RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, RELAZIONI SUI MATERIALI, PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E TABULATI DI CALCOLO.

COMUNE DI LA SPEZIA

PROVINCIA DI LA SPEZIA

OGGETTO: Progetto definitivo-esecutivo di miglioramento sismico dell'edificio scolastico provinciale denominato EINAUDI sito in La Spezia

COMMITTENTE: Provincia della Spezia – Area 06 – Edilizia - Patrimonio Via V. Veneto - La Spezia

A.T.P.
PROGETTAZIONE
B & P INGEGNERI CIVILI
Studio Tecnico Associato
Via Passo della Volpe, 110 – 54031 Avenza Carrara (MS)
tel. e fax 0585/857458
cell. 338/7517774

DOTT. ARCH. STEFANIA ALFARONE

INDICE GENERALE

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE 1

1 Introduzione 2

2 Normativa di Riferimento 4

2.1 Referenze tecniche (Cap. 12 D.M. 17.01.2018) 4

3 ANALISI STORICO-CRITICA 5

4 Rilievo 6

5 Caratterizzazione dei Materiali 7

6 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza 8

6.1.1 Muratura in Mattoni Pieni 8

6.1.2 Muratura in Pietra a spacco con buona tessitura 8

6.1.3 Muratura in Pietra a Spacco rinforzata con intonaco armato 9

7 Tipo di analisi svolta 10

7.1 Tipo di analisi condotta e sua motivazione 10

7.2 Geometria del modello 10

7.3 Combinazioni di carico adottate 10

7.3.1 Combinazioni di Calcolo 11

7.3.2 Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico 12

7.4 Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo 12

7.4.1 Affidabilità dei codici utilizzati 12

7.4.2 Validazione dei codici 12

7.4.3 Informazioni sull' elaborazione 12

7.4.4 Giudizio motivato di accettabilità 12

8 Valutazione della sicurezza e prestazioni della struttura 14

8.1 Misura della Sicurezza 14

8.2 Periodo di riferimento ed Ubicazione dell'intervento 14

8.3 Vita nominale 15

8.4 Classe d'uso 15

8.5 Periodo di riferimento 15

8.6 Categoria del Terreno e Topografica 15

8.7 Definizione dei parametri di progetto 15

8.8 Modelli di Calcolo 15

8.9 Ipotesi di calcolo adottate 16

8.10 Azioni sulla Costruzione 16

8.10.1 Azioni ambientali e naturali 16

8.10.2 Destinazione d'uso e sovraccarichi per le azioni antropiche 17

8.10.3 Analisi dei carichi 17

8.10.4 Azioni Antropiche, Ambientali e Naturali 17

8.11 Azione Sismica 19

8.12 Valutazione della sicurezza e prestazioni della struttura 19

8.13 Verifica Elementi secondari (Solai in legno del secondo e terzo impalcato) 20

9 Prestazioni Attese al COLLAUDO 23

RELAZIONE SUI MATERIALI 24

1 Caratteristiche del calcestruzzo 25

1.1 Calcestruzzo leggero per il rinforzo dei solai 25
1.1.1 Caratteristiche tecniche 25
2 Intonaco armato 26
2.1 Intonaco premiscelato di calce idraulica naturale (M15) 26
2.1.1 MODALITÀ DI APPLICAZIONE 26
2.2 Acciaio per uso strutturale 26
2.2.1 Denominazione. 26
2.2.2 Resistenza meccanica. 27
2.2.3 Resistenza di calcolo. 27
2.2.4 Duttilità. 28
3 Caratteristiche dell'acciaio per ca 29
4 TOLLERANZE 30
PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE 31
1 Relazione Generale 32
1.1 Introduzione generale 32
1.2 Riferimenti normativi 32
1.3 Soggetti che intervengono nel piano 32
1.4 Anagrafe dell'Opera 33
1.4.1 Dati Generali: 33
1.4.2 Dati catastali Fabbricati: 33
2 Sottoprogramma dei controlli 34
3 Sottoprogramma degli Interventi 35
ALLEGATI 36
1 Relazione Geologica 37
2 Relazione sulle fondazioni 37
3 Tabulati di calcolo 38
3.1 Introduzione 38
3.2 Norme di riferimento 41
3.3 Azione sismica 41
3.4 Descrizione del modello 41
3.4.1 Materiali 42
3.5 Elementi di struttura 45
3.6 Telaio equivalente 49
3.7 Carichi 70
3.7.1 Carico Sismico: 70
3.7.2 Carico Statico: 70
3.8 Spettro da normativa 71
3.9 Analisi incrementale a collasso (pushover) 72
3.9.1 Descrizione analisi pushover 72
3.10 Risultati 74
3.11 Vulnerabilità sismica 75
3.12 Dettaglio verifiche 75
3.12.1 Legenda risultati 77
3.13 Analisi sismica n. 13 Direzione X 79
3.13.1 Curva Pushover (analisi n. 13) 81

3.13.2 Vulnerabilità Sismica *81*
3.14 Analisi sismica n. 8 Direzione Y ***82***
3.14.1 Curva Pushover (analisi n. 8) *84*
3.14.2 Vulnerabilità Sismica *84*
3.15 Conclusioni ***92***
3.16 Analisi dei meccanismi locali ***93***
3.16.1 Metodo di calcolo *93*
3.16.2 Metodo di verifica *93*
3.16.3 Descrizione cinematismi *95*
3.17 Pressoflessione fuori piano ***96***
3.17.1 Metodo di calcolo *96*
3.17.2 Dettaglio verifiche *98*
3.18 Verifica statica ***102***
4 Allegati alla Relazione **113**

Relazione di Calcolo Strutturale

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata all'individuazione delle opere necessarie al fine di conseguire l'adeguamento statico ed il miglioramento sismico, nel rispetto degli stati limite di Salvaguardia della Vita (SLV), del plesso scolastico in esame.
La scuola media superiore "L. Einaudi" è sita in La Spezia via Lamarmora n° 32 ed è caratterizzata dalle seguenti Coordinate Geografiche: Longitudine 9°,81170; Latitudine 44°,11110.
Il plesso in esame è formato da due organismi strutturali tipologicamente differenti e realizzati in epoche diverse. Il corpo originario è costituito da un fabbricato a pianta rettangolare (19,0x23,5 m) in muratura portante di pietrame, il corpo aggiunto è una struttura intelaiata in cemento armato di forma irregolare con dimensioni massime pari a circa 23,5x21,9 m.
Visti i risultati ottenuti dall'analisi di valutazione della sicurezza del plesso in esame, eseguiti non dallo scrivente ma da altri tecnici abilitati (A.P.P.S.) e fornitaci tutta la documentazione dalla stazione appaltante, ed in considerazione del fatto che i due corpi di fabbrica di cui è costituito l'intero plesso sono stati realizzati in epoche e con tecnologie differenti, come pocanzi accennato, e che le zone a contatto sono costituite dall'appoggio delle travi in cemento armato sulla muratura portante, si ritiene necessario, per raggiungere le finalità richieste dal nostro incarico, di isolare i due fabbricati sismicamente, mediante l'inserimento di appoggi scorrevoli con apparecchi di appoggio strutturale in elastomero armato dotati sia superiormente che inferiormente di ancoraggi meccanici, in modo da ottenere due corpi di fabbrica distinti e separati tra loro a livello sismico ma senza interferire sul comportamento statico degli attuali edifici. Tale accorgimento tecnico ha reso possibile la modellazione e il miglioramento sismico dell'edificio in muratura lasciando inalterata la parte in cemento armato (che risulterà pertanto non adeguate né migliorato sia a livello sismico che statico).
Per cui la finalità degli interventi, in accordo con la normativa vigente (*D.M. 17.01.2018*), sono volti all'adeguamento statico delle murature e dei solai in legno, che dal rapporto delle verifiche eseguite e trasmesseci dalla Provincia di La Spezia tramite laboratorio prove materiali autorizzato (SAGEDIL SrL) avevano denotato una carenza statica, e possono essere classificato come *"Miglioramento sismico"* per il fatto che si passerà da un:
α_u = **PGA_{SLV}/ PGA = 0,377/1,381 = 0,3 < 1**; (relativo alla verifica globale)
α_u = **PGA_{SLV}/ PGA = 0,630/2,072 = 0,3 < 1** . (relativo alla verifica dei meccanismi locali)
ad un:
ζ_u = **PGA_{SLV}/ PGA = 1,175/1,381 = 0,8 < 1**; (relativo alla verifica globale)
ζ_u = **$az_{,SLV}$ / az(0) $_{(SLV)}$ = 2,143/3,334 = 0,6 < 1**. (relativo alla verifica dei meccanismi locali)

