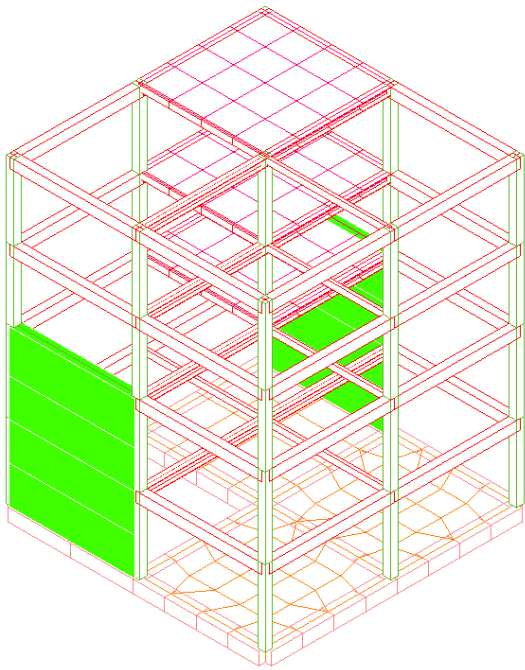
COEFFICIENTE DI SICUREZZA



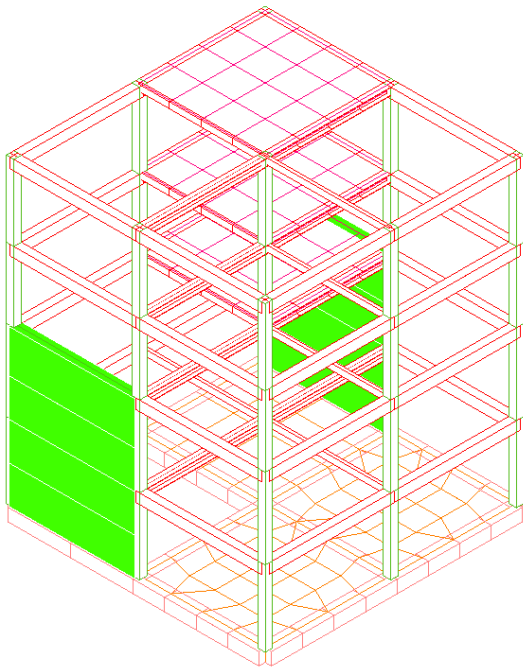
VERIFICA GLOBALE MURATURA



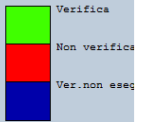
VERIF.FLESSIONE



VERIF.PRESSOFLESSIONE



VERIF.SISMA ORTOGONALE

