PROVINCIA DELLA SPEZIA

Settore 6 Edilizia e Patrimonio
Viale Amendola n° 9 - 19122 La Spezia

PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI CARATTERE STRUTTURALE ED ATTIVITÀ CONNESSE RELATIVE AD ADEGUAMENTO STATICO-SISMICO ALLO STATO LIMITE DELLA SALVAGUARDIA DELLA VITA UMANA (SLU) EX D.M. 14/1/08 DELL'EDIFICIO SCOLASTICO PROVINCIALE DENOMINATO "SAURO" SITO IN LA SPEZIA, VIALE ITALIA.

R.T.P.

dott. ing. Stefano PASQUALI - MANDATARIO
Galleria Zavaroni n° 28 - 19125 La Spezia - c.f. PSQSFN56B04E463V / p.iva 01183960119
tel: 0187 1873606 - fax: 0187 1873607 - e.mail: stefanopasquali@email.it

Studio Tecnico Associato ing. Cesare REGOLO e ing. Daniele GUERRIERI
Via Garibaldi n° 25 - 19020 Bolano (SP) - p.iva 01135060117
tel/fax: 0187 934076 - e.mail: danguer@libero.it

Studio Tecnico Associato ASIS
Via Garibaldi n° 25 - 19125 La Spezia - p.iva 01206500116
tel: 0187 504203 - fax: 0187 518219 - e.mail: ingegneria.asis@email.it

dott. geol. Marco ZANICCHI
Via Giacomo Doria n° 74 - 19125 La Spezia - c.f. ZNCMR 57H02E463B / p.iva 00798120119
tel: 0187 770500 - fax: 0187 770634 - e.mail: zanicchi@eptaconsult.191.it

dott. ing. Pietro FRANCHETTI ROSADA
Via XXVII Marzo n° 19 - 19121 La Spezia - c.f. FRNPTR75A26E463G / p.iva 01112260110
tel: 0187 736018 - fax: 0187 739238- e.mail: pfr@carloagnese.com

dott. ing. Davide RICCI
Piazza Firmafede n° 16 - 19038 Sarzana (SP) - c.f. RCCDVD72E27D969Z / p.iva 01118120110
tel: 328 9668325 - e.mail: riccing@email.it

ing. Junior Andrea BLANGERO
Via Bologna n° 98 - 19125 La Spezia - c.f. BLNNDR77L01E463S / p.iva 01223820117
tel: 349 7788150 - e.mail: andrblan@libero.it

TIMBRO E FIRMA PROVINCIA DELLA SPEZIA	TIMBRO E FIRMA CAPOGRUPPO R.T.P.

AGGIORNAMENTO		SOSTITUISCE	
1)	SETTEMBRE 2010	1)	
2)		2)	
3)		3)	
4)		4)	
5)		5)	
6)		6)	

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

ELABORATO

A

E' vietata qualunque riproduzione, anche se parziale, e/o uso non autorizzato di questo elaborato.——

INDICE

1. GENERALITÀ 3

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO 3
2.1 FONDAZIONI 8
2.2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE 9
2.3 IMPALCATI 11
2.4 DOCUMENTAZIONE REPERITA 12

3. VALUTAZIONE DI SICUREZZA DELL'ESISTENTE 13
3.1 ANALISI DEI LIVELLI DI SICUREZZA ATTUALI 13
3.1.1. corpo A 13
3.1.2. corpo B 15
3.1.3. corpo C 18
3.1.4. corpo D_1 19

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI 21
4.1 OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI 21
4.2 REALIZZAZIONE DEI GIUNTI. 21
4.2.1 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO A 23
4.2.2 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO B 25
4.2.3 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO C 28
4.2.4 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO D_1 29

5. MATERIALI 31
5.1. MATERIALI IMPIEGATI NELLE NUOVE COSTRUZIONI 31
5.2. MATERIALI RILEVATI 31

6. RIFERIMENTI NORMATIVI 32

7. CALCOLO DELLE STRUTTURE 30
7.1 SOFTWARE UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE 30
7.1.1. Principali caratteristiche tecniche 30
7.1.2. Test di validazione 31
7.1.3. Progettazioni e verifiche 31
7.1.4. Valutazione soggettiva dei risultati ottenuti utilizzando i sopraccitati software 31
7.1.5. Modellazione della struttura. 31

8. ANALISI DEI CARICHI 35
8.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE PORTANTI 35

8.1.1 Elementi in calcestruzzo armato 35
8.1.2 Peso proprio solaio tipo laterocemento 35
8.1.3 Peso proprio solaio tipo PREDALLE 35
8.2 PESI PROPRI PERMANENTI 35
8.2.1 Peso di ripartizione tramezze 35
8.2.2 Peso pavimento + massetto 35
8.2.3 Peso controsoffitto 35
8.2.4 Peso impermeabilizzazione copertura 35
8.2.5 Peso permanente copertura 35
8.2.6 Peso parapetto + finestre 35
8.2.7 Peso tamponature 35
8.3 PESI ACCIDENTALI 36
8.3.1 Solai aule 36
8.3.2 Sottotetto 36
8.3.3 Copertura 36
8.3.4 Carico neve 36
8.4 AZIONE SISMICA 36

9. CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI SLD 38

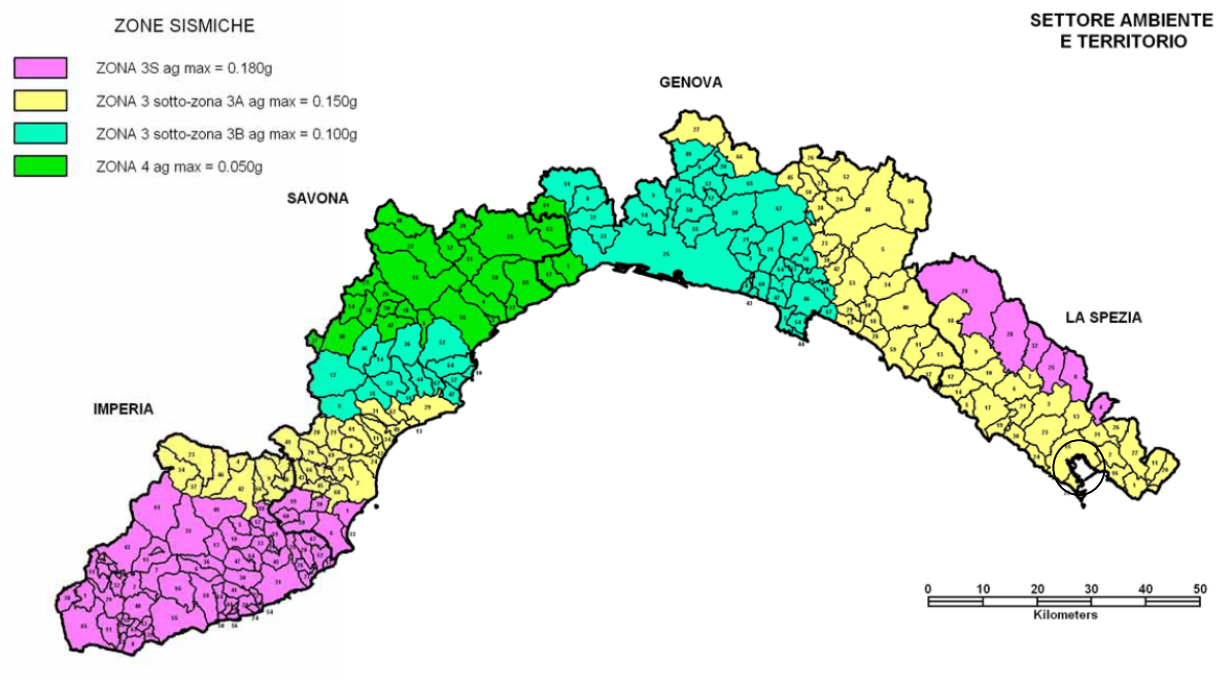
Si allega il CD contenente i tabulati di calcolo e rispettivi grafici dei singoli corpi sia nello stato attuale che di progetto.

1. GENERALITÀ

Il progetto è rivolto all'adeguamento, nei confronti della Salvaguardia della Vita, del plesso scolastico di Viale Italia, in località Canaletto, del comune della Spezia, nel quale è situato l'I.S.S. "N. Sauro".

La struttura portante esistente è costituita da telai monodirezionali in calcestruzzo armato.

Il sito oggetto dell'edificazione ricade, ai sensi dell'Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28.04.2006 e della delibera di G.R. n.1308 del 24-10-2008, in zona sismica di classe 3A con $a_{gmax} \leq 0{,}150$ g.



2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Dal punto di vista strutturale si tratta di un edificio con struttura portante costituita da telai in calcestruzzo armato (figura 1 – immagina 1). L'edificazione originaria risale a prima del 1971 e per, un blocco realizzato in ampliamento, alla seconda metà degli anni '80, per cui in un periodo antecedente alla classificazione del Comune della Spezia tra le zone sismiche.

Foto 1

Immagine 1

L'intero complesso in oggetto risulta suddiviso in più corpi ben distinti e divisi da giunti tecnici (g.t. 1, 2, 4, 5) come visualizzato nell'immagine 2. I giunti tecnici esistenti risultano di dimensioni assolutamente inadeguate ad evitare l'effetto di martellamento tra le strutture, in caso di oscillazione sismica; essi infatti presentano spessore compreso tra 2-3 cm lungo tutta l'altezza.

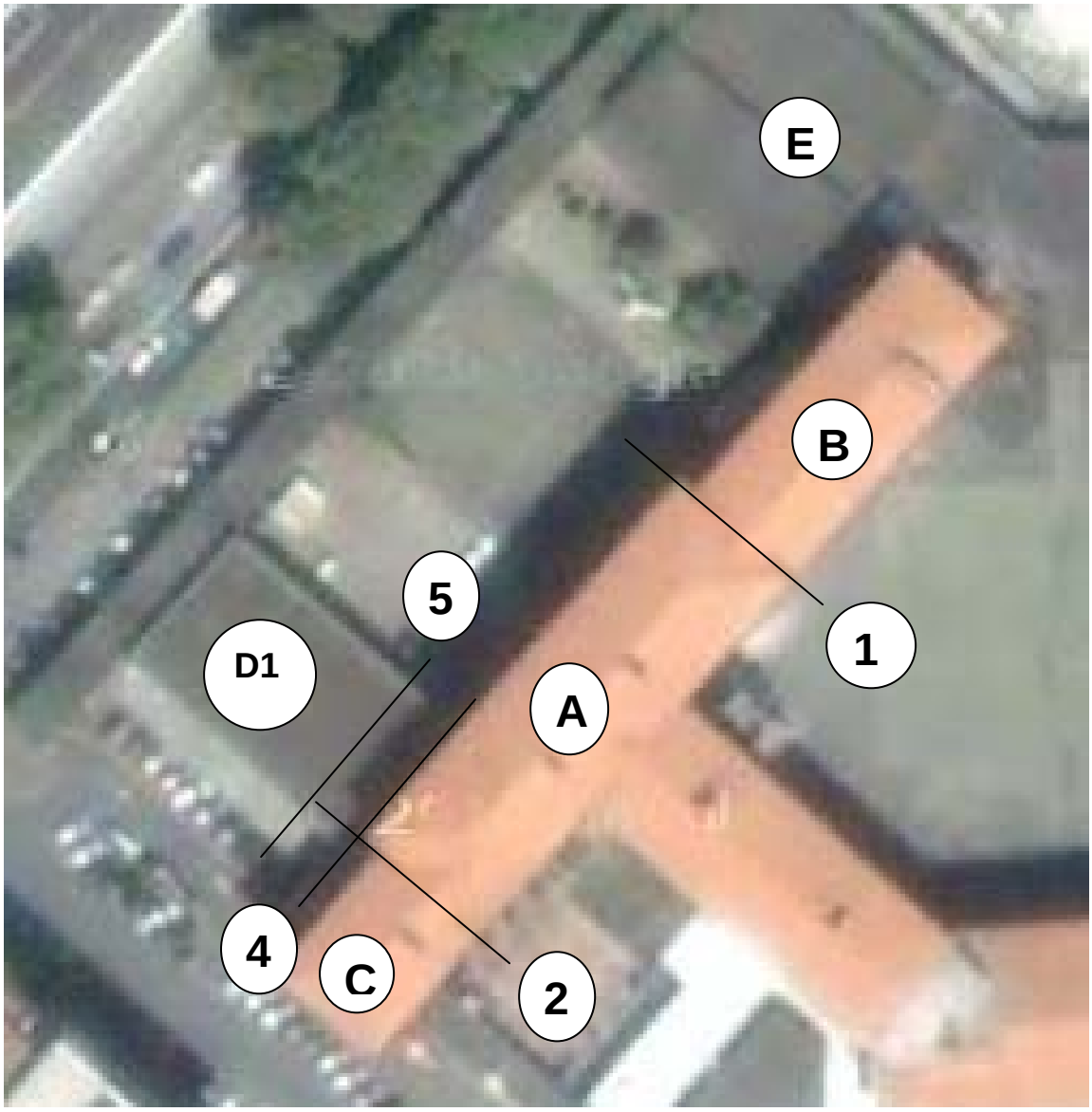


Immagine 2

- Il **corpo A** risulta disposto su quattro livelli di piano tutti fuori terra; presenta un'altezza netta interna di 4,08 m al primo piano, di 3,70 m circa nei piani intermedi e di 5,00 m circa all'ultimo piano. Dal punto di vista planimetrico l'edificio ha una forma regolare di dimensioni massime di 45,30x11,05 m circa al piano terra e di 45,30x13,15 m circa dal primo piano (foto 2) essendoci una porzione della struttura a sbalzo.

foto 2

- Il **corpo B** risulta disposto su quattro livelli di piano tutti fuori terra; presenta un'altezza netta interna di 4,08 m al primo piano e di 3,70 m circa nei piani rimanenti. Dal punto di vista planimetrico l'edificio ha una forma regolare di dimensioni massime di 24,30x11,05 m circa (foto 3).

foto 3

- Il **corpo C** risulta anch'esso disposto su quattro livelli di piano tutti fuori terra; presenta un'altezza netta interna di 4,08 m al primo piano e di 3,70 m circa nei piani rimanenti. Dal punto di vista planimetrico l'edificio ha una forma regolare di dimensioni massime di 16,60x11,05 m circa (foto 4).