Il progetto strutturale si articolerà così:
Come sopra già descritto, dato che gli edifici sono costruiti in aderenza e con le travi in ca direttamente poggianti sulla muratura si procederà alla divisione delle unità, dal punto di vista sismico, mediante l'inserimento di isolatori elastomerici armati che avverrà mediante il sostegno della trave esistente con un pilastro provvisorio in acciaio, la realizzazione di una nicchia mediante demolizione della muratura tale da renderle vicendevolmente non interagenti, la realizzazione dell'appoggio del disco elastomerico ed il fissaggio di quest'ultimo alle due strutture.
Gli interventi poi andranno ad interessare i maschi murari che dal calcolo effettuato hanno rappresentato carenze di resistenza dal punto di vista statico-sismico, tramite il rinforzo mediante la tecnica dell'intonaco armato tradizionale costituita dall'applicazione di due reti elettrosaldate fi8 15x15 collegate vicendevolmente da appositi ferri passanti la muratura e collegati ad essa mediante fissativo bicomponente; il sandwich sarà poi completato dal getto di un intonaco M15 a base calce.
Si è studiato un ulteriore intervento di rinforzo di un arco al piano seminterrato che visto i carichi gravanti e la ridotta resistenza della muratura che lo costituisce inserendo un doppio profilo tipo HE160A a rinforzo della trave muraria sovrastante l'arco.
Un ultimo intervento di notevole importanza sarà quello di rinforzare i solai lignei mediante la demolizione completa della pavimentazione e del massetto esistente e la realizzazione, al loro posto, di una gettata di cls alleggerito D1,5 reso solidale e collaborante ai travetti sottostanti mediante l'inserimento di connettori a piolo dimensionati a taglio. Il nuovo solaio misto, avente rigidezze non sottovalutabili nel proprio piano, verrà collegato alla muratura laterale tramite un sistema di cerchiatura

perimetrale “Perimetro Forte” realizzato con la posa di un Connettore Perimetrale, fissato alla parete grazie all’Ancorante Chimico, e delle barre di armatura all’interno di apposite sedi, per il successivo getto della soletta armata in Calcestruzzo strutturale leggero nello spessore minimo di 6 cm e dell’eventuale massetto leggero per la posa del pavimento.
Un ultimo intervento verrà effettuato nel solaio di sottotetto con l'inserimento di un'ulteriore tavolato ortogonale all'esistente che assolverà al compito di rendere più rigido quest'ultimo impalcato.

Come riportato negli specifici capitoli, il tipo di analisi svolto è del tipo Statico non lineare con distribuzione di forza per il Gruppo 1 corrispondente alle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, e per il Gruppo 2 da una distribuzione di forze desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione.
Si è supposto l’edificio in classe d’uso III e la vita nominale è stata concordata con la committenza in 50 anni.
Il tipo di terreno è stato classificato in classe B desunto dalla relazione geologica agli atti e sviluppata in sede di verifica sismica e progetto preliminare.
Si rimanda al capitolo di descrizione del modello ed ai tabulati di calcolo per successive ipotesi di modellazione ed alle tavole esecutive per quanto concerne geometrie e disposizione degli interventi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge 05/11/1971 n° 1086 *"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica";*
- Legge 02/02/1974 n°64: *"Provvedimenti per le costruzione, con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
- D.M. 14/02/1992: "*Norme tecniche relative per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"*;
- D.M 17/01/2018 - *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;*
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.."

2.1 Referenze tecniche (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- 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

3 ANALISI STORICO-CRITICA

Dalle ricerche condotte negli archivi provinciali per entrambi i corpi di fabbrica non è risultata reperibile alcuna documentazione progettuale.
Sulla base di quanto emerso dalle ricerche storiche effettuate e dai dettagli strutturali analizzati è emerso che il complesso scolastico è stato realizzato in due fasi.
Originariamente fu edificato il corpo in muratura portante a cinque livelli realizzato all'inizio del secolo scorso ed adibito a scuola elementare, quindi nel corso degli anni "50, contestualmente al cambio di destinazione d'uso del corpo originario venne realizzato l'ampliamento in cemento armato costituito da quattro livelli.

Come antecedentemente specificato il plesso scolastico in esame è un aggregato costituito da due corpi di fabbrica l'uno in cemento armato a quattro livelli di piano e l'altro in muratura a cinque livelli di piano che non hanno subito modifiche strutturalmente rilevanti dal momento della loro costruzione. I due corpi di fabbrica sono connessi tra loro al livello dei vari piani in corrispondenza delle travi in cemento armato che risultano posate sulla struttura in muratura.

4 RILIEVO

Per quanto riguarda il rilievo della struttura in esame si è deciso e concordato con la committenza di non procurare ulteriori danni alla struttura ed assimilare la campagna di prove già eseguita in precedenza in sede di verifica sismica verificandone a campione alcune eventuali carenze riscontrate.
La campagna di prove effettuate durante la verifica sismica erano ai sensi dell'allora normativa sismica (D.M. 14 Gennaio 2008: "Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.) che per quanto riguarda le costruzioni in muratura non è dissimile dall'attuale D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni al punto 8.5.2 e al corrispondente punto C8.5.2 a cui ci si è attenuti per quanto riguarda il rilievo le indagini e le prove sui materiali in base al livello di conoscenza desiderato e raggiunto.
Lo studio effettuato ha condotto alle seguenti risultanze per quanto riguarda il corpo in muratura: è costituito da muratura in pietrame a spacco con buona tessitura, presenta solai di due tipologie, il solaio del primo piano in poutrelles e voltine di mattoni pieni disposti di piatto, mentre gli altri orizzontamenti sono costituiti da travi in legno con sovrastante tavolato ad eccezione dei solai del sottotetto e della copertura, che è di tipo a padiglione, dove è stata omessa la posa del tavolato.
La scala di accesso ai vari piani è in poutrelles con interposti blocchi in laterizio e sovrastante scalini in materiale lapideo. Le fondazioni dell'intero corpo di fabbrica sono rappresenta dal semplice allargamento alla base della muratura sovrastante.
Il corpo in c.a. presenta struttura a telaio con pilastri rettangolari di sezione variabile e travi di sezione 20x50 e 20x65 cm. I solai, sia di piano che di copertura, sono in laterizio armato di spessore pari a 24+4 cm. L'accesso ai vari piani è possibile mediante una scala esterna ed un ascensore con struttura in acciaio, entrambi strutturalmente indipendenti rispetto al fabbricato principale. Per quanto riguarda la tipologia e le caratteristiche delle fondazioni, considerando la pratica progettuale usuale all'epoca di costruzione del manufatto, è molto probabile che siano costituite da plinti, eventualmente su pali, ma eventuali ulteriori indagini suppletive, non facendo parte dell'attuale incarico, verranno effettuate se e quando si riterrà di intervenire anche su quest'ultima parte di fabbricato come concordato con la committenza.
Dalle prove di carico eseguite si è potuto osservare un'eccessiva deformabilità dei solai in legno accompagnata da evidenti fenomeni vibratori delle campate di solaio inoltre in sede di rilievo dello stato lesionativo si è potuto osservare la presenza di fenomeni fessurativi con distacco d'intonaco estesi alla maggior parte delle tamponature esterne del corpo in cemento armato e si è evidenziata la parziale estensione di tale fenomeni fessurativi anche agli elementi in laterizio dei due paramenti che costituiscono tali tamponature.
Nella campagna di indagini eseguite a livello di verifica sismica, per l'edificio in muratura, si era proceduto allo scrostamento dell'intonaco nelle zone ritenute più significative (incroci d'angolo tra muri perimetrali e muri di spina) e alla rimozione delle eventuali controsoffittature sia in campata sia in corrispondenza degli appoggi, quindi era stato effettuato il rilievo geometrico dell'intero complesso prestando particolare attenzione all'individuazione dell'esatta dimensione delle aperture presenti nei paramenti murari portanti e di quelle non palesemente evidenti poiché murate in epoca successiva alla costruzione del manufatto. Inoltre, al fine di individuare in maniera corretta la posizione dei baricentri geometrici dei vari elementi murari e quindi l'effettiva eccentricità della parete analizzata, si era proceduto all'individuazione dell'effettivo fuori piombo delle varie pareti murarie.
Il rilievo così effettuato ha consentito di individuare precisamente il sistema murario portante e la dimensione dei maschi e delle fasce murarie, ed ha evidenziato che il corpo in muratura ha forma rettangolare con dimensioni in pianta di 19,0x23,5 m ed altezza d'interpiano variabile presentando un'altezza massima di circa 23 m dallo spiccato delle fondazioni. Gli orizzontamenti, come antecedentemente descritti, sono costituiti da solai di tipo deformabile in poutrelles (NP200 ed NP160) e voltine di mattoni pieni disposti di piatto per quanto attiene il primo livello, i livelli sovrastanti sono caratterizzati dalla presenza di solai in legno di castagno con travi (dim: 15x27 cm; 14x24 cm) disposte ad interasse costante di 65 cm e sovrastante tavolato. Gli orizzontamenti degli ultimi due livelli (solaio di sottotetto e di copertura) sono in legno con travi di dimensioni ed interasse variabile senza presenza di alcun tavolato sovrastante. Non sono stati rilevati elementi di carattere "non strutturale" ad elevata vulnerabilità e tali da interferire con il comportamento della struttura sottoposta all'azione sismica.