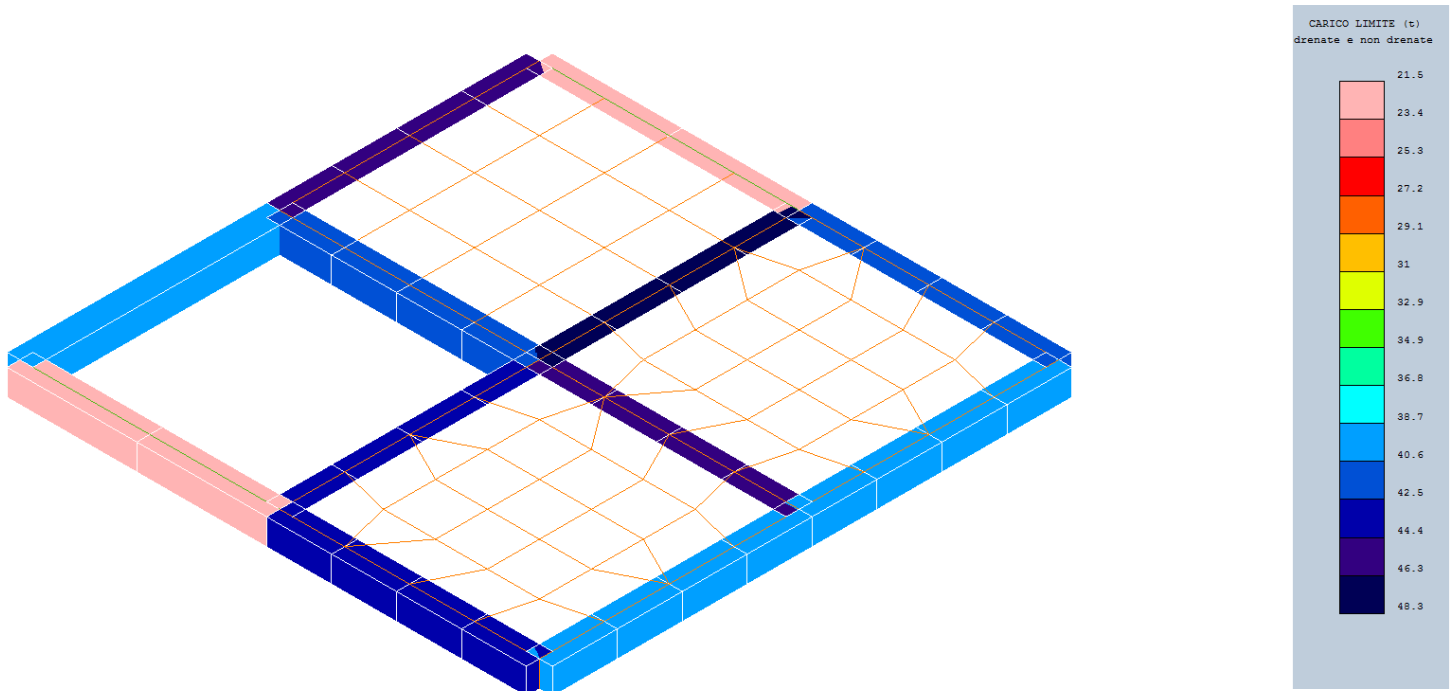


VERIF.SISMA ORTOGONALE

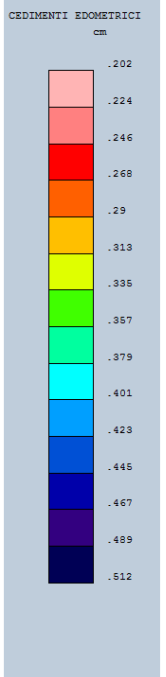
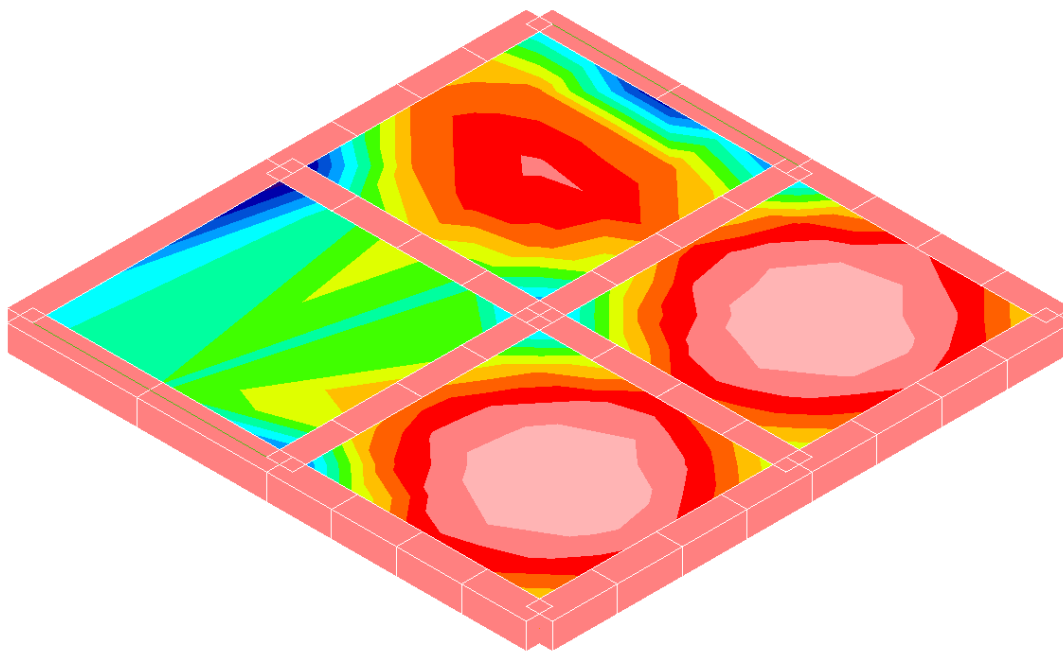
2.5.6. VERIFICHE DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche di portanza del terreno.