Foto 4

- Il **corpo D**, realizzato in ampliamento nella seconda metà degli anni '80, risulta invece disposto su due soli livelli di piano tutti fuori terra; il primo presenta un'altezza netta interna di 4,08 m, mentre il secondo di 3,70 m circa. Dal punto di vista planimetrico l'edificio ha una forma regolare di dimensioni massime di 16,90x28,65 m circa (foto 5).

Foto 5

- Il **corpo E** comprende sia la palestra dell'istituto Sauro con relativi spogliatoi e spazi di disimpegno, oltre ai locali tecnici.

2.1 FONDAZIONI

In questa fase progettuale non è stato possibile reperire informazioni sull'impianto fondazionale, sia per la totale assenza di documentazione progettuale originale, che per l'impossibilità di conciliare l'esecuzione di saggi diretti approfonditi con l'avvenuto inizio dell'anno scolastico. Pertanto si rimandano tali approfondimenti ai successivi livelli di progettazione.

Nonostante ciò, nel corso della campagna di rilievi effettuata per la definizione delle strutture in elevazione, si è potuto constatare la pressocchè totale assenza di segni di dissesto degni di nota che potessero far presupporre cedimenti in atto nelle fondazioni. Quindi, vista l'età della struttura, nonostante le scarse caratteristiche dei terreni di fondazione interessati, si può ragionevolmente affermare che ad oggi il sistema di fondazione ha svolto in modo sufficientemente adeguato la sua funzione statica.

2.2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE

- Il **corpo A** è costituito da una serie di telai in calcestruzzo armato orientati secondo le due direzioni principali del fabbricato. Fin dalle fondazioni i telai principali sono costituiti da pilastri in calcestruzzo a sezione rettangolare di varie dimensioni (30x90 cm, 40x75 cm, 30x50 cm,..); i pilastri di facciata, dal secondo piano fino alla copertura, diminuiscono si sezione (fino a 15x50 cm circa) aumentandone però il numero riferito alla medesima campata sottostante. Dal primo piano fino in copertura la struttura presenta uno sbalzo di circa 2,00 m verso il cortile interno (foto 6).

Foto 6

Le travi portanti in c.a. dei telai, hanno dimensioni variabili, e sono comprese nello spessore di solaio o sono ricalate.

- I **corpi B e C** sono realizzati con il medesimo schema strutturale. Essi sono costituito da una serie di telai in calcestruzzo armato. I pilastri hanno sezione rettangolare di dimensioni 30x50 cm al piano terra, mentre dal primo piano fino alla copertura hanno sezione di 12x50 cm, aumentandone però il numero riferito

alla medesima campata sottostante, ad eccezione di quelli d'angolo che hanno dimensioni 20x50 cm (foto 3 e 4).

Le travi portanti in c.a. sono comprese nello spessore di solaio o sono ricalate.

- Il **corpo D** (a sua volta suddiviso in due sottoblocchi D_1 e D_2 separati da giunto tecnico) è costituito da una serie di telai in calcestruzzo armato. I pilastri hanno sezione rettangolare di dimensioni 30x50 cm per entrambi i piani, ma al seconso piano sono presenti due ulteriori pilastrini di sezione di 12x50 cm nella medesima campata (foto 5) per mantenere un prospetto estetico con gli altri edifici.

Le travi portanti in c.a. sono tutte ricalate.

2.3 IMPALCATI

- I **corpi A, B e C** presentano impalcati di calpestio e di copertura realizzati con blocchi in laterizio di altezza di 20 cm e completati con una soletta collaborante in calcestruzzo, spessa 4/5 cm circa, tale da ottenere uno spessore complessivo pari a circa 24/25 cm.
- Il **corpo D** presenta impalcati di calpestio e di copertura costituiti da solai a lastra tipo PREDALLE, realizzati con blocchi in polistirene inframezzati da travetti in calcestruzzo armato, il tutto completato da una soletta collaborante in calcestruzzo, spessa 4/5 cm, tale da ottenere uno spessore complessivo pari a circa 30 cm (foto 7).

Foto 7 – dettaglio del solaio

Tipologia di materiale e spessori sono stati appurati mediante visite in situ, e dall'analisi della documentazione reperita agli atti dell'Amministrazione Provinciale.

2.4 DOCUMENTAZIONE REPERITA

La documentazione a disposizione per l'analisi dell'esistente è consistita in:

- Piante architettoniche.
- Verifica delle condizioni statiche ed antisismiche degli edifici scolastici provinciali procedimento comparativo (screening): I.S.S. "Sauro"a firma del dott. ing. G. Zucconi.
- Studio di fattibilità all'adeguamento alla normativa antisismica ell'istituto tecnico per geometri "I.S.S. "Sauro", datata 14 Luglio 2006 a firma del dott. ing. G. Zucconi.

3. VALUTAZIONE DI SICUREZZA DELL'ESISTENTE

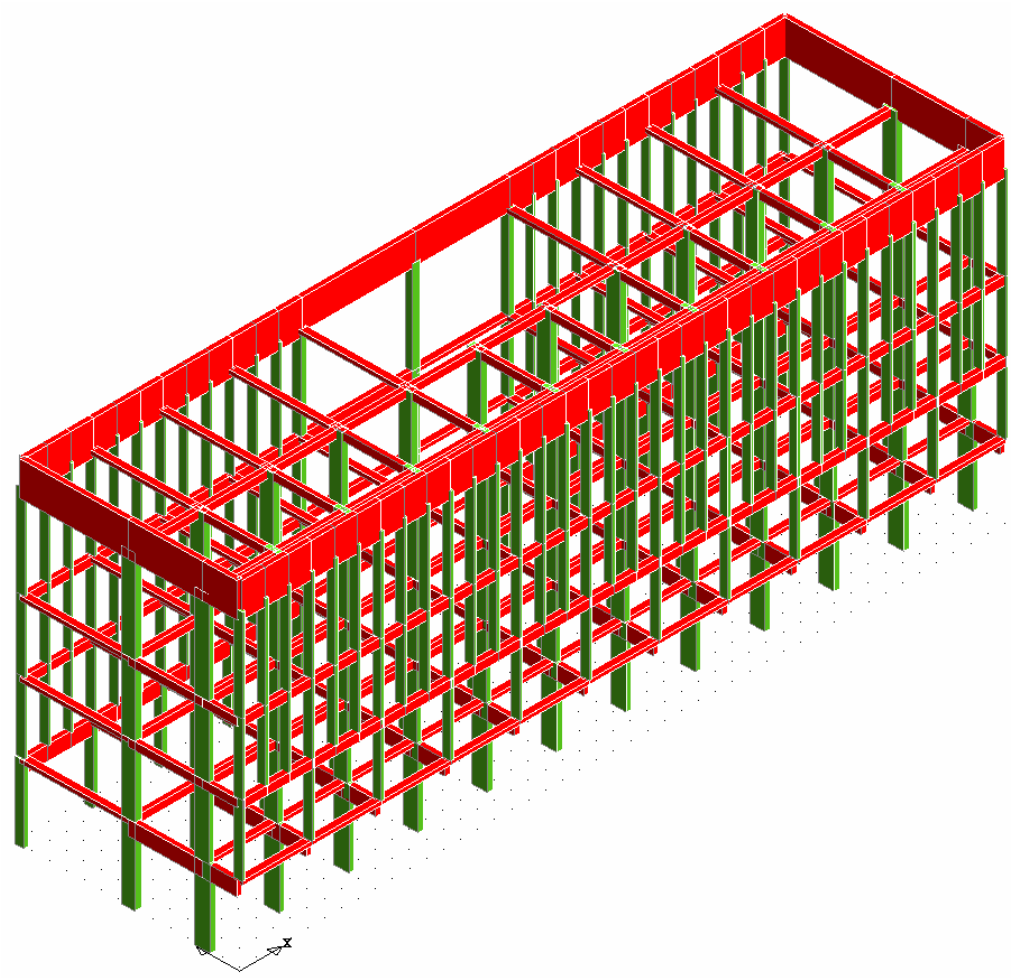
3.1 ANALISI DEI LIVELLI DI SICUREZZA ATTUALI

Dal punto di vista propriamente statico si può affermare che le strutture attuali sono in grado di sopportare i carichi di esercizio (solo carichi verticali); affermazione, questa, che trova riscontro nel mancato rinvenimento di evidenti lesioni strutturali.

In presenza di azioni orizzontali sismiche questa affermazione, invece, non può essere espressa.

Per determinare quindi le verifiche di sicurezza in fase sismica si sono preliminarmente modellate nella configurazione attuale le quattro strutture principali (corpo A , corpo B, corpo C e corpo D) costituenti il complesso scolastico.

3.1.1 CORPO A



In esso si sono evidenziate delle problematicità legate all'irregolarità nella distribuzione in altezza delle rigidezze della struttura limitata e scarse capacità dissipativa, anche se verificate, lungo le direzioni di entrata del sisma. Si riporta di seguito un grafico di capacità, caratteristico per l'analisi pushover eseguita, lungo la direzione X, sulla quale si nota la sostanziale ugualianza della domanda e della capacità di spostamento.

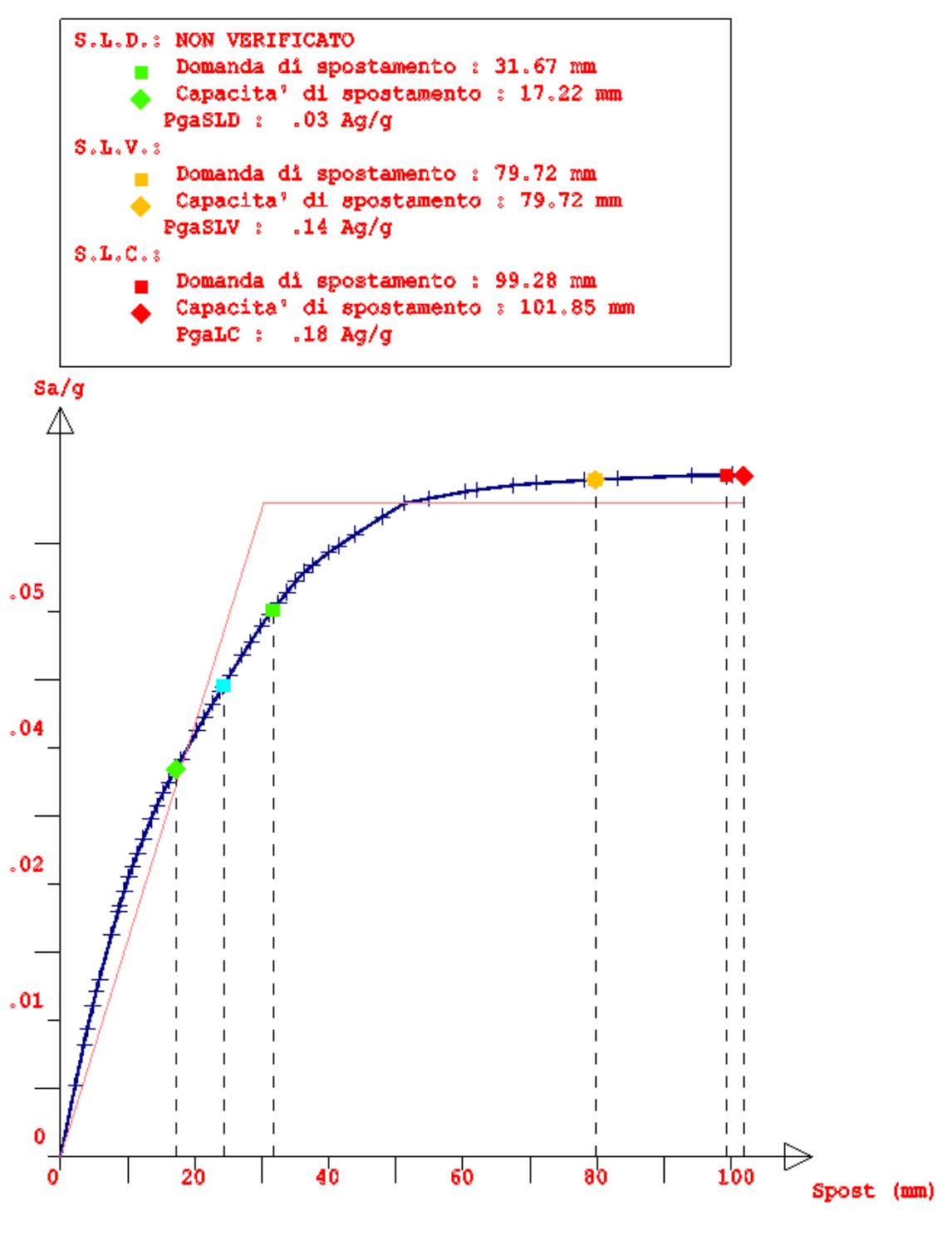
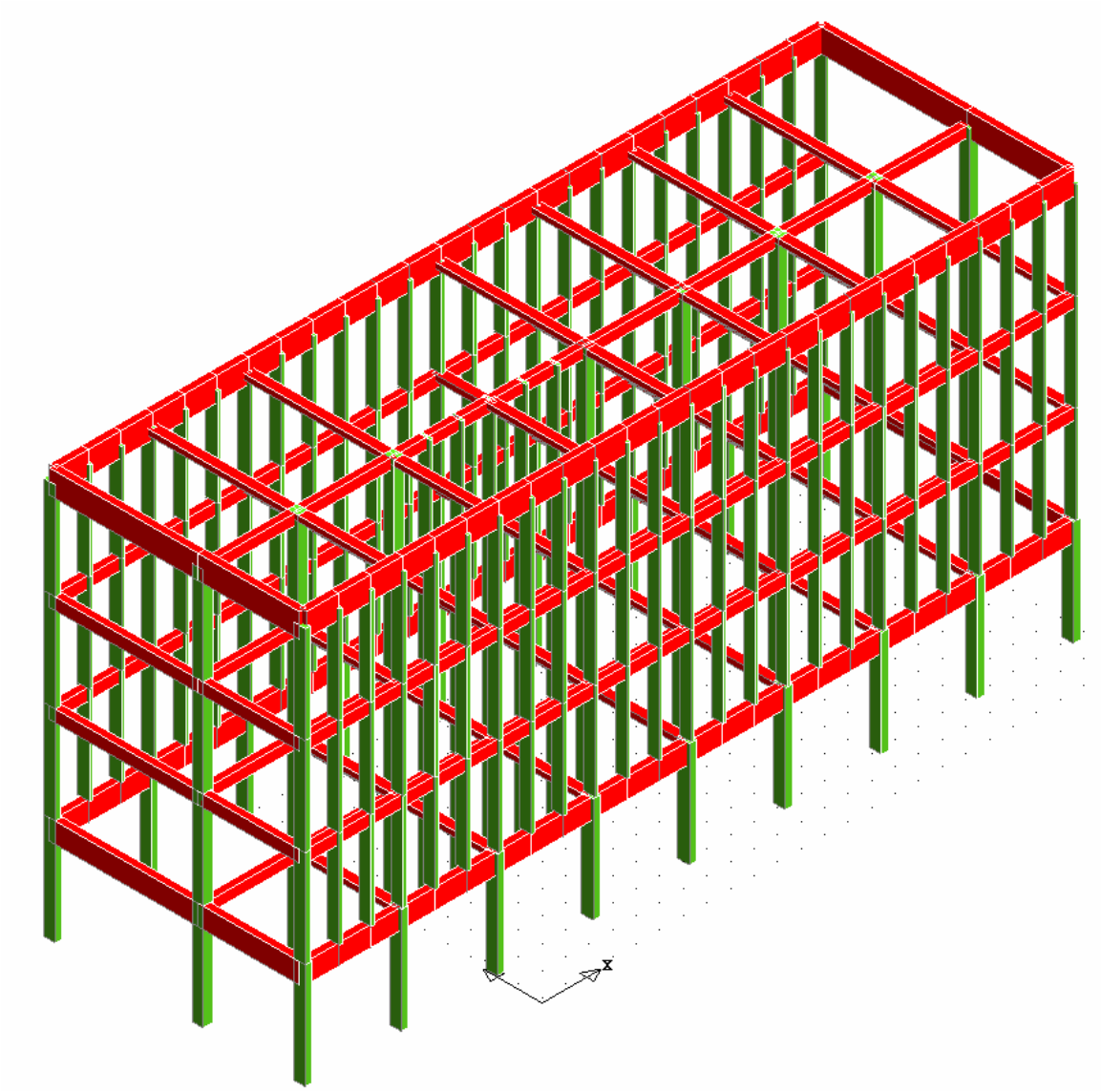