5 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Per quanto attiene l'individuazione delle caratteristiche dei materiali presenti si è fatto riferimento, anche in questo caso, alle indagini e prove effettuate in sede di verifica sismica dove si era proceduto con l'esecuzione di una campagna di prove distruttive e non. Il numero di prove effettuate era stato individuato in funzione del livello di conoscenza ritenuto più consono per l'edificio in esame nel rispetto delle indicazioni contenute sia nell'allora normativa vigente sia nelle attuali normative.
Per determinare la tipologia delle murature e le sue caratteristiche meccaniche si è fatto riferimento al capitolo "C8.5.3 Caratterizzazione Meccanica dei materiali e per la precisione al punto C8.5.3.1 costruzioni in muratura" effettuando prove in-situ estese basate su rilievi di tipo visivo, effettuati ricorrendo a saggi nella muratura che hanno consentito di esaminarne le caratteristiche sia in superficie che nello spessore murario, e di ammorsamento tra muri ortogonali e dei solai nelle pareti. Inoltre si è verificato in maniera sistematica per l'intero edificio la qualità del collegamento tra pareti verticali, la qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti.
Sulla base delle risultanze delle indagini effettuate secondo quanto sopra riportato, si sono classificate le murature secondo la tipologia riportata nelle Tabella C8.5.I di cui si riporta lo stralcio:

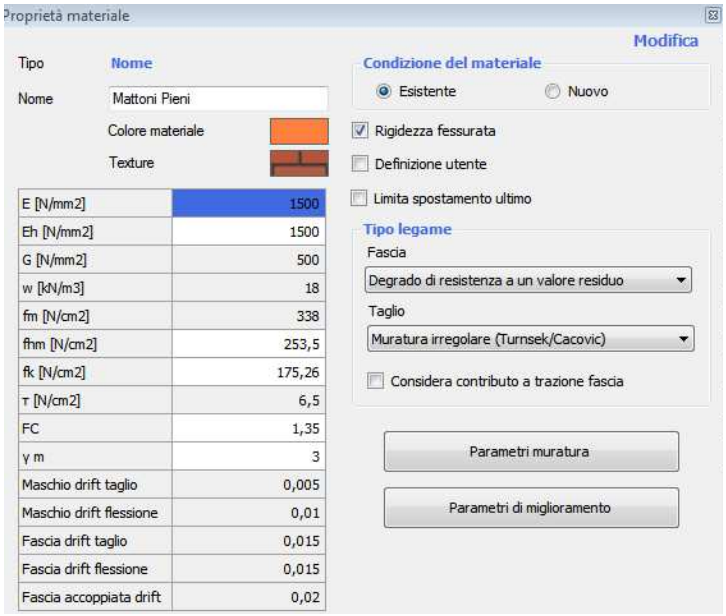
Tipologia di muratura	f (N/mm²)	τ_0 (N/mm²)	f_{V0} (N/mm²)	E (N/mm²)	G (N/mm²)	w (kN/m³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18

Le caratteristiche meccaniche dei maschi murari sono state desunte in ottemperanza a quanto indicato al punto "C8.5.4.1 Costruzioni in muratura"; in particolare si sono effettuate in maniera estesa e sistematica saggi superficiali dei paramenti con eliminazione dell'intonaco nelle posizioni giudicate più significative ai fini statici (innesti di muratura ortogonali, paramenti di particolare valenza strutturale etc.), era stata effettuata una prova con martinetti piatti doppi da cui è risultata una tensione di rottura f_m = 318,3 N/cm^2 ed un modulo elastico normale E = 2460,7 N/mm^2, tali valori sono conformi a quanto riportato nella tabella sopra esposta. Si rileva che le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di elementi di collegamento trasversale tra i paramenti.

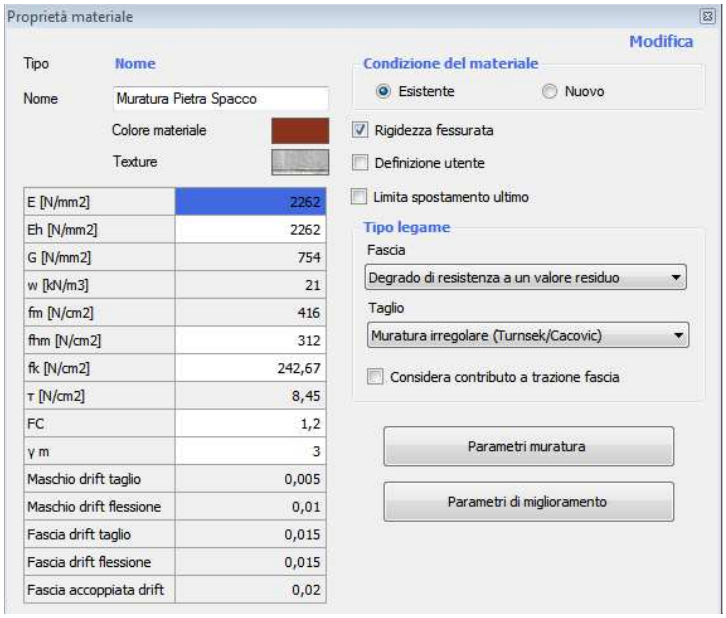
6 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Per l'edificio in muratura si considera raggiunto un livello di conoscenza di tipo **LC2** in rispondenza a quanto riportato al punto 8.5.4. "Livelli di conoscenza e fattori di confidenza" ed integrato dalle prescrizioni del punto C8.5.4 "Livelli di conoscenza e fattori di confidenza" della circolare che porta all'utilizzo nella definizione delle caratteristiche dei materiali di un fattore di confidenza pari ad **FC=1,2**.
Si è ritenuto non opportuno procedere al raggiungimento di un livello di conoscenza di tipo LC3 poiché le prove ivi previste (*prove esaustive*) sarebbero risultate eccessivamente invasive per la struttura in esame che è comunque risultata idoneamente indagata per lo scopo prefisso.
Si sono quindi utilizzati i seguenti valori:
Per le Resistenze: i valori medi riportati in Tab. C8.5.I. divisi per il relativo FC;
Per i Moduli elastici: i valori medi riportati in Tab. C8.5.I. divisi per il relativo FC.
Per la muratura in mattoni pieni (riscontrata solo al piano seminterrato a sostegno della prima rampa di scale) si è considerato un **LC1** per cui un **FC=1,35**.
A tali valori sono stati applicati, ove presente, i coefficienti correttivi di Tab. C8.5.II si riporta di seguito le tabelle dei materiali utilizzati nel calcolo:

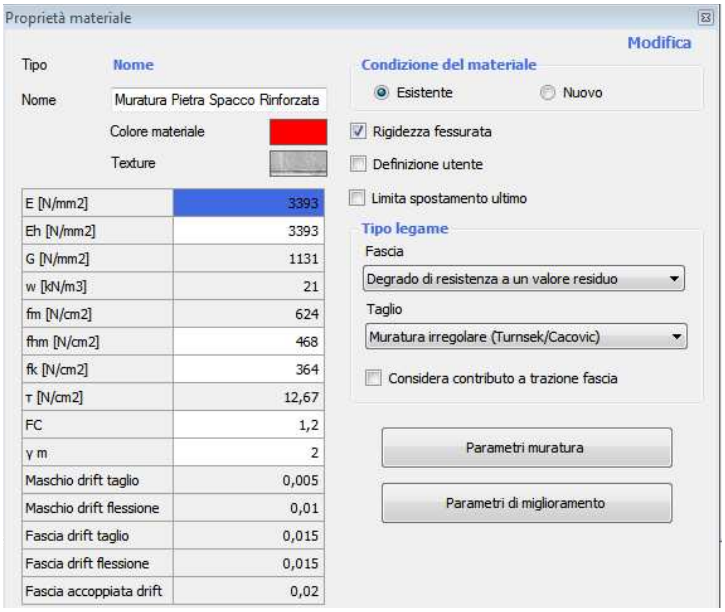
6.1.1 Muratura in Mattoni Pieni



6.1.2 Muratura in Pietra a spacco con buona tessitura



6.1.3 **Muratura in Pietra a Spacco rinforzata con intonaco armato**



7 TIPO DI ANALISI SVOLTA

7.1 Tipo di analisi condotta e sua motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.
Per quanto riguarda le azioni simiche, si è deciso di eseguire un'analisi Statica non Lineare con distribuzione di forza per il Gruppo 1 corrispondente alle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, e per il Gruppo 2 da una distribuzione di forze desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione. Tale scelta è stata determinata in base alla particolare conformazione tipologica strutturale ed alla regolarità del fabbricato.

7.2 Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

7.3 Combinazioni di carico adottate

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

SLO	NO
SLD	SI
SLV	SI
SLC	NO
Combinazione Rara	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente	SI
SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2	NO
SLU terreno A2 – Approccio 1	NO

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	ψ0j	ψ 1j	ψ 2j
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 industriale	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

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γGi e γQj utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

7.3.1 **Combinazioni di Calcolo**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) 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 (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), 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 S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2. Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con". I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.
Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018. Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17). I valori dei coefficienti $\psi_{2\,j}$ sono riportati nella Tabella 2.5.I..
La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme. Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali. La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

7.3.2 **Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico**

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.
Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

7.4 Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

Produttore	STADATA
Titolo	3MURI
Versione	Rel. 12.1.03
Nro Licenza	27425

7.4.1 **Affidabilità dei codici utilizzati**

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

7.4.2 **Validazione dei codici**

L' opera in esame non e' di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro progettista.

7.4.3 **Informazioni sull' elaborazione**

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.
In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento. Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata. Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti. Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica. In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

7.4.4 **Giudizio motivato di accettabilità**

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti. Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica. Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa. Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati. Sono state inoltre individuate un numero di maschi ritenuti significativi e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a pressoflessione e taglio. Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali maschi murari, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione di detti maschio murari. Si sono infine eseguite le verifiche di tali maschi murari con metodologie semplificate e, confrontandole con le

analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software. Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo. Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

8 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA

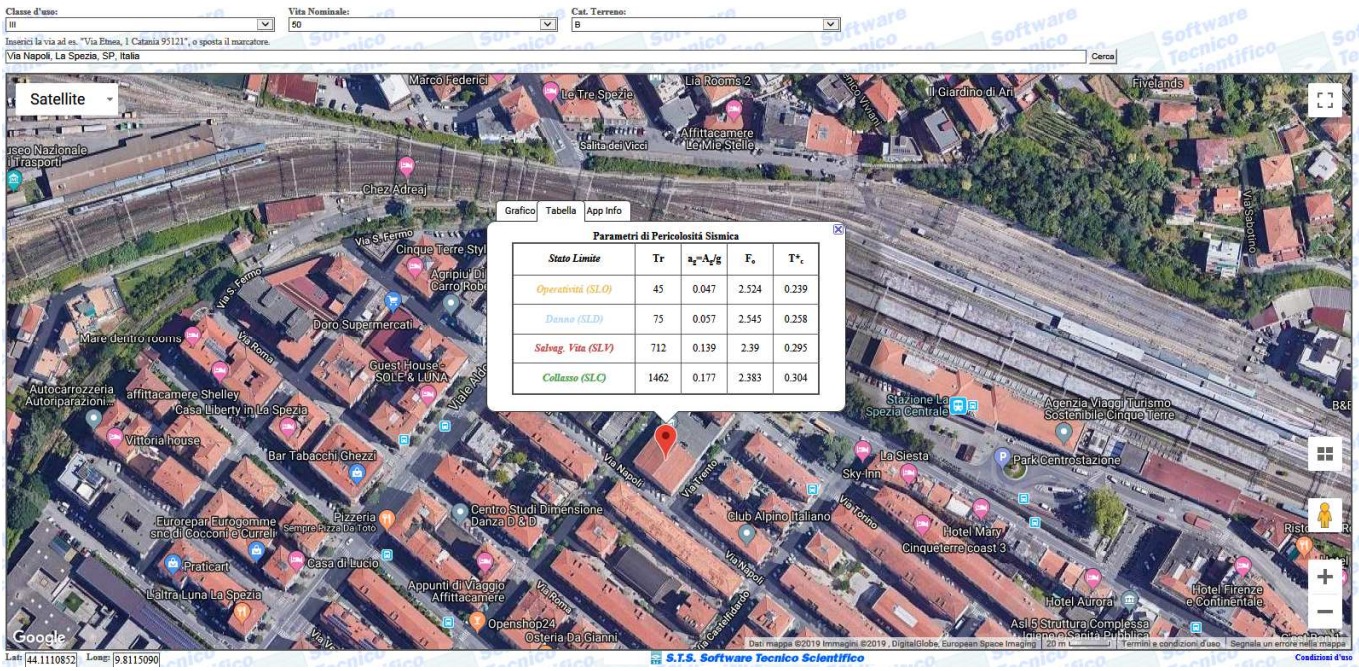
8.1 Misura della Sicurezza

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E.. La sicurezza viene 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. Le norme 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 al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.
In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) 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 quando previsto dal D.M. 17/01/2018 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 (S.L.E.) 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 (S.L.D.) 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.

8.2 Periodo di riferimento ed Ubicazione dell'intervento



8.3 Vita nominale

La Vita Nominale dell'opera *(v.d. DM 17/01/2018 punto 2.4.1.)*, intasa come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali., si è così concordata con la committenza in :

V_N = 50 anni (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari)

8.4 Classe d'uso

La classe d'uso a cui si farà *(v.d. DM 17/01/2018 punto 2.4.2.)* riferimento è la ***Classe III*** e cioè:
"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso."