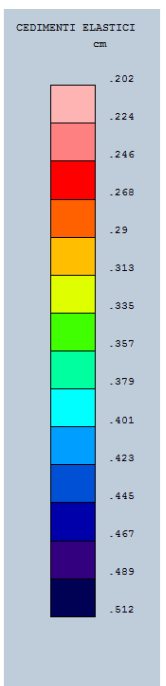
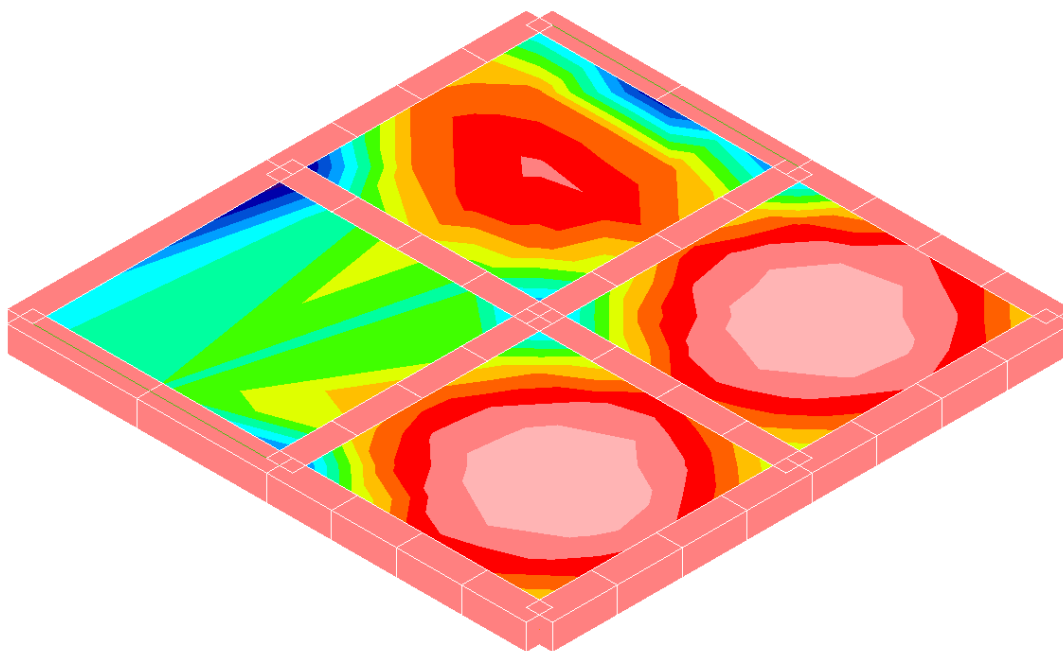
SINTESI VERIFICHE PORTANZA DEL TERRENO		
descrizione verifiche	status	coeff. sic.
Verifiche PORTANZA GLOBALE - MOLTIPLICATORI DI COLLASSO	VERIFICA	2,769
PORTANZA TRAVI WINKLER	NON VERIFICA	0,48
numero di travi non verificate sul totale delle travi	5 su 14	
PORTANZA GLOBALE PIASTRE	NON VERIFICA	0,604
numero di combinazioni non verificate sul totale	33 su 33	
Verifiche allo scorrimento in condizioni drenate	VERIFICA	
numero di travi NON Verif. sul totale	0 su 120	
Verifiche PORTANZA GLOBALE - ABBASSAMENTI		
abbassamento massimo [cm]	-0,499	
combinazione di calcolo per cui si ha l'abbassamento massimo	7	
Cedimenti elastici ed edometrici [cm]		
cedimento elastico massimo [cm]	0,33	
cedimento edometrico massimo [cm]	0,33	



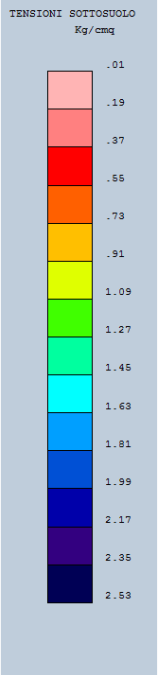
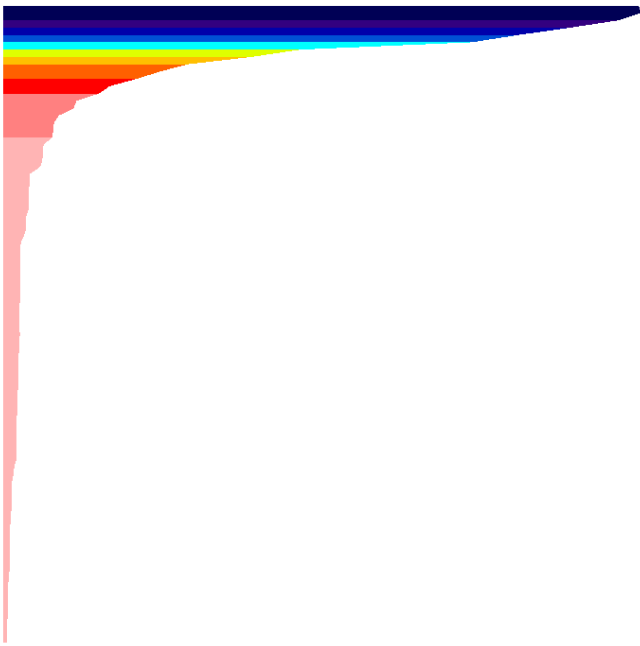
CARICO LIMITE DRENATE E NON DRENATE