figura 1: Push 6 nella direzione X

Le carenze strutturali evidenziatesi sono maggiormente concentrate nei pilastri del piano terra del lato a contatto con l'I.S.S. "Capellini" poiché si presentano di sezione notevolmente inferiore agli altri pilastri dello stesso piano.

3.1.2 CORPO B



In esso si sono evidenziati problematiche legate a carenze di capacità dissipativa o rotazionale nei confronti delle azioni sismiche.

Nella fattispecie il modello dello stato attuale del corpo B ha palesato evidenti carenze strutturali in ambedue le direzioni di entrata del sisma (X e Y). Si riportano di seguito due grafici di capacità, caratteristici per le analisi pushover eseguite, una in direzione X ed una in direzione Y.

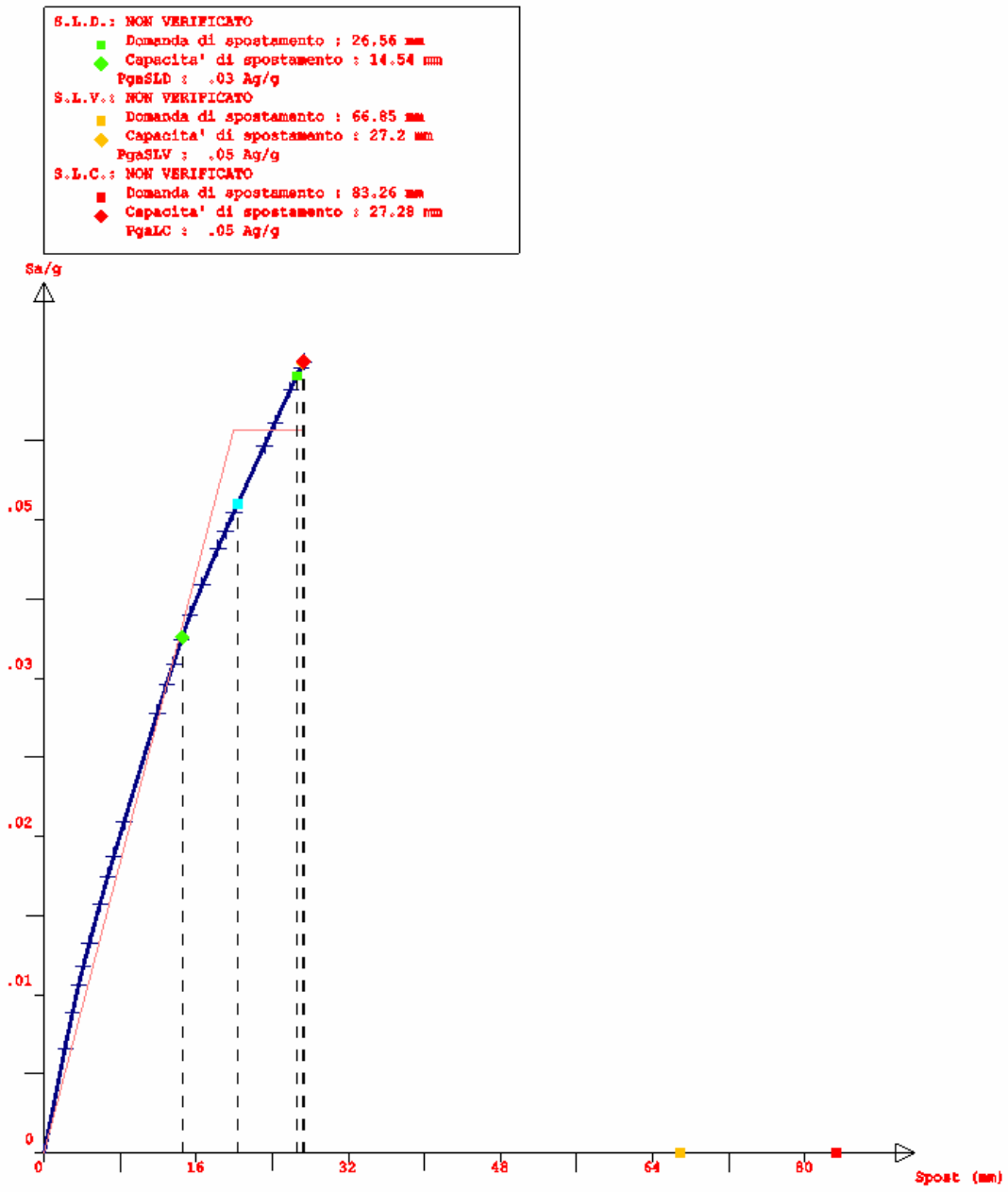


figura 2: Push 1 nella direzione X

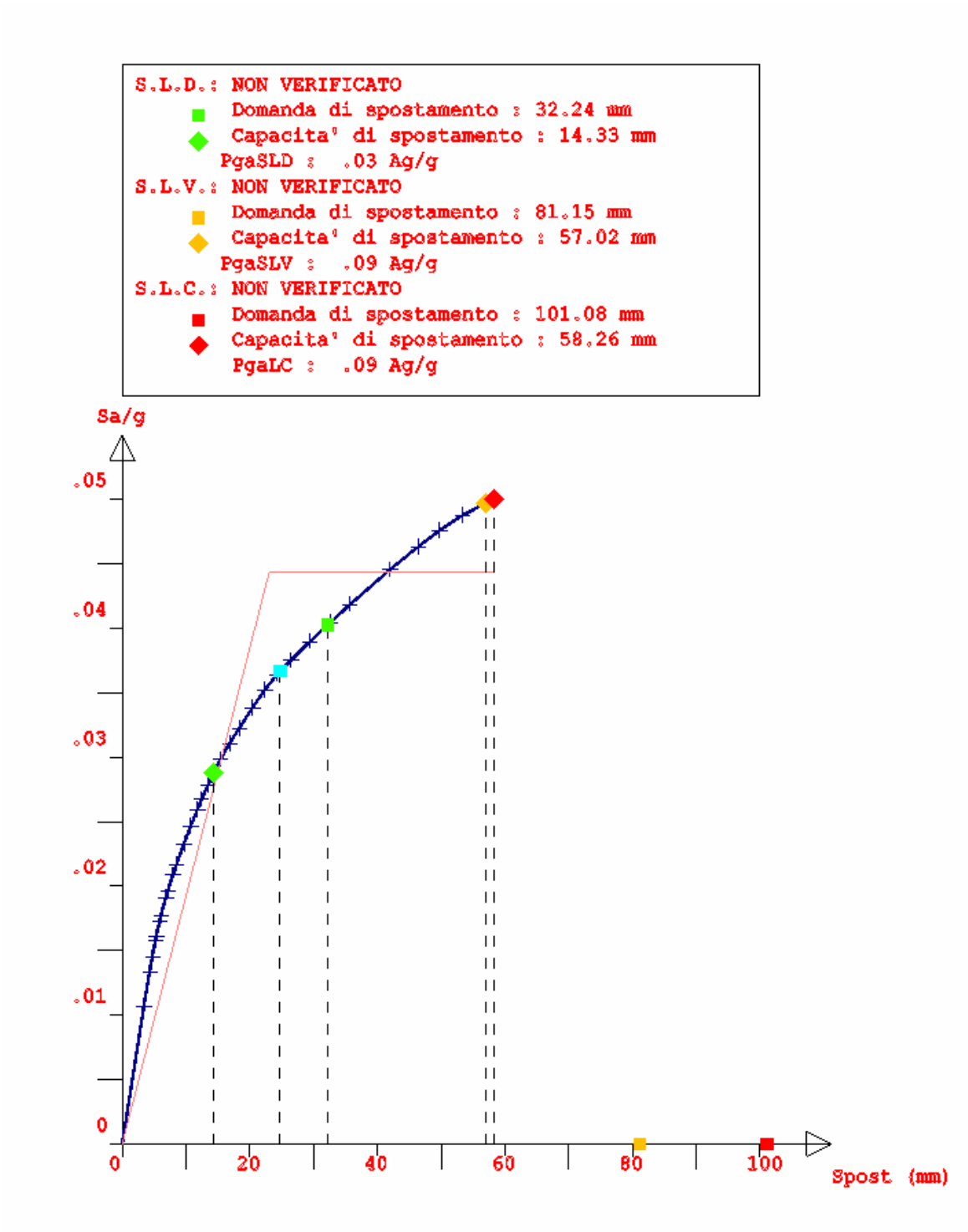
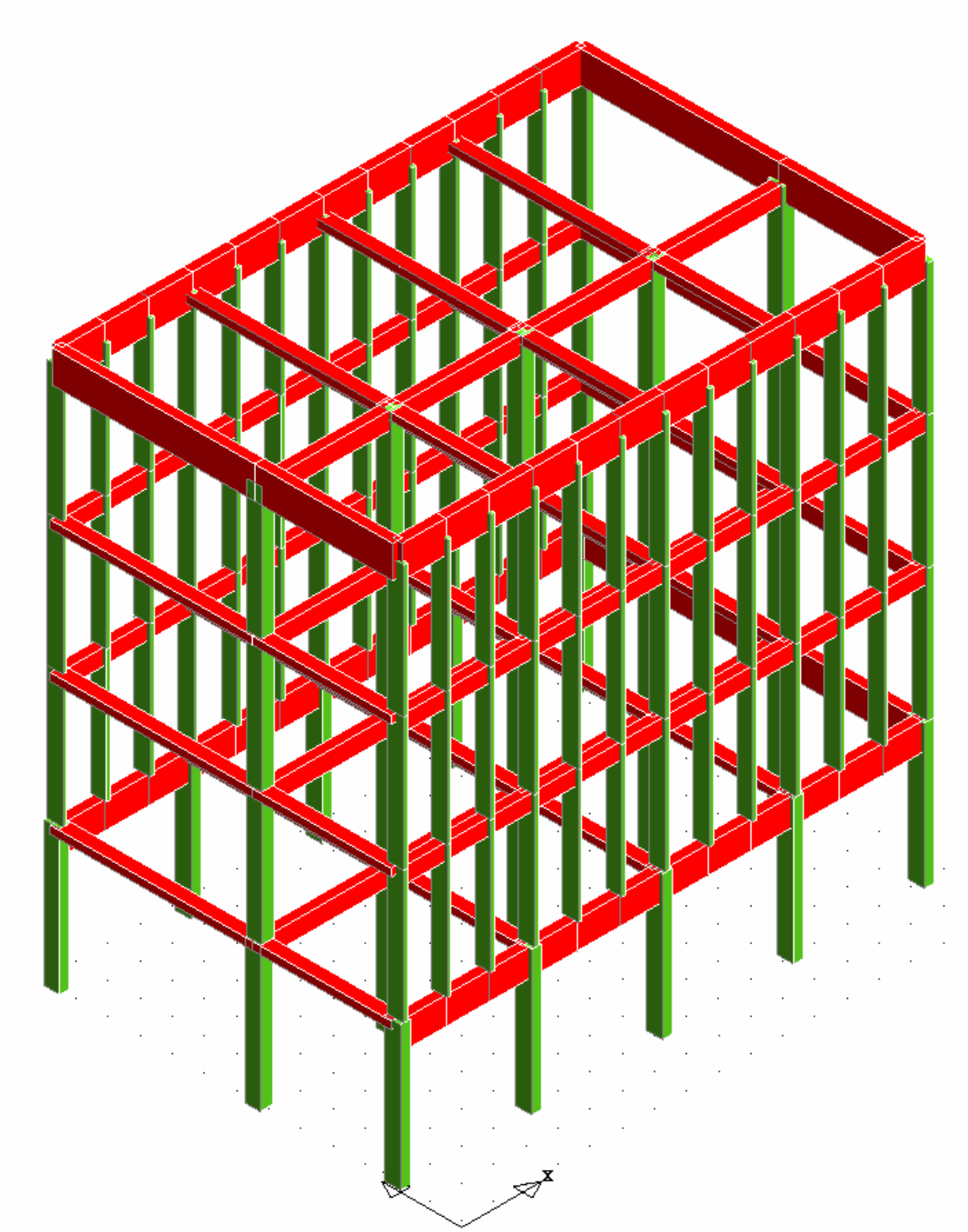


figura 3: Push 3 nella direzione Y

Le carenze strutturali evidenziatesi sono maggiormente concentrate nei pilastri del piano terra (piano debole) dove i medesimi si presentano in quantità ben inferiore rispetto ai piani superiori, anche se di maggior sezione.