8.5 Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento con cui quindi verranno valutate le azioni sismiche sarà *(v.d. DM 17/01/2018 punto 2.4.3.)*: $V_R = V_N \cdot C_U$

Dove C_U è il coefficiente d'uso e varia in base alla classe d'uso *(v.d. DM 17/01/2018 tab. 2.4.II)* e vale in questo caso: $C_U = 1{,}5$ da cui $V_R = 75$

8.6 Categoria del Terreno e Topografica

Dalle prove strumentali condotte durante la fase preliminare della verifica sismica a ci si rimanda il terreno è stato classificato come:

Categoria terreno: ***B*** [*"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."*]

La Categoria topografica della zona di interesse può essere classificata come :

Categoria topografica: ***T1*** *(Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤15°)*

8.7 Definizione dei parametri di progetto

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

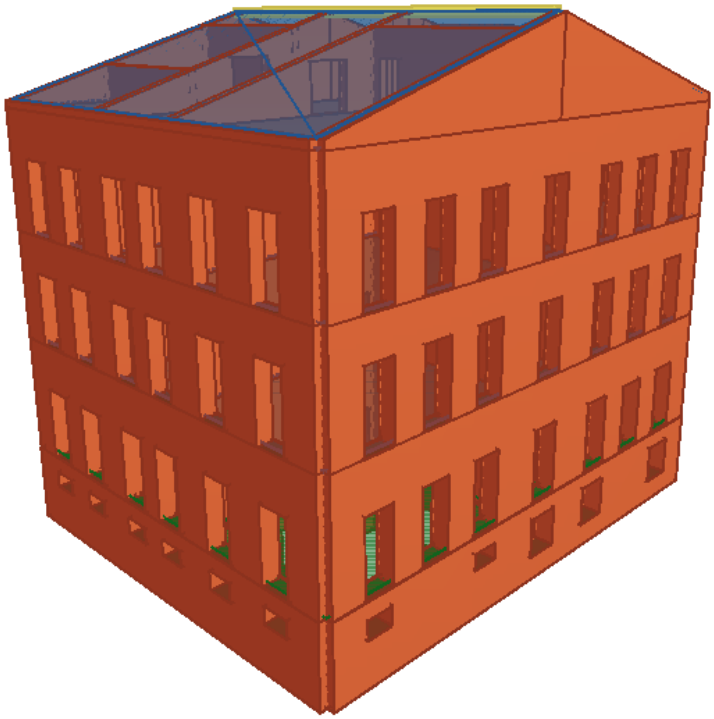
RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	**50**
Classe d'Uso	**3**
Categoria del Suolo	**B**
Categoria Topografica	**1.0**
Latitudine del sito oggetto di edificazione	**44.111069**
Longitudine del sito oggetto di edificazione	**9.811480**

8.8 Modelli di Calcolo

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.
Ai fini dei calcoli di analisi e verifica si è creata una schematizzazione tridimensionale spaziale ed una serie di schematizzazioni bidimensionali analizzate con foglio di calcolo; la modellazione tridimensionale è così definita:

- Modello A: è stato utilizzato per il dimensionamento e la verifica globale degli elementi (maschi e fasce) in muratura; il modello riguardano l'intera struttura ed è stato analizzato con programma di calcolo automatico 3MURI (di cui nell'apposito paragrafo vengono riassunte le principali caratteristiche). Si riporta di seguito gli schemi spaziali adottati per il modello strutturale:



Modello A: Modello tridimensionale dell'intera struttura

8.9 Ipotesi di calcolo adottate

Per lo svolgimento del calcolo si sono accettate le seguenti ipotesi:

- Per il modello si è ipotizzato che la struttura sia collegata al terreno mediante incastri perfetti in modo tale da non considerare eventuali spostamenti dovuti al cedimento elastico del terreno ed operare, dato il tipo di analisi svolto (analisi cinematica non lineare in controllo degli spostamenti) non valutando così l'interazione terreno struttura, che è stata trascurata data la completa assenza di lesioni o cedimenti;
- L'interazione con l'edificio adiacente in ca, data la tipologia di interventi previsti a fine sismici (introduzione di giunti scorrevoli elastomerici collegati alle travi incidenti le murature) è stata considerata introducendo i carichi concentrati di scarico delle travi in semplice appoggio sulle murature in base alle aree di influenza dei solai su di loro gravanti;
- E' stata fatta un'analisi simica statica non lineare;
- I solai di piano sono stati inseriti come carichi distribuiti ipotizzando una rigidezza di piano differenziata in base alla tipologia di solaio ed agli interventi previsti per il loro rafforzamento;
- Il piano di copertura (dato che è costituito da travi in legno collegate alle strutture mediante semplice appoggio od incastro parziale e che è costituito da orditura principale e secondaria che non assicura una rigidezza trasversale opportuna) è stato inserito come "non Strutturale" considerando a fini di calcolo la sola massa e non la rigidezza.

8.10 Azioni sulla Costruzione

8.10.1 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 Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)

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

Stati Limite P_{VR}:		**Probabilità di superamento nel periodo di riferimento** V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	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. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

8.10.2 **Destinazione d'uso e sovraccarichi per le azioni antropiche**

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 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 qk [kN/m2]
- carichi verticali concentrati Qk [kN]
- carichi orizzontali lineari Hk [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici qk, Qk ed Hk di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018 – *Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*. In presenza di carichi verticali concentrati Qk essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.
In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

8.10.3 **Analisi dei carichi**

Ai fini dei calcoli di verifica sono stati esaminati i seguenti casi di carico elementari acquisiti dal D.M.I 14 gennaio 2008 e dalla circolare esplicativa 02 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP. e da manuali tecnici che riportano i dati sperimentali.

8.10.4 **Azioni Antropiche, Ambientali e Naturali**

Pesi Propri Strutturali

I pesi propri strutturali sono stati calcolati direttamente dal programma di calcolo automatico ponendo pari a 25,00 kN/m^3 il peso specifico del ca., 78.5 kN/m^3 per l'acciaio strutturale, 18,00 kN/m^3 il peso della muratura in mattoni pieni e 21,00 kN/m^3 quello della muratura in pietra.

Solaio Primo Livello:

(Il solaio è in profilati tipo NP200 o NP160, poste ad interasse di 80 cm, e voltini in pianelle di laterizio disposte di piatto)

p.p.: G_1 (peso proprio profilati + peso pianelle) **75** daN/m²
s.p.: G_2 (riempimento del solaio + sottofondo + pavimentazione + intonaco + inc. murature) **336** daN/m²
c.v. (Cat. C1) **300** daN/m²

Solaio Secondo e Terzo Livello:

(Il solaio in legno esistente, costituito da travi di castagno (15x27 cm) poste ad interasse di 65 cm con sovrastante tavolato in castagno s = 4 cm, sarà rinforzato mediante posa di soletta in calcestruzzo leggero, armato con rete elettrosaldata ø8 20x20 cm, connessa alle travi mediante l'impiego di connettori a piolo modellati a ramponi del tipo Tecnaria con interposto pannello isolante (s = 4 cm). La verifica del vari solaio è stata effettuata tramite programma di calcolo fornito dalla società Tecnaria di cui si allegano i tabulati di calcolo.
Si considerano tramezze in pannelli di fibra legnosa aventi uno spessore complessivo di 10 cm, per le quali G2 è pari a 200 daN/m. Valore ottenuto moltiplicando il peso a m2 della parete (43 daN/m2) per l'altezza netta dei locali (4,65 m))

p.p.: G_1 (peso proprio travi in legno + tavolato + soletta in cls alleggerito) **158** daN/m²
s.p.: G_2 (massetto di riempimento + pavimentazione + cartongesso + inc. murature) **200** daN/m²
c.v. (Cat. C1) **300** daN/m²

Solaio Soffitto:

(Il solaio in legno esistente, costituito da travi di castagno (10x25 cm) poste ad interasse variabile, sarà solidarizzato mediante posa in opera di doppio tavolato incrociato avente spessore complessivo di circa 6 cm)

p.p.: G_1 (peso proprio travi in legno + tavolato) **50** daN/m²
s.p.: G_2 (massetto controsoffitto) **30** daN/m²
c.v. (Cat. H) **50** daN/m²