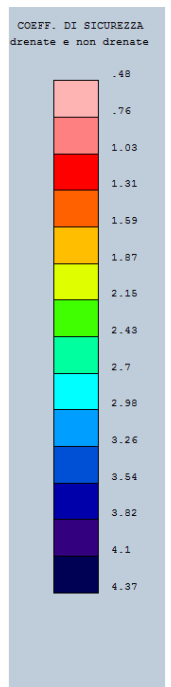
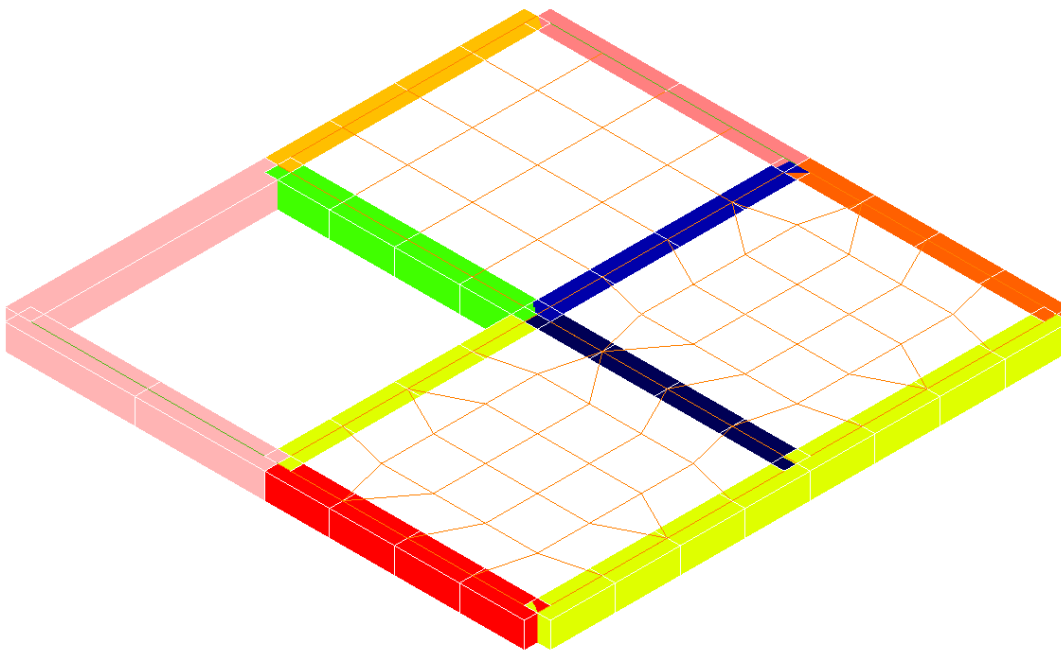
CEDIMENTI EDOMETRICI CM CONDIZ.N. 0