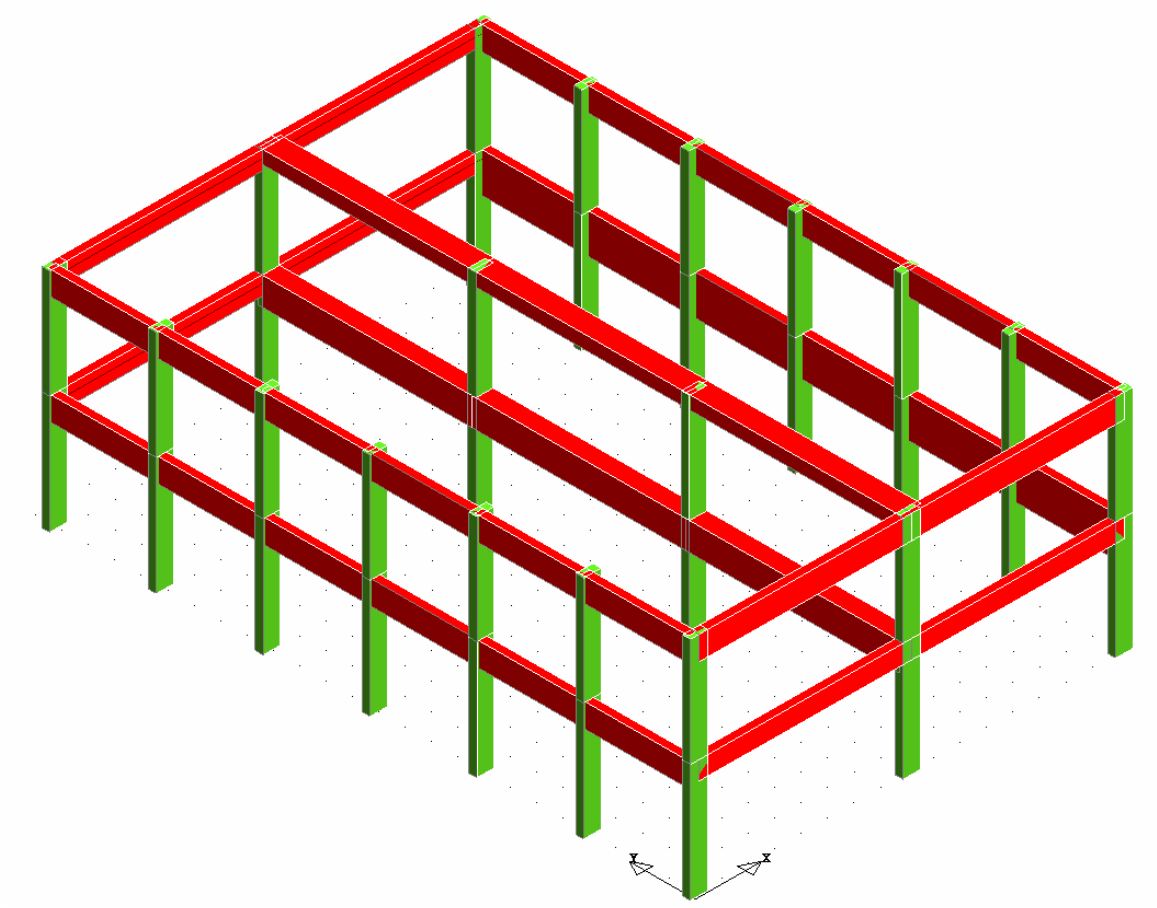
3.1.3 CORPO C



In questo blocco lo schema strutturale è sostanzialmente il medesimo del blocco B succitato; ma essendo la lunghezza in pianta pari a circa la metà del blocco B rispetto al medesimo non si sono evidenziati particolari problematiche legate a carenze di capacità dissipativa o rotazionale nei confronti delle azioni sismiche.

Il modello dello stato attuale del corpo C non ha palesato evidenti carenze strutturali lungo le due direzioni principali di entrata del sisma.

3.1.4 CORPO D_1



In esso si sono evidenziati problematiche legate a carenze di capacità dissipativa o rotazionale nei confronti delle azioni sismiche.

Nella fattispecie il modello dello stato attuale del corpo D_1 ha palesato evidenti carenze strutturali lungo la direzione di entrata del sisma Y. Si riportano di seguito un grafico di capacità, caratteristico per le analisi pushover eseguita, in direzione Y.

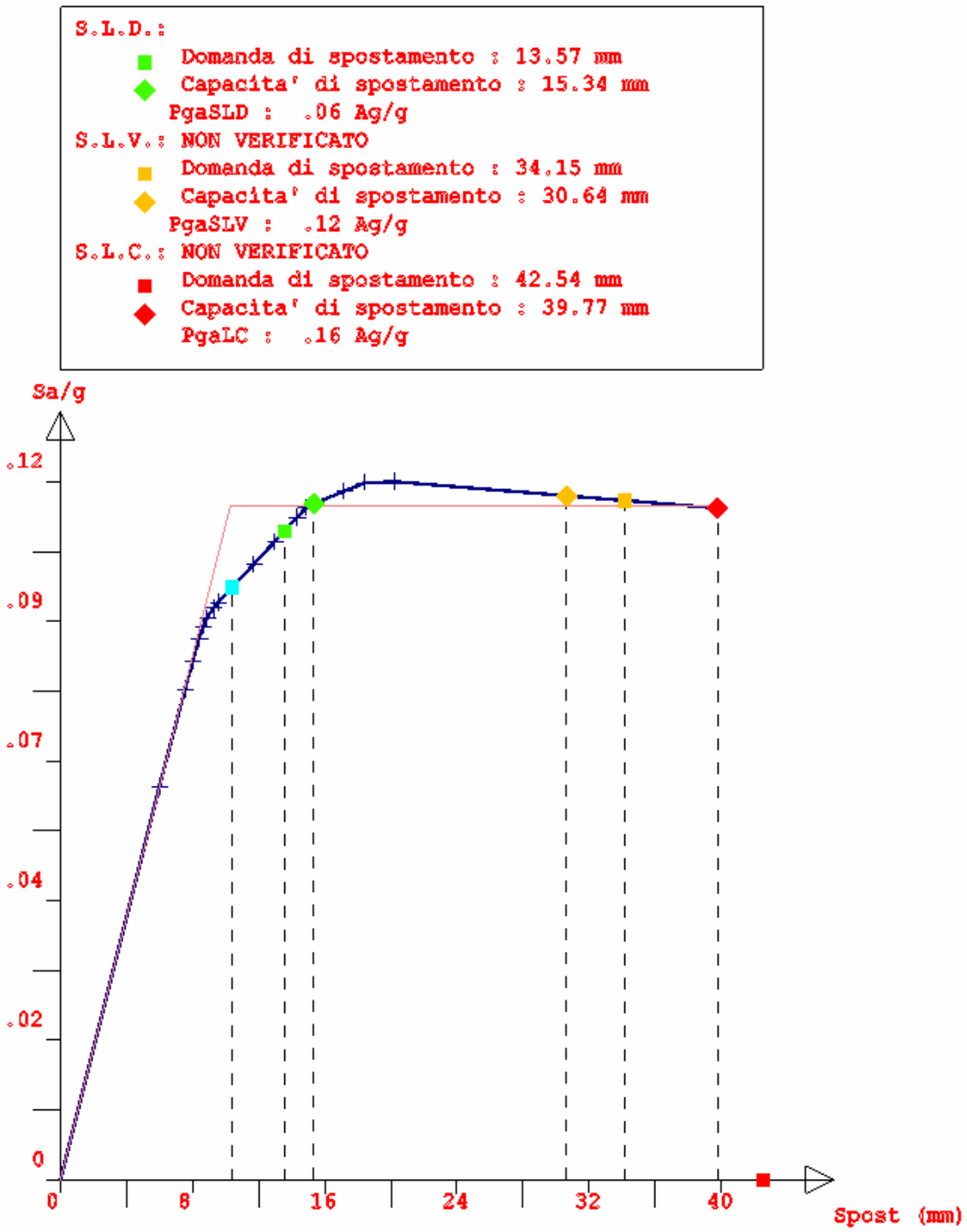


figura 4: Push 3 nella direzione Y

Tale comportamento è determinato dalla disposizione dei pilastri i quali, presentando l'asse “forte” parallelo alla direzione X della struttura, sono in grado di sopportare tagli alla base elevati ma con poca dissipazione nella direzione Y.

Alla luce delle sopra citate considerazioni si evince come, per adeguare l'intero complesso scolastico nei confronti dello stato limite della Salvaguardia della Vita, si renda necessario eseguire una serie di lavorazioni il cui intento, finalizzato all'ottenimento del summenzionato risultano prestazionale, è quello di adeguare le strutture esistenti.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

4.1 OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI

Le opere in progetto sono rivolte all'adeguamento, nei confronti dello stato limite della Salvaguardia della Vita, del complesso scolastico I.S.S. "N. Sauro", avente sede in Viale Italia a La Spezia.

Nella fattispecie sono stati seguiti i criteri di intervento proposti dal DM 14-01-08 individuati per le opere riconducibili, ancorché non rientranti in nessuna delle fattispecie previste dall'articolo 8.4.1. del summenzionato DM08, agli interventi di **ADEGUAMENTO STATICO**.

4.2 REALIZZAZIONE DEI GIUNTI

La prima operazione da eseguire nel cammino verso l'adeguamento della struttura nei confronti dei requisiti richiesti, sarà quella di realizzare "nuovi" giunti di discontinuità, di ampiezze adeguate alle previsioni normate. Essi dovranno consentire, alle strutture che si fronteggiano, di non subire mutui effetti di "martellamento" in caso di vibrazione in opposizione di fase. Per far ciò si è constatato che lo spostamento massimo attendibile complessivo sarà limitato in circa 6/7 cm per ciascun blocco contrapposto. Per rispettare i minimi normativi che prevedono un'ampiezza minima pari ad 1/100 dell'altezza del fabbricato i giunti dovranno essere di ampiezza pari ad almeno 20 cm.

Prima di tutto si dovrà realizzare il giunto tecnico in concomitanza dei lavori da eseguire sull'istituto adiacente "Capellini", di ampiezza pari ad almeno cm 20.

I giunti 1 e 2 avranno dimensioni di 30 cm per esigenze puramente costruttive.

Si dovrà realizzare ex novo solamente il giunto 3, per separare il blocco B dal blocco E.

Immagine 1 – numerazione dei giunti sismici

Per la creazione dei nuovi giunti, dovranno essere realizzati altrettanti telai strutturali, da connettere alle strutture esistenti, delle quali gli stessi saranno parte integrante.

I nuovi elementi verranno connessi sia in fondazione sia alle strutture in elevazione già esistenti (travi di bordo e pilastri o pilastrini) tramite una serie sufficientemente fitta di "inghisaggi".

Una volta realizzati i nuovi telai, verranno demoliti gli elementi trave/pilastro attualmente giuntati in modo insufficiente.

4.2.1 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO A

Gli interventi sul corpo A si andranno a realizzare così come sotto riportato; essi sono mirati a migliorare il comportamento dissipativo della struttura nelle due direzioni.

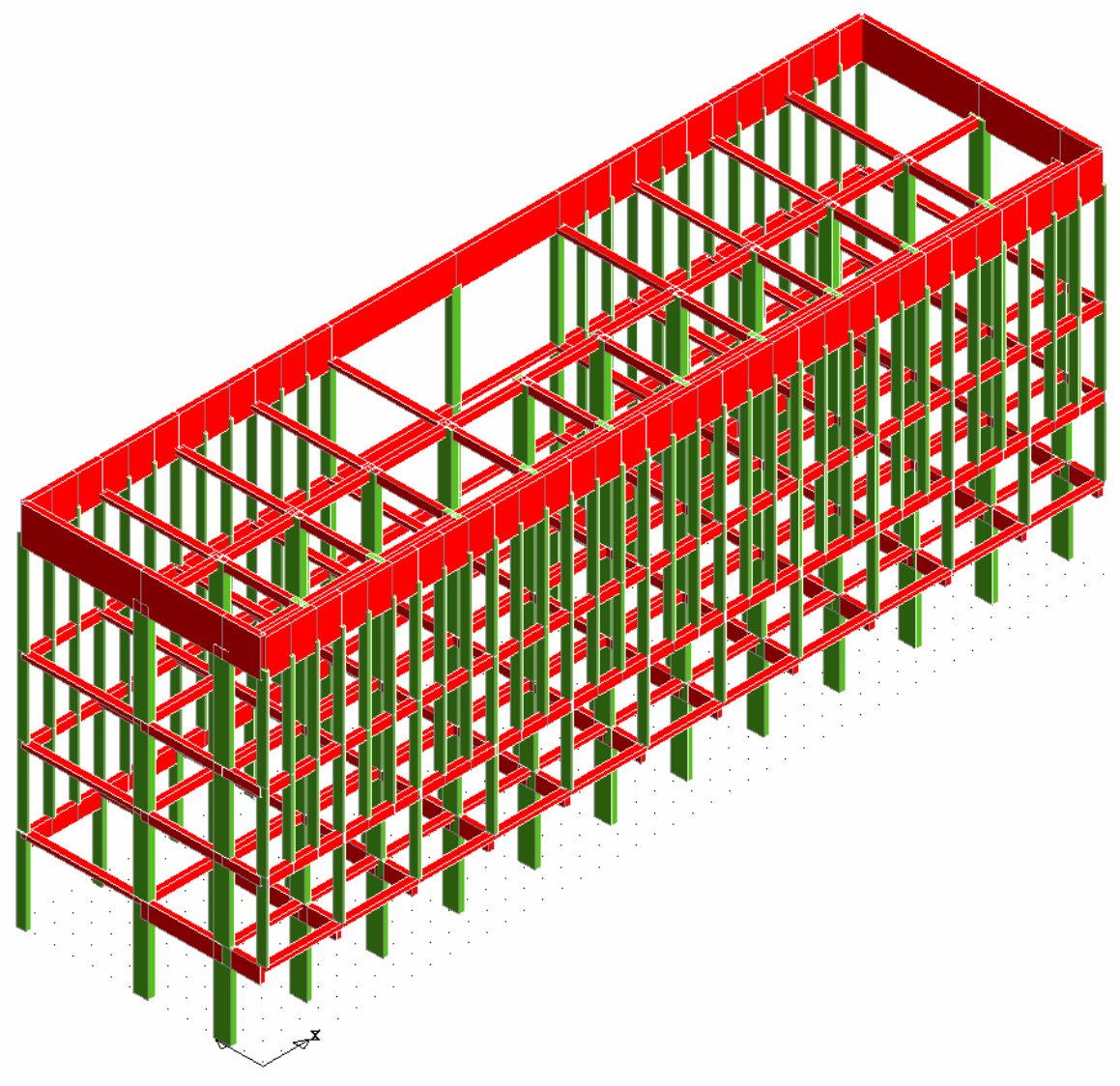


figura 1

Dopo aver realizzato il giunto sismico nel corpo A, quello di contatto coll'istituto "Capellini", si andranno a fasciare tutti i pilastri lato cortile interno con fibre rinforzate FRP.