Solaio Copertura:

(Il solaio è in legno costituito da travi di castagno di dimensioni variabili in funzione della luce sottesa con interposto tavolato in castagno s = 4 cm)

p.p.: G_1 (peso proprio travi in legno + tavolato) **20** daN/m²
s.p.: G_2 (massetto controsoffitto) **50** daN/m²
c.v. (Cat. H) **50** daN/m²

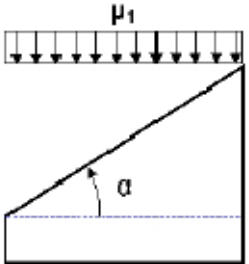
Azioni della neve

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

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

in cui si ha:

q_s= carico neve sulla copertura;
μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);
q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018 per un periodo di ritorno di 50 anni;
C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);



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

Carico neve al suolo Sk
Zona climatica : II, altitudine del suolo sul livello del mare =20 m
q_{sk} (a_s=20<200 m) = 1,00 kN/m^2
Valore di riferimento del carico neve al suolo: $s_k = q_{ref}(T)$=1.000 kN/m²

Carico neve sulla copertura

Inclinazione del tetto : α=16,70°
Coefficiente di esposizione : Ce=1.00
Coefficiente termico : Ct=1.000
Fattori di forma, (α=16,70°), μ1=0.800 (Tab. 3.4.II)

Azioni della neve (DM2008, §3.4.3.2)

S1=μ1.Ce.Ct.Sk=0.80x1.00x1.00x1.00=0.80 → 0,80 kN/m²

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

8.11 **Azione Sismica**

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.
Le componenti possono essere descritte, 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 caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.
In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

8.12 **Valutazione della sicurezza e prestazioni della struttura**

Sulla base delle risultanze della trattazione analitica si è evidenziato che il complesso in esame con gli interventi previsti si riuscirà ad ottenere un adeguamento statico dei solai in legno e delle muratura alla normativa vigente mentre dal punto di vista sismico, come di seguito specificato, si otterrà un miglioramento della risposta sia in termini globali che locali. Tali risultati sono conformi all'incarico affidatoci dalla committenza.
Per quanto attiene le analisi sismiche per le verifiche nel piano della muratura si evidenzia che:
il valore minimo del parametro ζ_{SLU} (indicatore del rischio di Salvaguardia della Vita) si riscontra nell'analisi n. 8 (direzione y- con carico sismico proporzionale ad un'analisi di tipo modale ed eccentricità assente) ed è pari ad:

- **ζ_{SLU} = PGA$_{SLU}$/ PGA = 1,175/1,381 = 0,801 < 1**;

il valore minimo del parametro ζ_{SLD} (indicatore del rischio di inagibilità) si riscontra nell'analisi n. 13 (direzione x- con carico sismico uniforme) ed è pari ad:

- **ζ_{SLD} = PGA$_{SLD}$/ PGA = 0,634/0,570 = 1,10 > 1;**

il valore massimo del parametro q* (rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente) si riscontra nell'analisi n. 20 (direzione y+ con carico sismico proporzionale ad un'analisi di tipo modale ed eccentricità negativa) ed è pari a:

- **q*=1,90 < 3.**

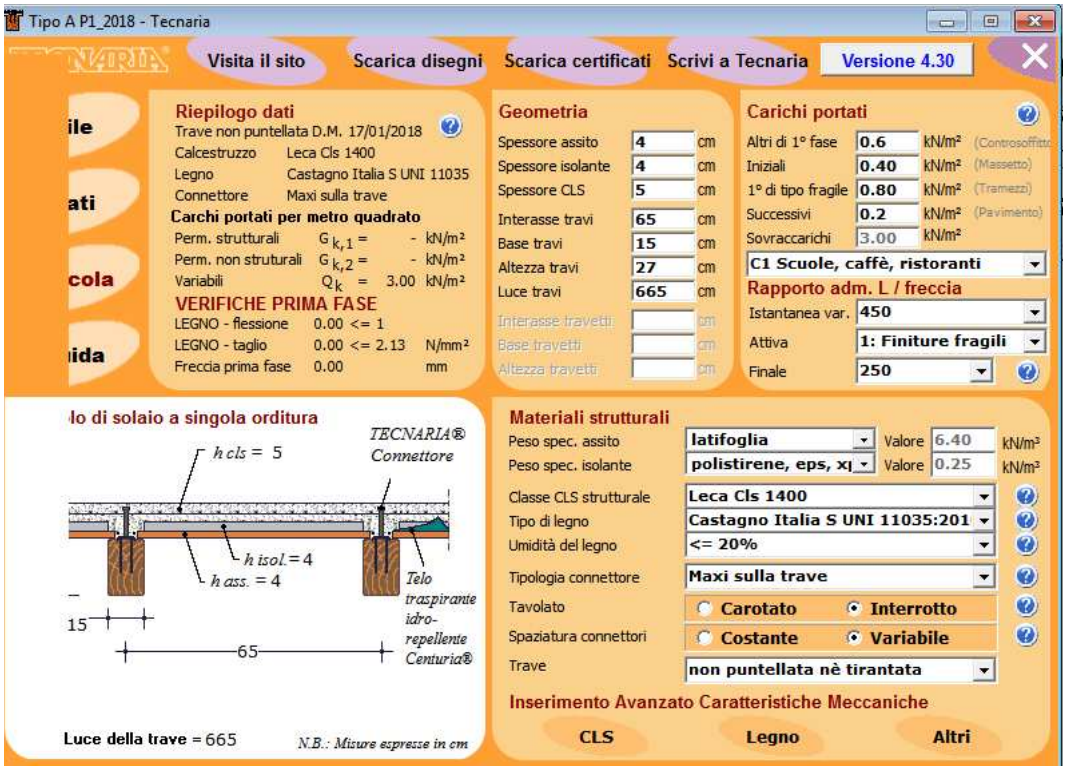
Per le verifiche fuori piano della muratura si evidenzia che:
il valore minimo del parametro ζ_{SLU} (indicatore del rischio di Salvaguardia della Vita) e del parametro ζ_{SLD} (indicatore del rischio di inagibilità) si riscontra al livello della parete 2 considerando un cinematismo che coinvolga solo il timpano ed il sottostante livello non ammorsato al solaio di piano; tale cinematismo è stato considerato per la tipologia di intervento che si è previsto: il raddoppio del tavolato per incrementarne la rigidezza di piano ma che data la tipologia ed assenza di ritegni orizzontali non costituisce un adeguata connessione ad un eventuale ribaltamento fuori piano, da cui i valori ottenuti sono pari a :