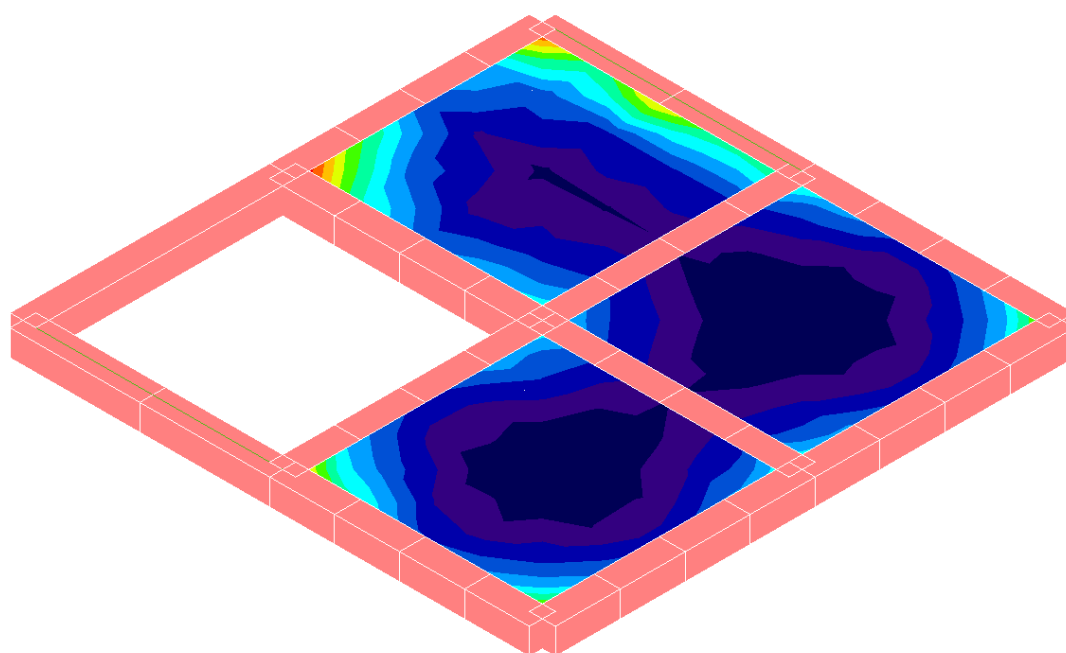
CEDIMENTI ELASTICI CM CONDIZ.N. 0



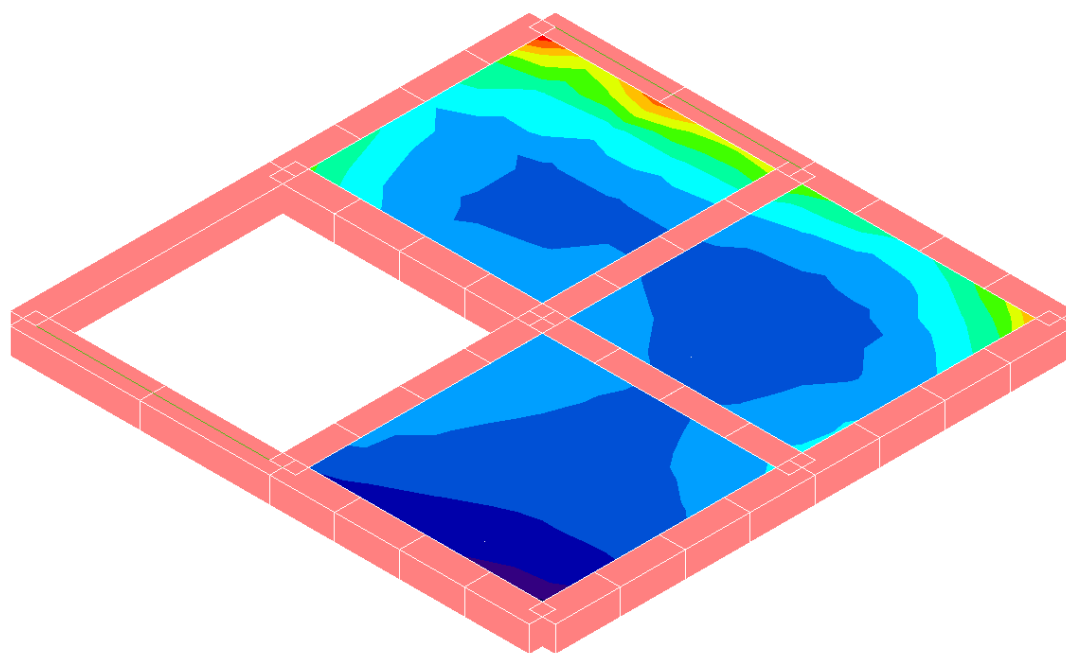