Rispetto al modello eleborato per lo stato attuale l'analogo modello dello stato di progetto ha palesato un notevole aumento della capacità di spostamento unita alla medesima richiesta della domanda di spostamento.

Si riporta di seguito il grafico di capacità caratteristica (confrontabile con quello dello stato attuale) per le analisi pushover eseguite in direzione X.

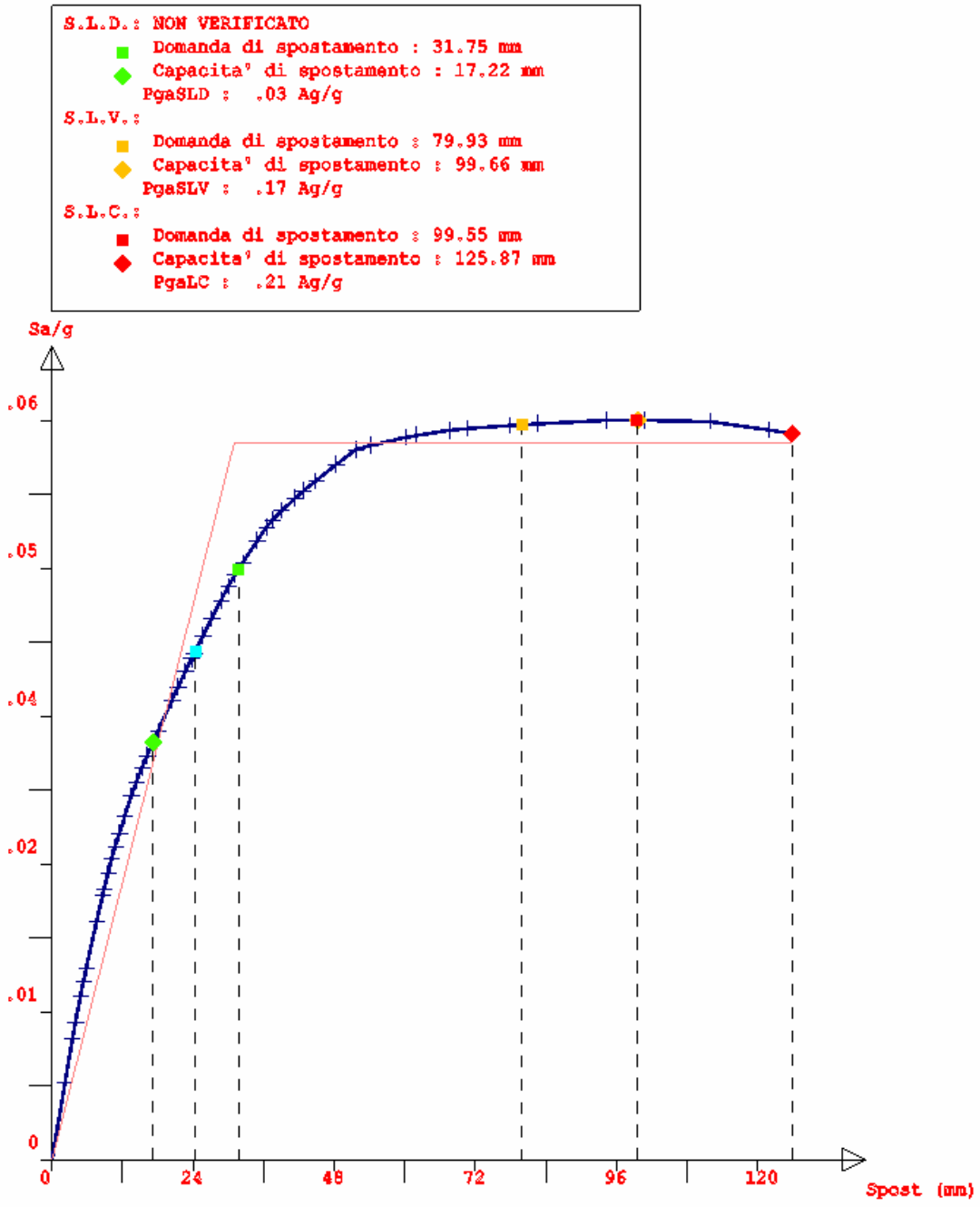


figura 2 – Push 6 nella direzione X

L'intervento previsto comporta solo l'adeguamento allo S.L.V. e non quello allo S.L.D. per il quale verranno svolti nel seguito opportune valutazioni anche economiche.

4.2.2 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO B

Gli interventi sul corpo B si andranno a realizzare così come sotto riportato; essi sono mirati a migliorare il comportamento dissipativo sia nella direzione trasversale Y sia nella direzione longitudinale X.

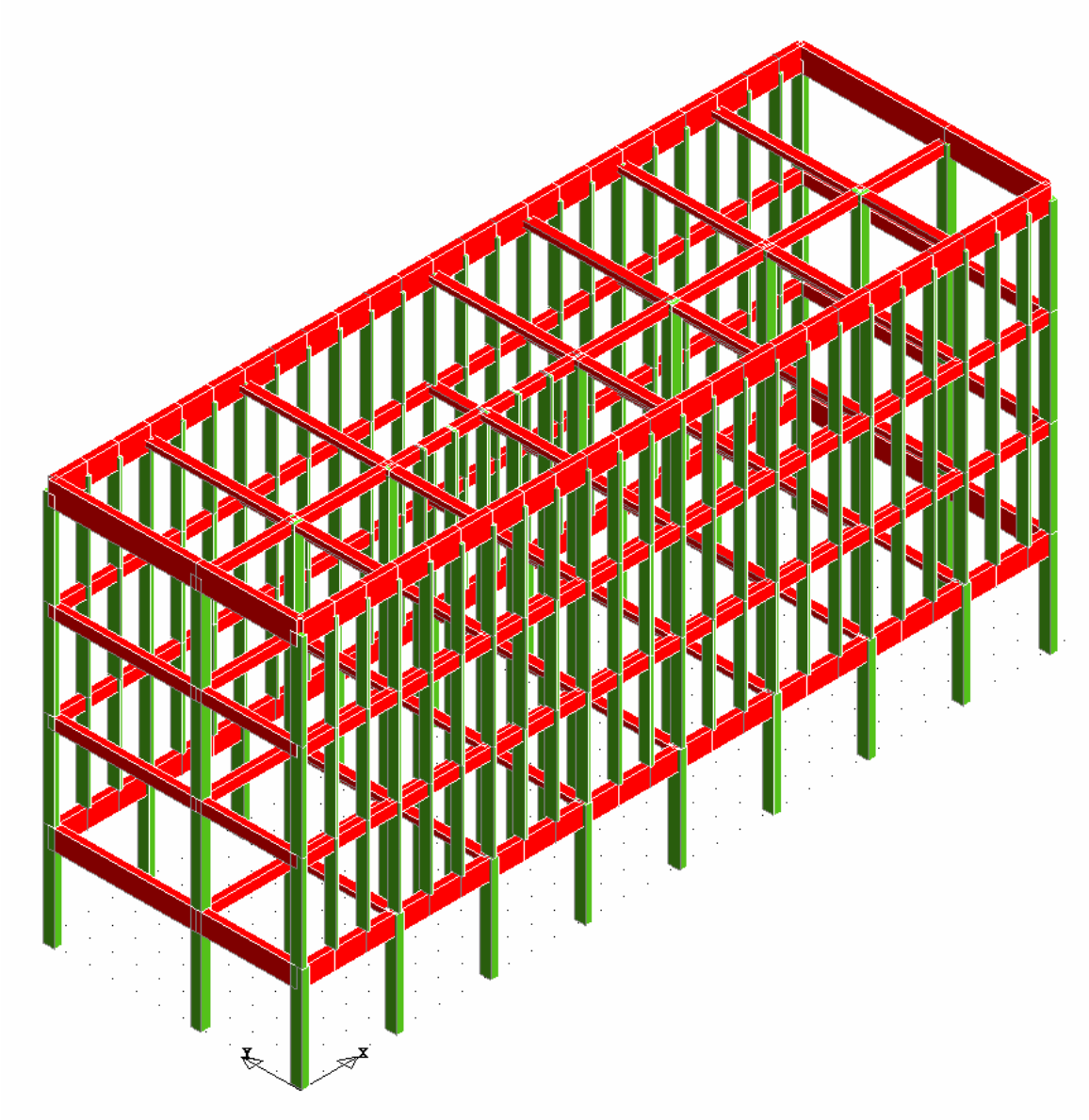


figura 3

Dopo aver adeguato il giunto sismico 1 e realizzato il giunto sismico 3, nel corpo B si andranno a fasciare tutti i pilastri del piano terra e la fila centrale dei pilastri del primo piano con fibre rinforzate FRP. Per l'adeguamento del giunto 1 si realizzerà un nuovo telaio in c.a. in modo tale da regolarizzare anche le travi di bordo della struttura.

Rispetto al modello eleborato per lo stato attuale l'analogo modello dello stato di progetto ha palesato un notevole aumento della capacità di spostamento unita alla medesima richiesta della domanda di spostamento.

Si riporta di seguito i grafici di capacità caratteristica (confrontabili con quelli dello stato attuale) per le analisi pushover eseguite in direzione X e Y.