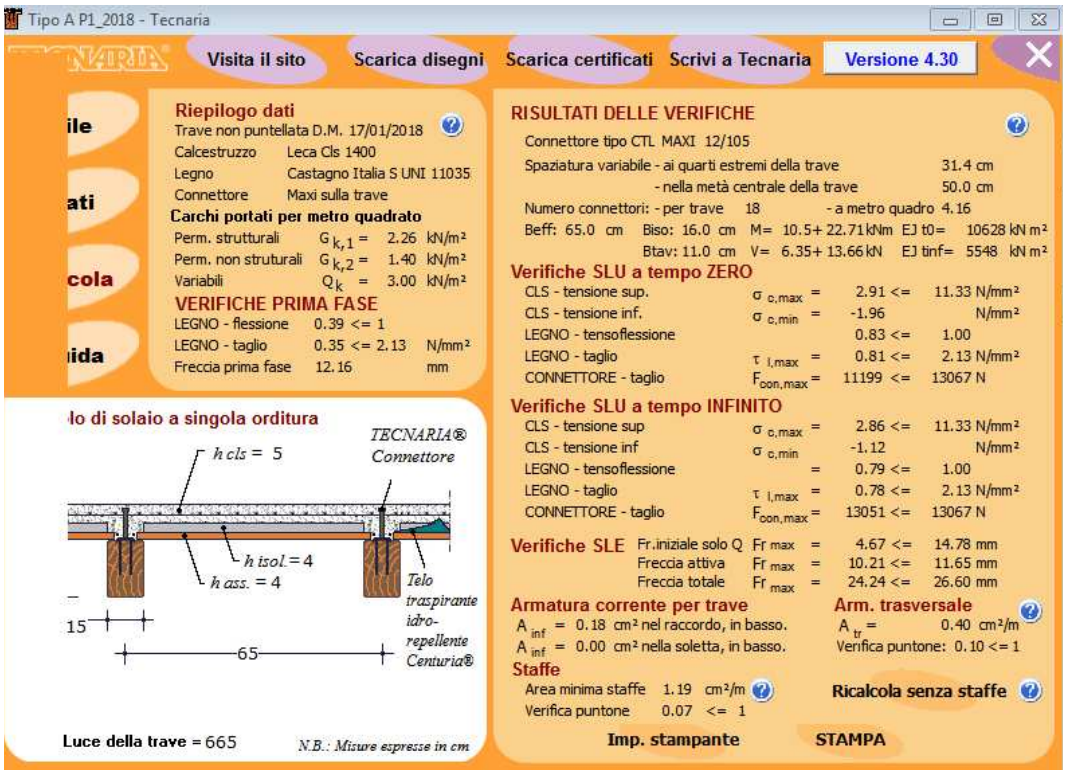
Moltiplicatore attivazione (a0)	0,105
az,SLV [m/s2]	2,1428
az(z) (SLV) [m/s2]	3,3338
Coefficiente sicurezza (SLV)	**0,64**
az,SLD [m/s2]	1,0714
az(z) (SLD) [m/s2]	1,3039
Coefficiente sicurezza (SLD)	**0,82**

8.13 **Verifica Elementi secondari (Solai in legno del secondo e terzo impalcato)**

- *Solaio tipo A*

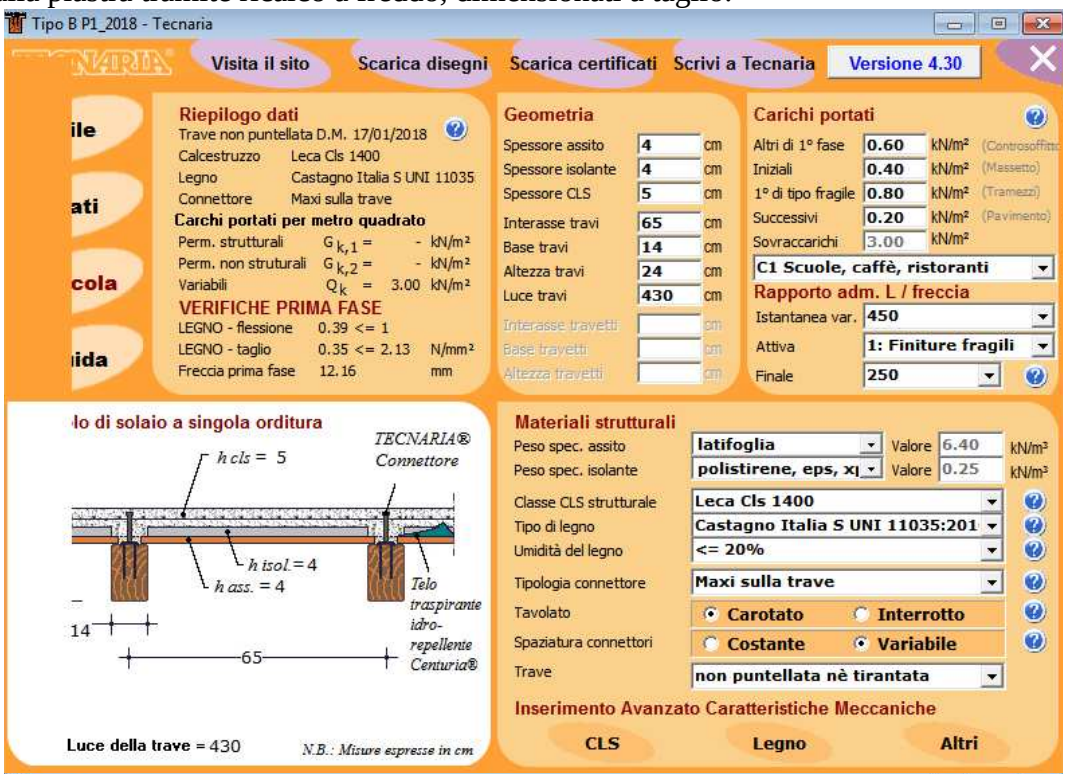
Il solaio da rinforzare presenta travetti in legno di castagno 15x27 posti ad interasse di 65 cm con luci considerevoli (Luce massima L=6,65 mt) e soprastante assito di legno sempre di castagno dello spessore di circa 4 cm. L'intervento di rinforzo prevede la completa demolizione della pavimentazione, del sottofondo e del massetto con la ricostruzione mediante inserimento di isolante in polistirene calpestabile avente funzione di alleggerimento dello spessore di 4 cm e con un getto di completamento con cls alleggerito tipo "Leca 1400" (D1,5 $R_{ck,28}$= 25 N/mm^2 E=15.000 N/mm^2) dello spessore di 5 cm. La soletta ed i travetti saranno resi collaboranti mediante l'inserimento di connettori a piolo composti da una piastra di base 75 X 50 X 4 mm, modellata a ramponi, avente due fori atti al passaggio di due viti tirafondi Ø 10 mm, con sottotesta tronco-conico, gambo in acciaio zincato Ø 12 mm, unito alla piastra tramite ricalco a freddo, dimensionati a taglio.