CEDIMENTI



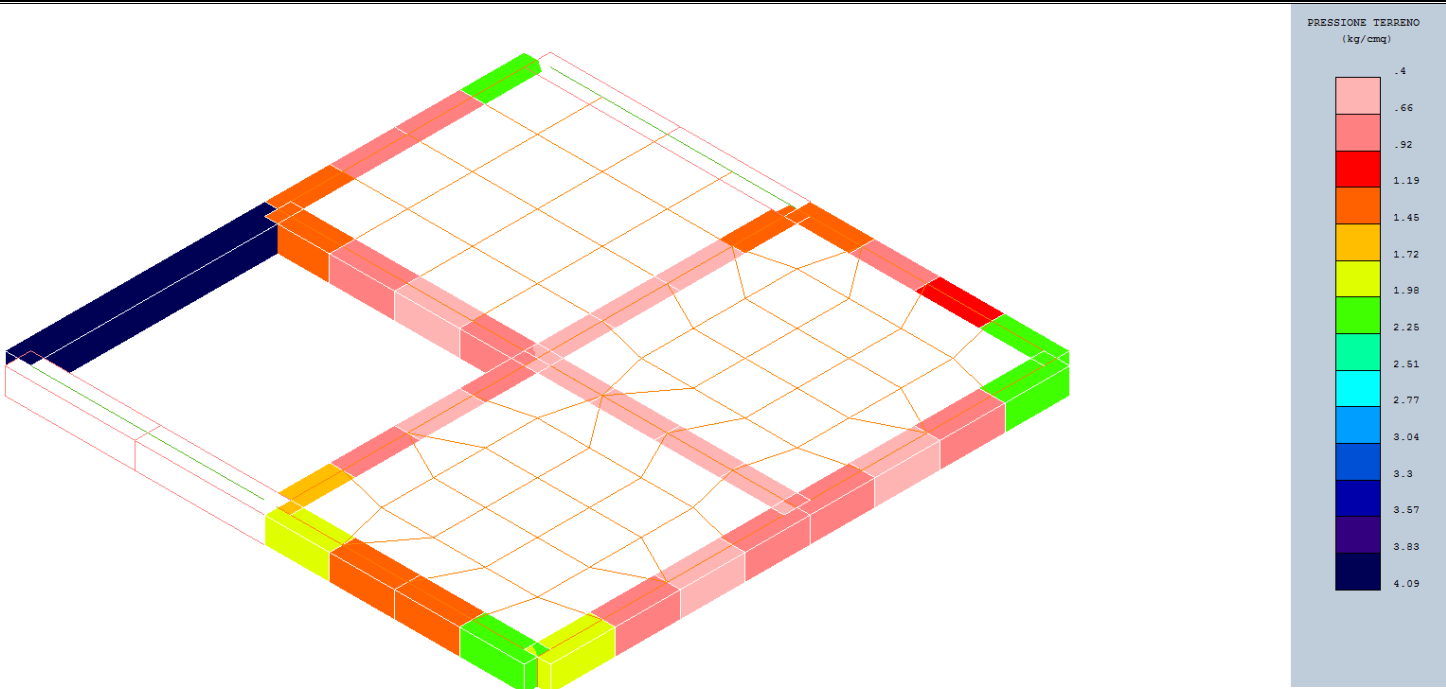
COEFF. DI SICUREZZA DRENATE E NON DRENATE