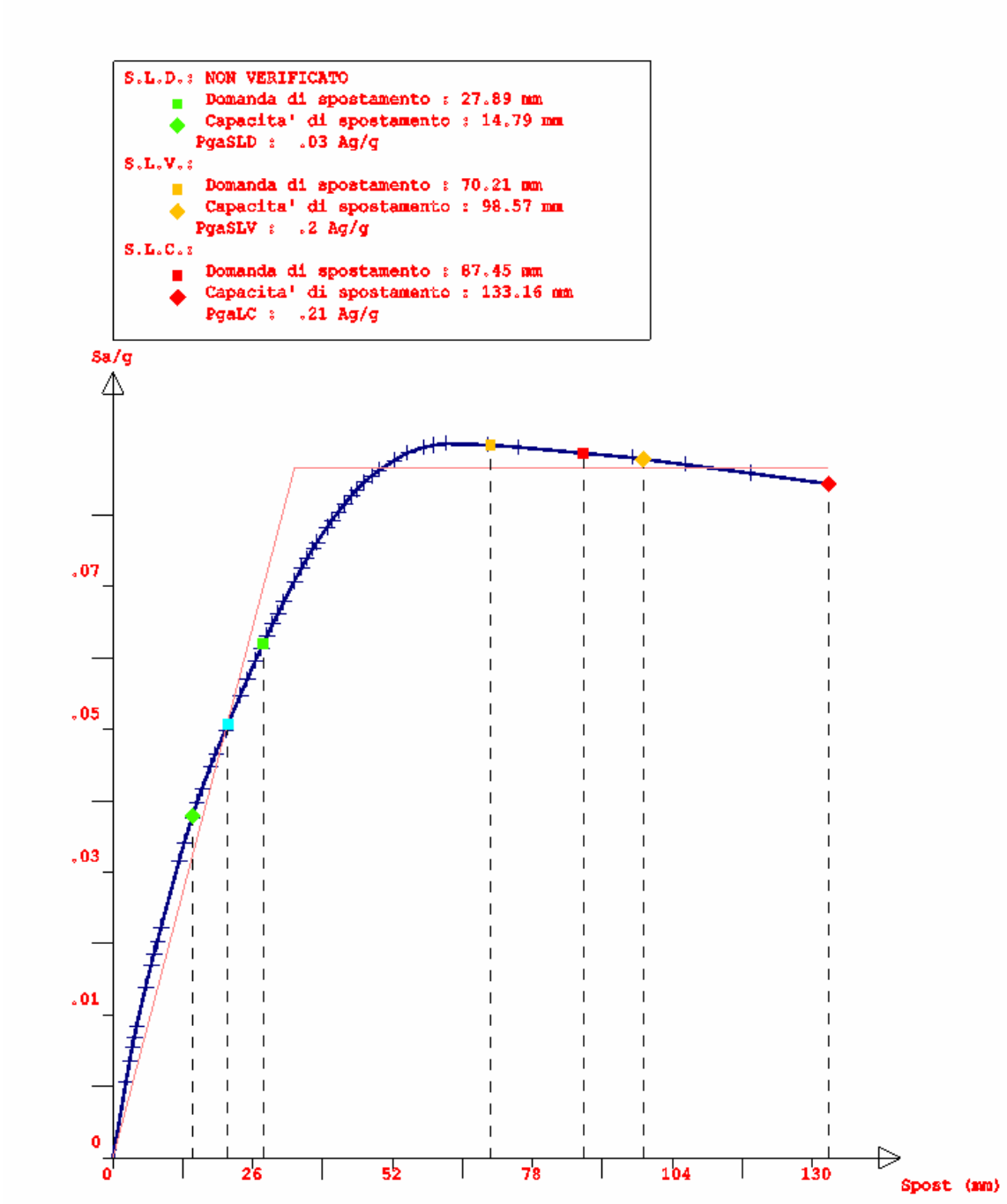


figura 4 – Push 1 nella direzione X

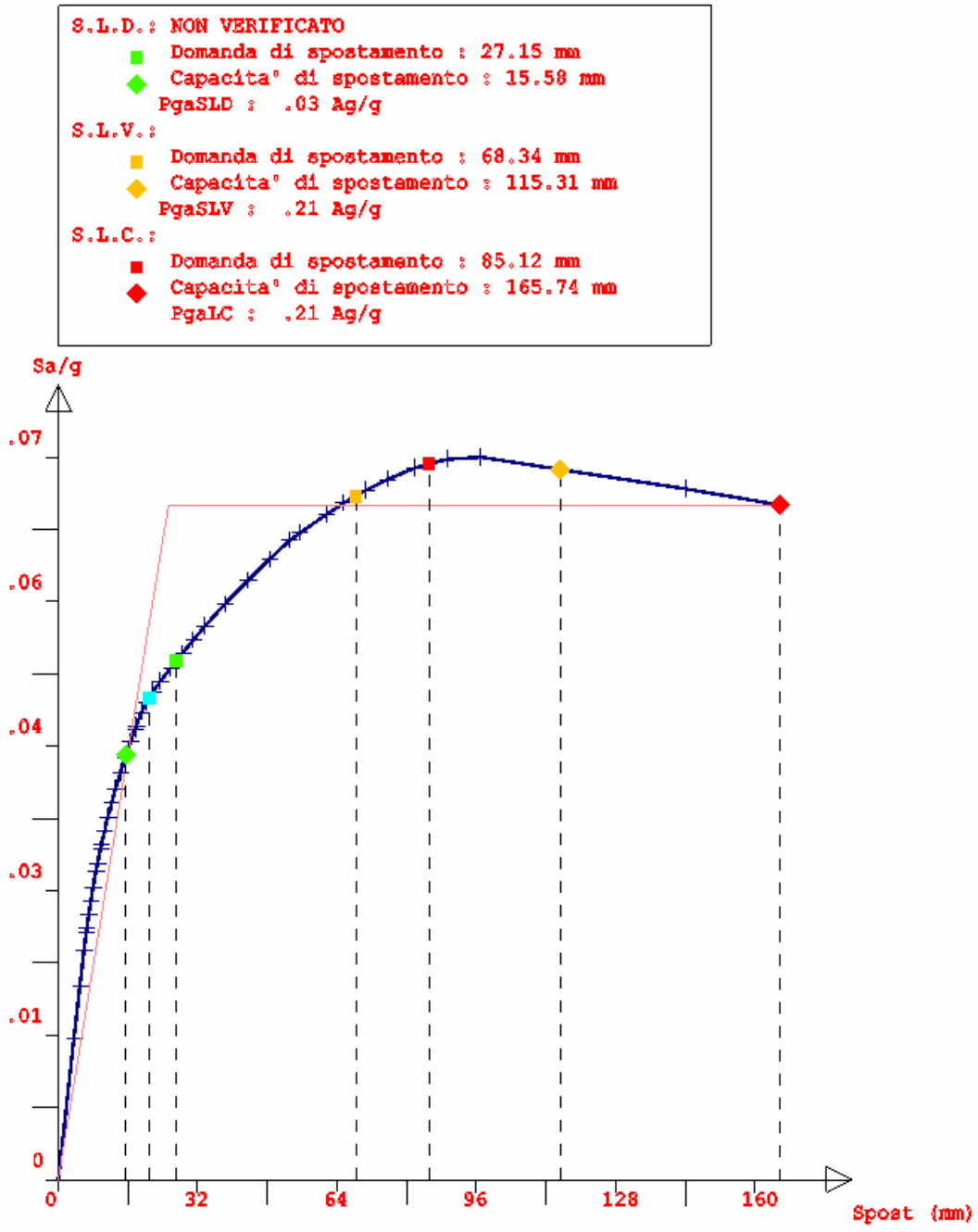


figura 5 – Push 3 nella direzione Y

L'intervento previsto comporta solo l'adeguamento allo S.L.V. e non quello allo S.L.D. per il quale verranno svolti nel seguito opportune valutazioni anche economiche.

4.2.3 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO C

Gli interventi sul corpo C si andranno a realizzare così come sotto riportato; essi sono mirati a migliorare il comportamento dissipativo sia nella direzione trasversale Y sia nella direzione longitudinale X.

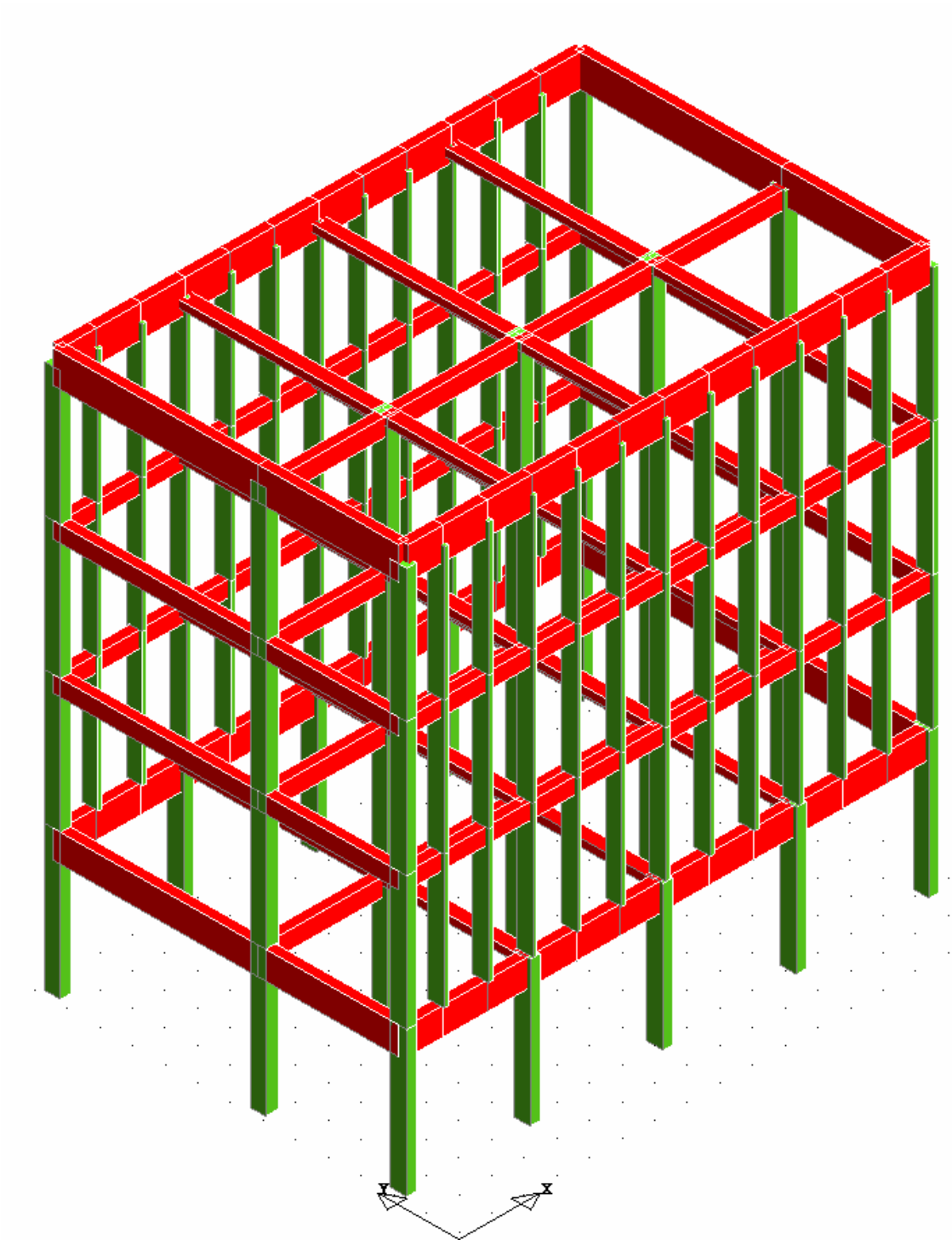


figura 6

Lo stato di progetto del corpo C prevederà l'adeguamento del giunto sismico 3, realizzando un nuovo telaio in c.a. in modo tale da regolarizzare anche le travi di bordo della struttura.

4.2.4 VERIFICHE ADEGUAMENTO DEL CORPO D_1

Gli interventi sul corpo D_1 si andranno a realizzare così come sotto riportato; essi sono mirati a migliorare il comportamento dissipativo sia nella direzione trasversale Y sia nella direzione longitudinale X.

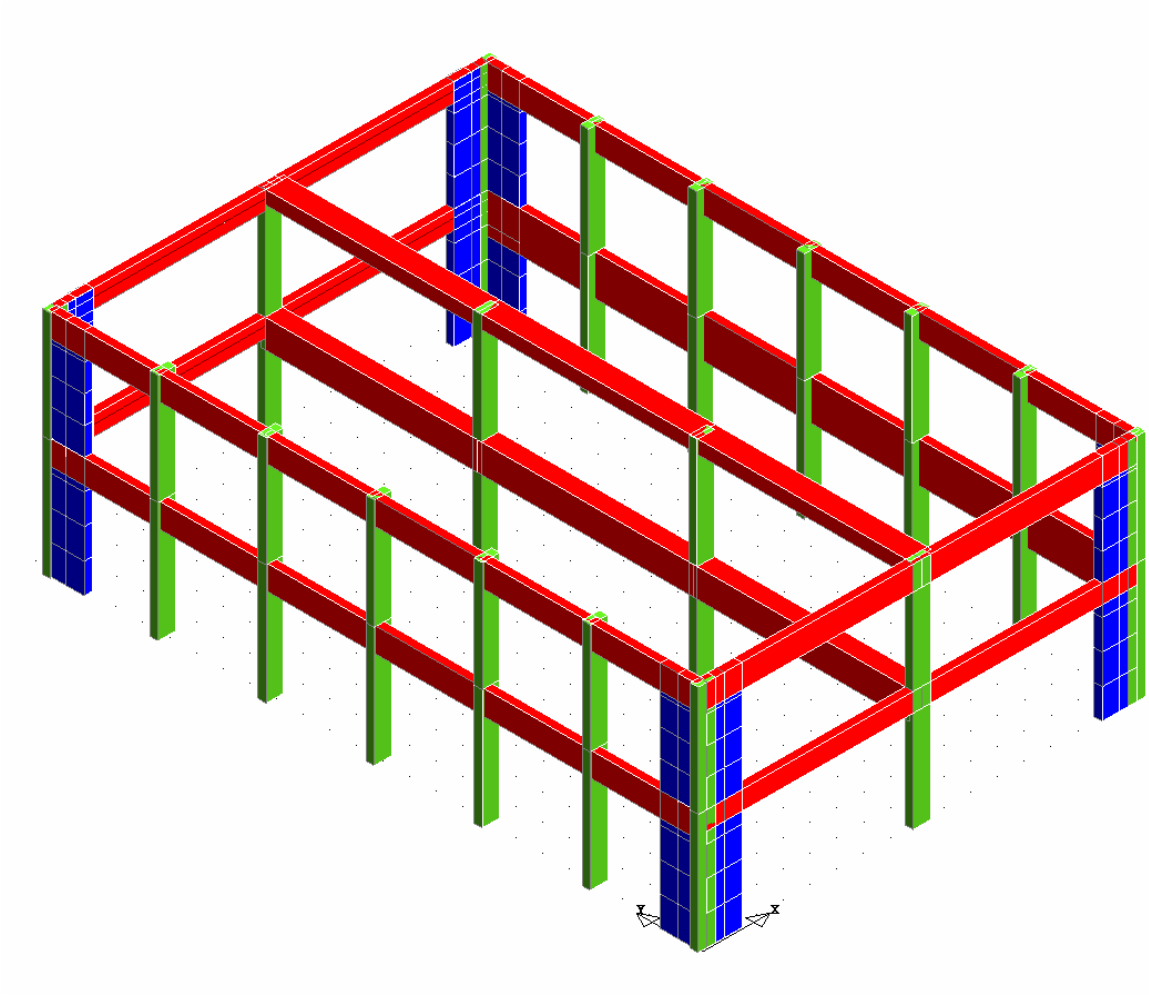


figura 7

Lo stato di progetto del corpo D_1 prevederà la realizzazione di nuovi setti d'angolo in c.a..

Rispetto al modello eleborato per lo stato attuale l'analogo modello dello stato di progetto di figura 7 ha palesato, in ambedue le direzioni di entrata del sisma (X e Y), una modesta riduzione della capacità di spostamento (dovuta

all'irrigidimento imputato con le modifiche) unita ad una notevole e significativa riduzione della domanda di spostamento.

Si riporta di seguito il grafico di capacità caratteristica (confrontabilei con quello dello stato attuale) per le analisi pushover eseguite, lungo la direzione Y.

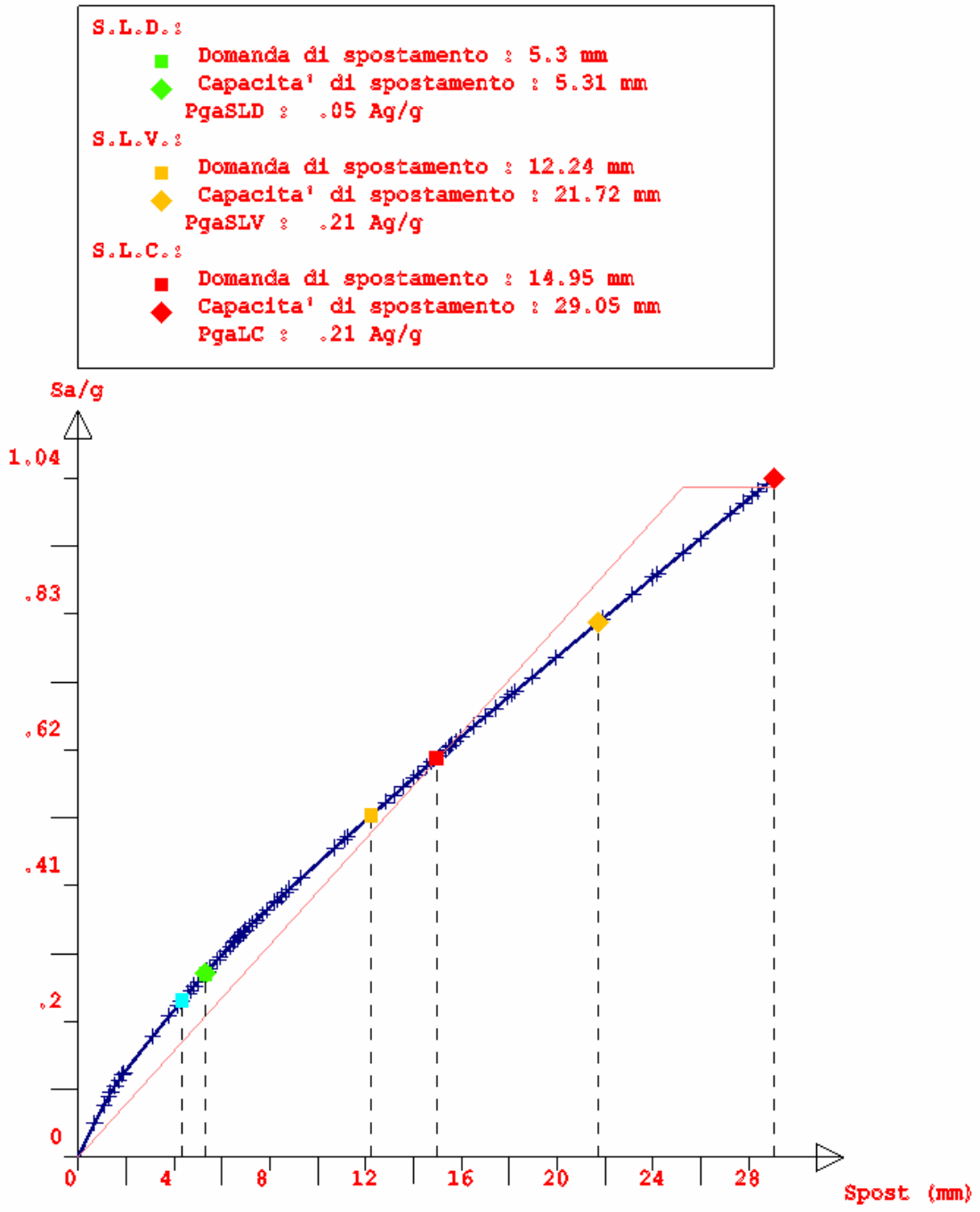


figura 8: Push 3 nella direzione Y

Con tale accorgimento oltre, ovviamente si è riusciti anche nell'intento di adeguare anche il corpo in oggetto allo stato limite di danno, eliminando la criticità strutturale attuale.

5. MATERIALI

5.1. MATERIALI IMPIEGATI NELLE NUOVE COSTRUZIONI

- Acciaio per getto di nuove strutture in cls: B450C
- Calcestruzzo per getto di nuove strutture in cls:
- Pilastri e travi in elevazione

Classe di esposizione	XC2/XC3
Rapporto acqua/cemento massimo :	0.65
Classe del calcestruzzo	C25/30
Contenuto minimo di cemento	260 Kg/mc
Copriferro strutturale minimo	30 mm.
Diametro massimo dell'inerte	30 mm
Consistenza del getto semifluida	S4/S5

- Fibre di carbonio

5.2. MATERIALI RILEVATI

Per determinare la caratteristica del calcestruzzo agli ultimi piani della scuola sono stati eseguiti 2 carotaggi al terzo piano (foto 1).

foto 1

I due provini di calcestruzzo sono stati sottoposti all'effettuazione di prova a rottura per schiacciamento. Dai dati di resistenze riportati sul certificato di prova n.10304/10 emesso in data 09/09/2010, dal laboratorio autorizzato GEOCONSULT, con sede a Sarzana (SP) in via Battifollo n. 44, risulta che la resistenza media caratteristica dei campioni è di 28,6 MPa, così come riportato nella copia del certificato di prova allegato.

A favore di sicurezza, sono stati adottati i valori di resistenza caratteristici di classe 25/30 per il calcestruzzo e di classe Fe32K per acciaio.

6. RIFERIMENTI NORMATIVI

A seguito dell'entrata in vigore del DM 14-01-2008 carichi, azioni, materiali, combinazioni, indagini geologiche/geotecniche e verifiche seguono le disposizioni del DM stesso.

- **Testo Unico (14 gennaio 2008).**

"Norme Tecniche per le Costruzioni"

- **Circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009**
- **CNR DT 200-2004 fibro rinforzanti**

7. CALCOLO DELLE STRUTTURE

La seguente relazione riporta i risultati dei calcoli statici relativi alle opere strutturali inerenti l'adeguamento strutturale allo stato limite di salvaguardia della Vita del plesso scolastico I.S.S. "N. Sauro" sito in Viale Italia nel Comune della Spezia.

Le verifiche condotte nel rispetto del DM 14/01/2008 e della relativa circolare applicativa, sono basate sulla risoluzione di diversi modello, tridimensionali, con il metodo dell'analisi statica non lineare con sisma incrementale denominata pushover.

7.1 SOFTWARE UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con STS rel. 2010/a aggiornato alle nuove norme tecniche.

7.1.1. Principali caratteristiche tecniche

La schematizzazione della struttura è da considerarsi di tipo spaziale, di conseguenza non esiste un suddivisione in "telai" o "piani"; gli elementi strutturali vengono inseriti non come connessioni fra i nodi, ma completamente definiti in

tutti i loro parametri strutturali come ad esempio la sezione, il tipo di materiale, il tipo di progettazione che dovrà essere effettuata con tutte le specifiche richieste dall'utente, le condizioni di vincolo interne ed esterne, ed in generale tutte quelle condizioni al contorno che, nel rispetto delle normative ed istruzioni vigenti, e nel rispetto della situazione geotecnica, dell'altimetria e più in generale del sito dove si inserisce la struttura, consentono di simulare il comportamento di ogni singolo elemento. Si perviene in tal modo ad uno stato di sollecitazione che viene calcolato mediante il metodo degli elementi finiti.

7.1.2. Test di validazione

Per quanto denunciato dai produttori, il solutore è stato qualificato attraverso una serie di confronti svolti con codici di calcolo FEM conosciuti a livello mondiale e ritenuti affidabili. La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm.

7.1.3. Progettazioni e verifiche

Sia il progetto che la verifica degli elementi strutturali, vengono completamente gestiti tramite appositi criteri di progetto e verifica totalmente configurabili dal progettista, e completamente differenziabili per tipologie, geometria o posizione.

7.1.4. Valutazione soggettiva dei risultati ottenuti utilizzando i sopraccitati software

Il sopraccitato software di calcolo è stato testato, oltre che da numerose applicazioni progettuali, anche mediante il diretto confronto con risoluzioni manuali, delle medesime strutture.

A tale scopo non sono state riscontrate divergenze nei risultati che definiscono lo stato complessivo di sollecitazione.

7.1.5. Modellazione della struttura.

L'edificio è stato schematizzato come struttura tridimensionale, composta da un insieme di telai, collegati tra loro dai diaframmi orizzontali dei solai. Questi ultimi, limitatamente ai solaio di piano, sono considerati infinitamente rigidi nel proprio piano (piano sismico). Tale asserto è possibile, in rispondenza al DM, in quanto il solaio presenza soletta con spessore superiore a 4 cm (spessore impiegato 5 cm).

Il modello tridimensionale adottato consente di valutare la contemporanea presenza sia di elementi monodimensionali, travi e pilastri, sia di elementi

bidimensionali, quali i setti. Questi ultimi elementi nella verifca pushover effettuata vengono considerati indefinitamente elastici.

Gli elementi travi e pilastri congiungono due nodi nello spazio. Le travi non sono considerate flessibili da nodo a nodo, ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla porzione di trave inglobata nello spessore del pilastro. Questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

Tutti gli elementi monodimensionali sono stati modellati con le armature desunte a priori da un progetto simulato in cui la struttura esaminata era soggetta ai soli carichi statici verticali.

Il carico della copertura a falda di ciascun corpo (A, B e C) è riportato nella modellazione come carico esplicito nelle travi di bordo.

In virtù di ciò è stato possibile eseguire una analisi statica non lineare nella quale gli elementi in oggetto vengono considerati non lineari, per non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche. Tale comportamento per le analisi non lineari statiche condotte su strutture sufficientemente regolari, come quelle alle quali sono state ricondotte quelle esistenti, determina risultanti compatibili con modelli più sofisticati basati su concetti di non linearità a fibre (Calvi-Pinho-Petrini).

Gli elementi bidimensionali verranno definiti mediante quattro nodi nello spazio. Essi presentano un comportamento a lastra per i carichi agenti nel proprio piano. Come detto questi elementi mantengono comportamento lineare.

Nei modelli impiegati per l'effettuazione delle verifiche pushover si è optato per non modellare l'impianto di fondazione (struttura incastrata alla base). Tale scelta consente di valutare gli spostamenti della struttura senza considerare quelli dovuti alla compressibilità del terreno di fondazione (Calvi-Pinho-Petrini).

8. ANALISI DEI CARICHI CONSIDERATI

L'analisi dei carichi viene eseguita definendo ogni singolo carico ipotizzato della struttura esistente.

8.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE PORTANTI

8.1.1 Elementi in calcestruzzo armato – corpo A, B, C, D_1

Per il calcestruzzo armato è stato adottato un peso specifico pari a: 2500 kg/m^3

8.1.2 Peso proprio solai tipo laterocemento – corpo A, B, C

Viene considerato il peso dei solai h=24/25 cm: 320 kg/m^2

8.1.3 Peso proprio solai tipo PREDALLE – corpo D_1

Viene considerato il peso dei solai h=30cm: 420 kg/m^2

8.2 PESI PROPRI PERMANENTI

8.2.1 Peso di ripartizione tramezze – corpo A, B, C, D_1

Viene considerato il peso pari a: 120 kg/m^2

8.2.2 Peso pavimento + massetto – corpo A, B, C, D_1

Viene considerato il peso pari a: 105 kg/m^2

8.2.3 Peso controsoffitto – corpo A, B, C

Viene considerato il peso pari a: 15 kg/m^2

8.2.4 Peso impermeabilizzazione copertura – corpo D_1

Viene considerato il peso pari a: 15 kg/m^2

8.2.5 Peso permanente copertura – corpo A, B, C

Viene considerato il peso pari a: 24000 kg/m

8.2.6 Peso parapetto + finestre – corpo A, B, C, D_1

Viene considerato il peso pari a: 300 kg/m

8.2.7 Peso tamponature – corpo A, B, C, D_1

Viene considerato il peso pari a: 900 kg/m

8.3 PESI ACCIDENTALI

8.3.1 Solai aule – corpo A, B, C, D_1

Viene considerato un peso accidentale pari a: 300 kg/m²

8.3.2 Sottotetto– corpo A, B, C

Viene considerato un peso accidentale pari a: 50 kg/m²

8.3.3 Copertura– corpo D_1

Viene considerato un peso accidentale pari a: 200 kg/m²

8.3.4 Carico neve - corpo A, B, C, D_1

Viene considerato un peso accidentale pari a: 100 kg/m²

8.4 AZIONE SISMICA

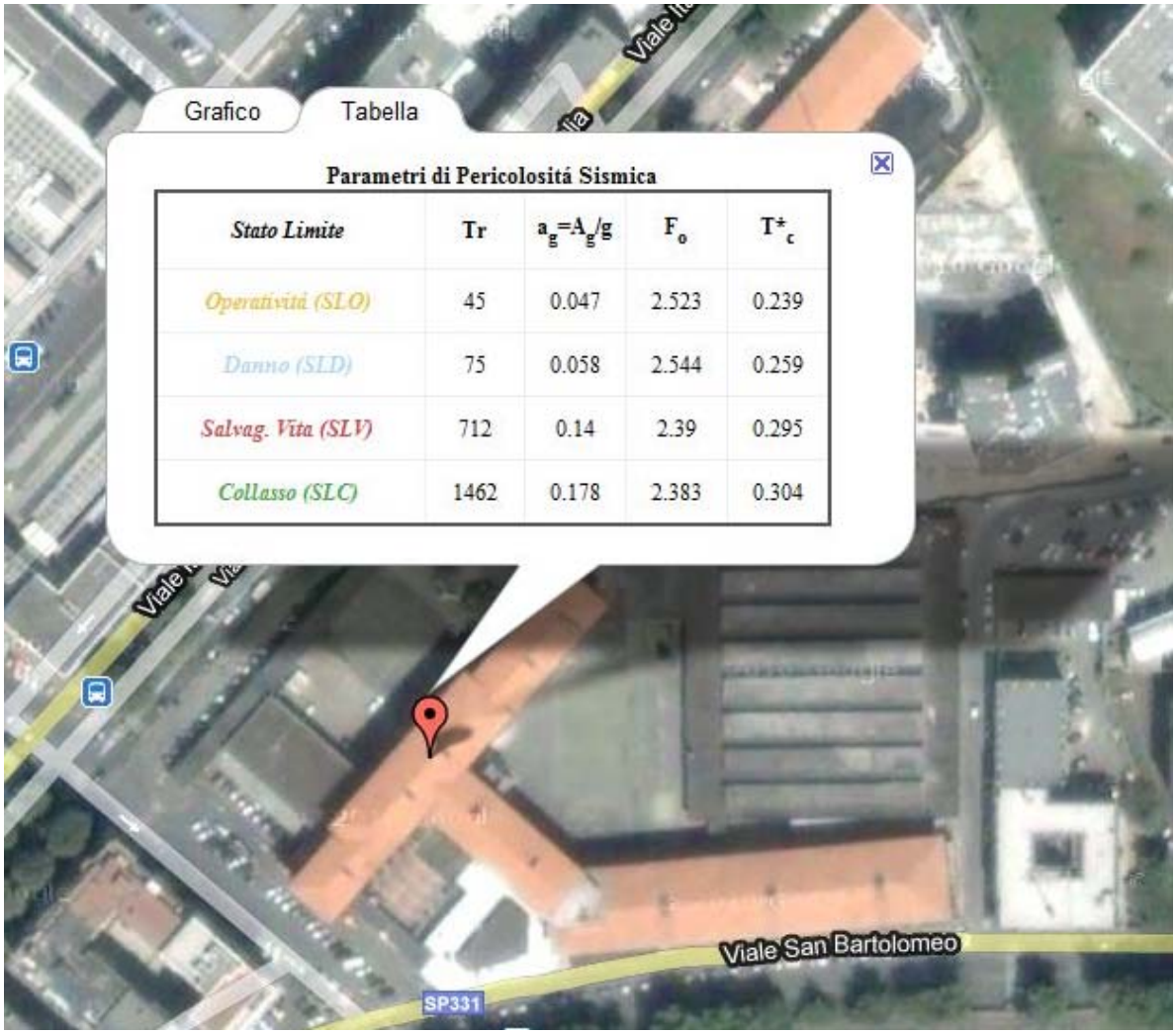
L'azione sismica è calcolata seguendo le indicazioni del DM 14.01.2008 .