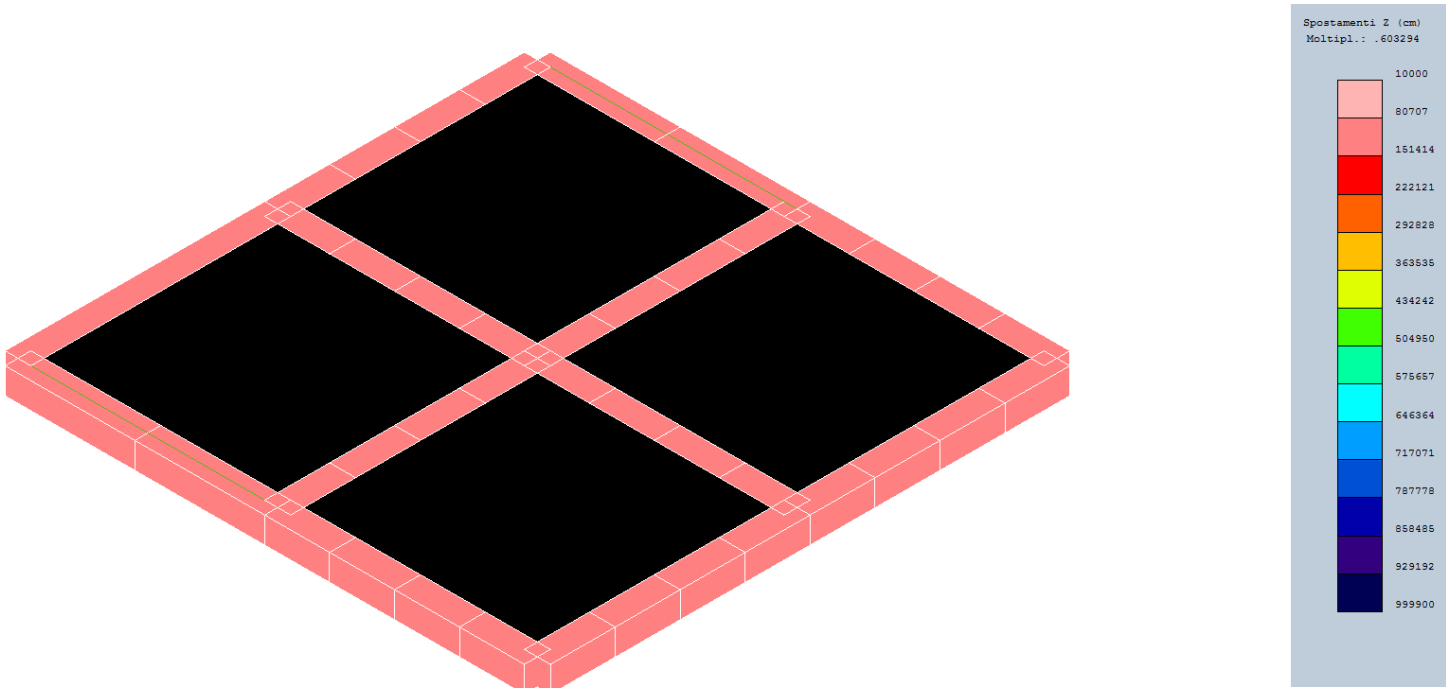
PRESS.TERR. COMBINAZ.N. 1



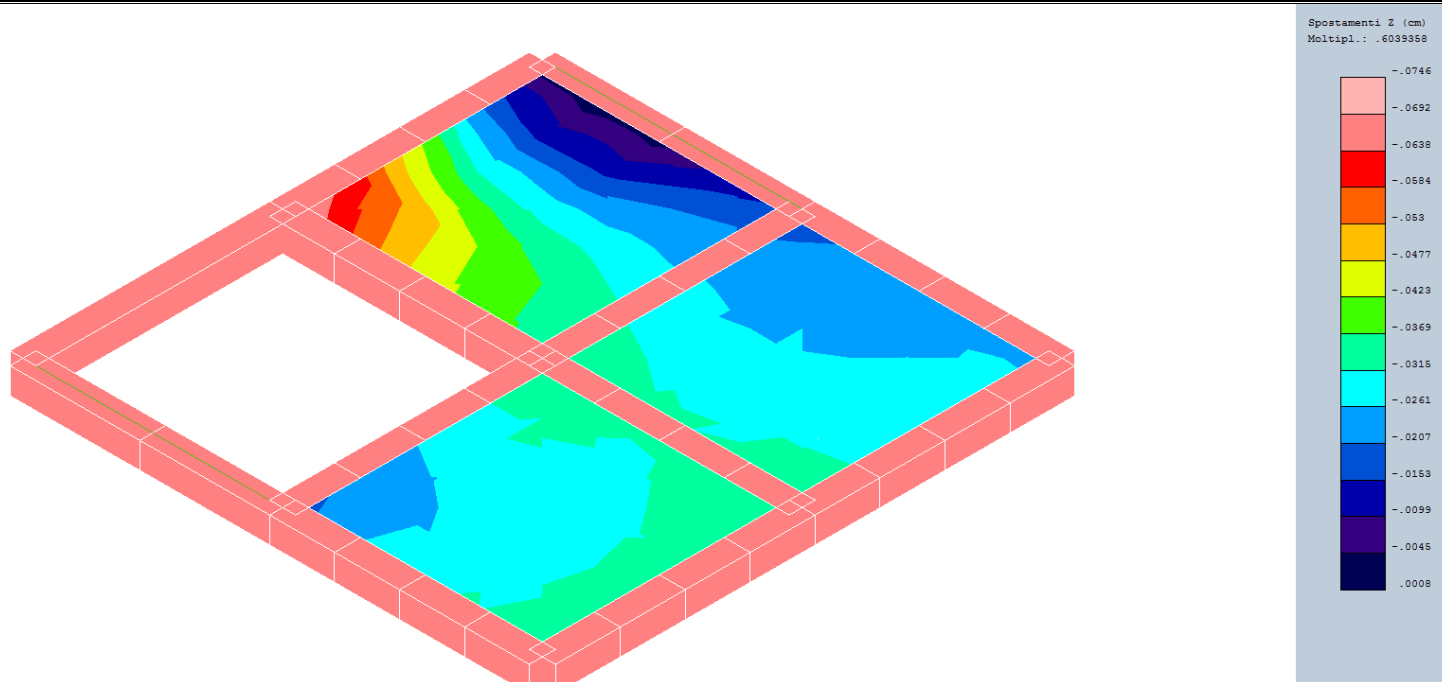
PRESS.TERR. COMBINAZ.N. 2



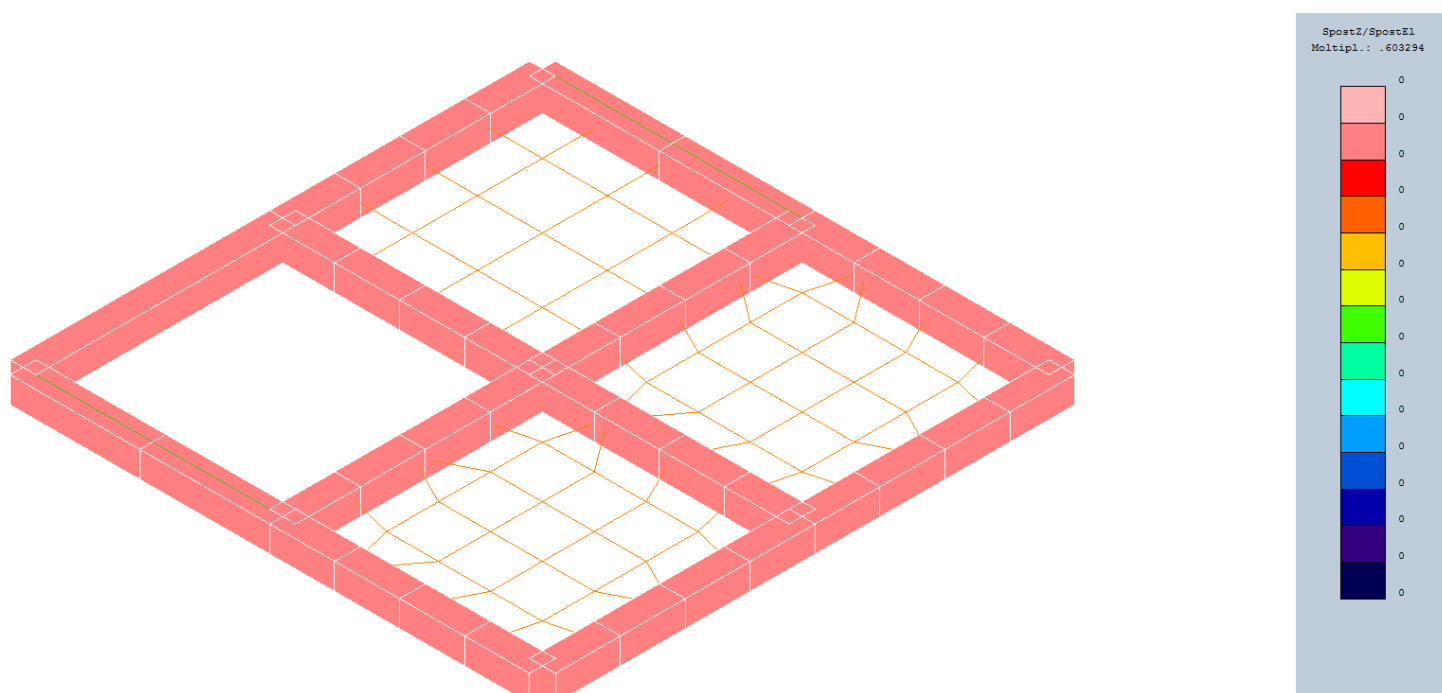
PRESSIONE TERRENO



SPOSTAMENTI Z (CM) MOLTIPL. .603294 CONDIZ.N. 0



SPOSTAMENTI Z (CM) MULTIPL. .6039358 CONDIZ.N. 0



SPOSTZSPOSTEL MULTIPL. .603294 CONDIZ.N. 0