Sono state eseguite, una per ogni blocco determinato dalla suddivisione della struttura originaria, tre analisi **sismica STATICA NON LINEARE**.

Come già accennato nel paragrafo relativo alla modellazione, il dimensionamento degli elementi di nuova realizzazione è stato effettuato mediante analisi dinamiche lineare dei singoli modelli; nella fattispecie sono stati analizzati 12 modi di vibrare, per ciascun modello appunto, in modo da eccitare, in ogni caso, una percentuale di massa superiore al 85% del totale. Le sollecitazioni sono state combinate secondo il metodo CQC.

Sono stati assunti i seguenti fattori:

- Coordinate del sito: **9.836556 E** ; **44.11172 N**
- Classe d'uso **III**
- Vita nominale **50**
- Regolarità in pianta: **a seconda del corpo considerato**
- Regolarità in altezza **a seconda del corpo considerato**
- Categoria di sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T1**
- Livello di conoscenza **LC1**
- Fattore di confidenza **FC=1,35**
- Parametri della pericolosità Sismica:



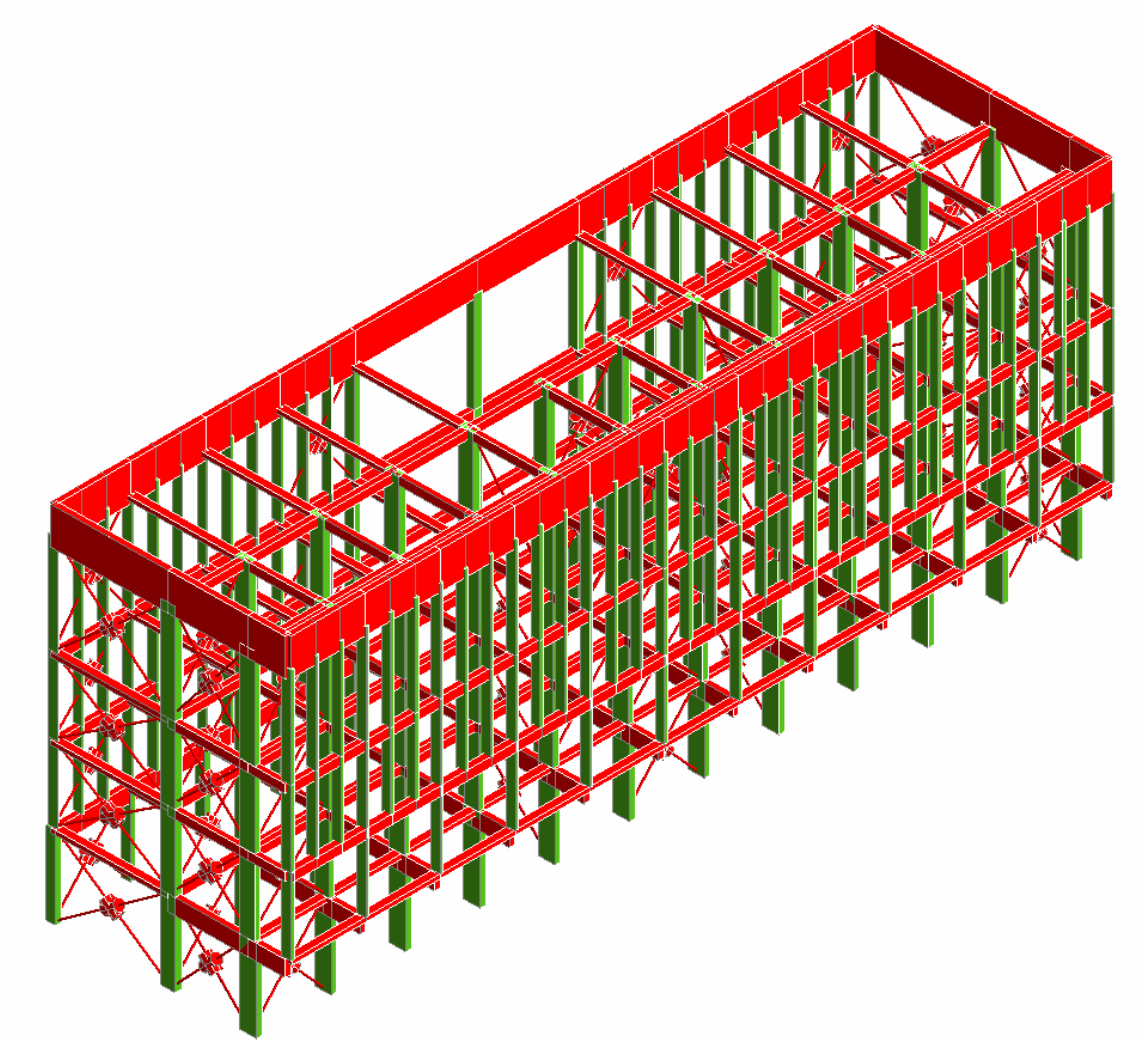
Parametri di Pericolosità Sismica

Stato Limite	Tr	$a_g=A_g/g$	F_o	T^*_c
Operatività (SLO)	45	0.047	2.523	0.239
Danno (SLD)	75	0.058	2.544	0.259
Salvag. Vita (SLV)	712	0.14	2.39	0.295
Collasso (SLC)	1462	0.178	2.383	0.304

9. CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI SLD

Dalle verifiche condotte, si è determinato che per ottenere il superamento degli Stati Limite di Danno si può prevedere il posizionamento di dissipatori simici, di tipo isteretico, in ogni piano di ciascun corpo esaminato secondo gli schemi di seguito indicati.

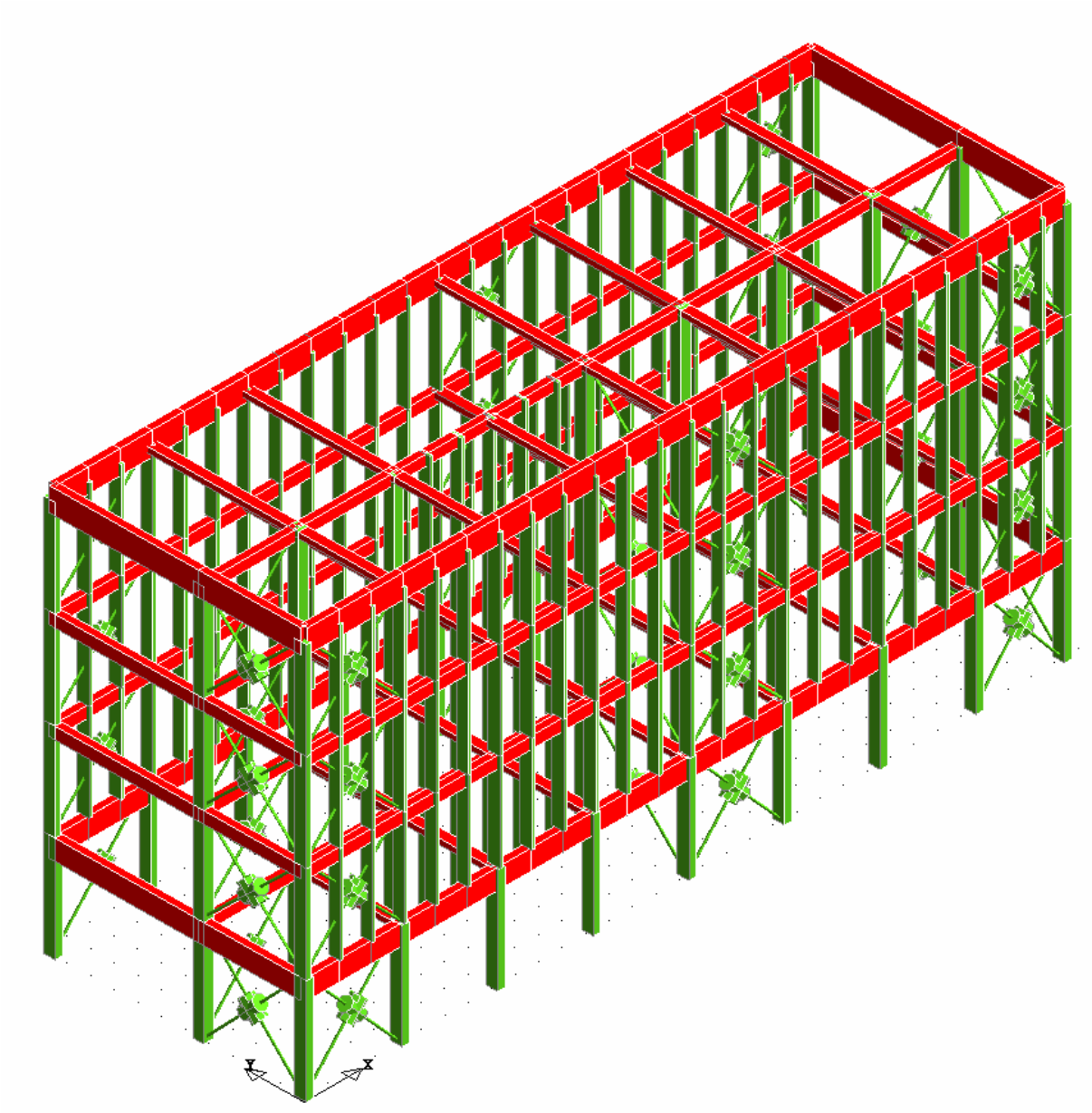
CORPO A



- almeno 16 dissipatori doppi per ciascun piano;

Il costo previsto per il superamento dello S.L.D. ammonta a euro 512.000,00 (cinquecentododicimila,00) I.V.A. esclusa.

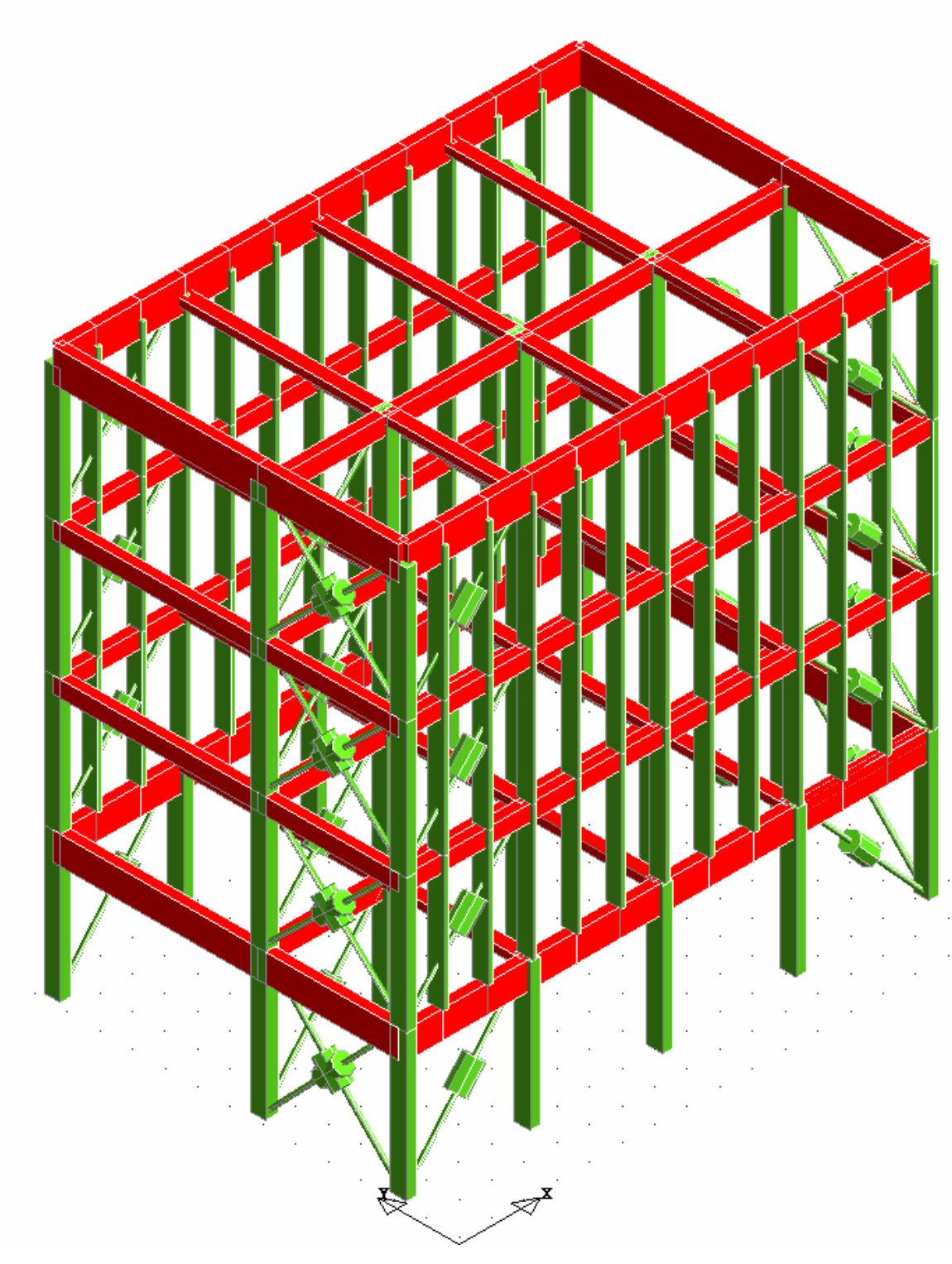
CORPO B



- almeno 11 dissipatori doppi per ciascun piano;

Il costo previsto per il superamento dello S.L.D. ammonta a euro 352.000,00 (trecentocinquantaduemila,oo) I.V.A. esclusa.

CORPO C



- almeno 2 dissipatori doppi per ciascun piano;
- almeno 6 dissipatori semplici per ciascun piano;

Il costo previsto per il superamento dello S.L.D. ammonta a euro 208.000,00 (duecentoottomila,00) I.V.A. esclusa.

Pertanto il costo complessivo per ottenere l'adeguamento strutturale relativo allo S.L.D. previsto ammonta alla cifra di circa euro 1.072.000,00 (unmilionesettantaduemila,00) oltre oneri per l'attuazione dei Piani per la Sicurezza e l'I.V.A. di legge.

La Spezia, lì Settembre 2010

Il capogruppo dell'R.T.P.