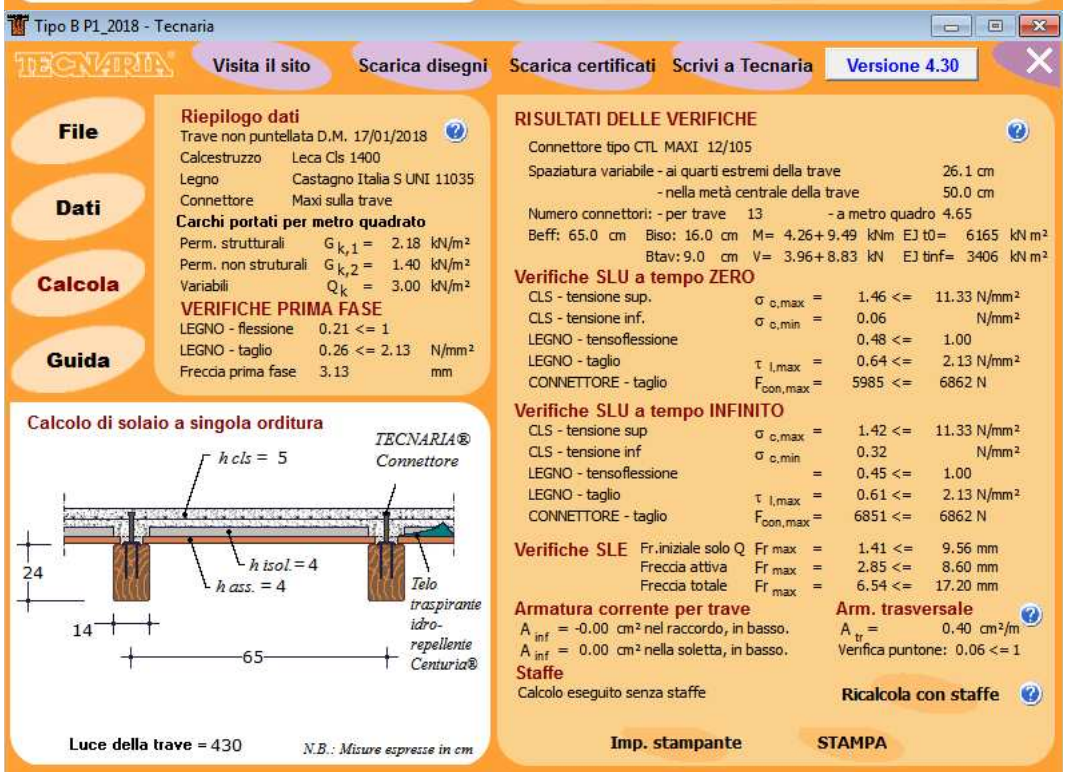



Tipo A P1_2018 - Tecnaria
Visita il sito
Scarica disegni
Scarica certificati
Scrivi a Tecnaria
Versione 4.30
Riepilogo dati
Trave non puntellata D.M. 17/01/2018
Calcestruzzo Leca Cls 1400
Legno Castagno Italia S UNI 11035
Connettore Maxi sulla trave
Carichi portati per metro quadrato
Perm. strutturali G k,1 = 2.26 kN/m²
Perm. non strutturali G k,2 = 1.40 kN/m²
Variabili Q k = 3.00 kN/m²
VERIFICHE PRIMA FASE
LEGNO - flessione 0.39 <= 1
LEGNO - taglio 0.35 <= 2.13 N/mm²
Freccia prima fase 12.16 mm
lo di solaio a singola orditura
TECNARIA® Connettore
h cls = 5
h isol. = 4
h ass. = 4
Telo traspirante idro-repellente Centuria®
15
65
Luce della trave = 665
N.B.: Misure espresse in cm
RISULTATI DELLE VERIFICHE
Connettore tipo CTL MAXI 12/105
Spaziatura variabile - ai quarti estremi della trave 31.4 cm
- nella metà centrale della trave 50.0 cm
Numero connettori: - per trave 18 - a metro quadro 4.16
Beff: 65.0 cm Biso: 16.0 cm M= 10.5+ 22.71 kNm EJ t0= 10628 kN m²
Btav: 11.0 cm V= 6.35+ 13.66 kN EJ tinf= 5548 kN m²
Verifiche SLU a tempo ZERO
CLS - tensione sup. σ c,max = 2.91 <= 11.33 N/mm²
CLS - tensione inf. σ c,min = -1.96 N/mm²
LEGNO - tensoflessione 0.83 <= 1.00
LEGNO - taglio τ l,max = 0.81 <= 2.13 N/mm²
CONNETTORE - taglio F con,max = 11199 <= 13067 N
Verifiche SLU a tempo INFINITO
CLS - tensione sup σ c,max = 2.86 <= 11.33 N/mm²
CLS - tensione inf σ c,min -1.12 N/mm²
LEGNO - tensoflessione = 0.79 <= 1.00
LEGNO - taglio τ l,max = 0.78 <= 2.13 N/mm²
CONNETTORE - taglio F con,max = 13051 <= 13067 N
Verifiche SLE Fr.iniziale solo Q Fr max = 4.67 <= 14.78 mm
Freccia attiva Fr max = 10.21 <= 11.65 mm
Freccia totale Fr max = 24.24 <= 26.60 mm
Armatura corrente per trave
A inf = 0.18 cm² nel raccordo, in basso.
A inf = 0.00 cm² nella soletta, in basso.
Arm. trasversale
A tr = 0.40 cm²/m
Verifica puntone: 0.10 <= 1
Staffe
Area minima staffe 1.19 cm²/m
Verifica puntone 0.07 <= 1
Ricalcola senza staffe
Imp. stampante
STAMPA

➢ *Solaio tipo B*

Il solaio da rinforzare presenta travetti in legno di castagno 14x24 posti ad interasse di 65 cm con luci meno importanti rispetto al precedente (Luce massima L=4,30 mt) e soprastante assito di legno sempre di castagno dello spessore di circa 4 cm. L'intervento di rinforzo prevede la completa demolizione della pavimentazione, del sottofondo e del massetto con la ricostruzione mediante inserimento di isolante in polistirene calpestabile avente funzione di alleggerimento dello spessore di 4 cm e con un getto di completamento con cls alleggerito tipo "Leca 1400" (D1,5 $R_{ck,28}$= 25 N/mm^2 E=15.000 N/mm^2) dello spessore di 5 cm. La soletta ed i travetti saranno resi collaboranti mediante l'inserimento di connettori a piolo composti da una piastra di base 75 X 50 X 4 mm, modellata a ramponi, avente due fori atti al passaggio di due viti tirafondi Ø 10 mm, con sottotesta tronco-conico, gambo in acciaio zincato Ø 12 mm, unito alla piastra tramite ricalco a freddo, dimensionati a taglio.





9 PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.
Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

IL PROGETTISTA

Relazione sui materiali

1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

1.1 Calcestruzzo leggero per il rinforzo dei solai

Calcestruzzo leggero strutturale per getti di rinforzo e solette collaboranti, costituito da premiscelato tipo "LecaCLS 1400"a base di argilla espansa LecaPiù, inerti naturali, cemento tipo Portland e additivi. Classe di massa volumica del calcestruzzo D1,5 (ca. 1400 kg/m3secondo UNI EN 206-1), classe di resistenza a compressione certificata LC 20/22(Rck=25 N/mm2 a 28 gg), modulo elastico certificato 15.000 MPa, conducibilità termica λ 0,42 W/mK. Confezionamento e getto in opera secondo le indicazioni del produttore.

1.1.1 Caratteristiche tecniche

Densità in confezione	circa 1150 Kg/m^3
Densità (UNI EN 206-1)	circa 1400 Kg/m^3 (classe D 1,5)
Classe di resistenza (UNI EN 206-1)	LC 20/22
Classe di esposizione (UNI EN 206-1 e UNI 11104)	X0-XC1 (EN 206)
Tempo di applicazione (a 20°C)	45 minuti
Temperatura di applicazione	Da +5° C a + 35° C
Pedonabilità	12 ore dalla posa
Conducibilità termica dichiarata (UNI 10351)	λ =0,42 W/mK
Resa in opera (consolidamento solai), in funzione del grado di compattazione	ca. 0,47 sacchi/m^2 per sp. 1 cm - 2,13 m^2/sacco per sp. 1 cm
Resistenza caratteristica a compressione certificata (laboratorio)	R_{ck} = 25 N/mm^2 (cubica a 28 gg.) f_{lck} = 22,5 N/mm^2 (cilindrica a 28 gg.)
Modulo elastico certificato	E = 15.000 N/mm^2
Fattore di resistenza al vapore d'acqua (UNI EN ISO 10456)	μ=8 (campo asciutto)
Permeabilità al vapore	δ=23,4*10^{-12} kg/msPa
Calore specifico c [J/(kgK)]	1000
Reazione al fuoco (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (Incombustibile)
Confezione	bancale in legno a perdere con 56 sacchi da 25 litri/cad. pari a 1,4 m^3 di prodotto sfuso.
Condizioni di Conservazione (D.M. 10 Maggio 2004)	in imballi originali, in luogo coperto, fresco, asciutto ed in assenza di ventilazione
Durata (D.M. 10 Maggio 2004)	massimo dodici (12) mesi dalla data di confezionamento
Scheda di Sicurezza	disponibile on-line sul sito www.leca.it
Conformità	D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e relativa "Circolare".

2 INTONACO ARMATO

2.1 Intonaco premiscelato di calce idraulica naturale (M15)

Malta bicomponente premiscelata, di colore chiaro, composta da calce idraulica naturale (NHL) ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa.
Miscelando i due componenti (polvere componente A e liquido componente B), si ottiene un impasto scorrevole che è possibile applicare su superfici verticali in uno spessore non superiore a 10 mm per mano. Grazie al contenuto di resine sintetiche in dispersione acquosa, ha un elevato valore di adesione ed, inoltre, dopo l'indurimento si ottiene uno strato compatto e tenace, impermeabile all'acqua ed ai gas aggressivi dell'atmosfera ma permeabile al vapore. La malta deve consentire un incremento della resistenza a taglio e della capacità deformativa del pannello rinforzato con rete metallica o in FRP paragonabili ai valori di miglioramento delle capacità di resistenza e deformazioni riportate nella tabella C8.5.II "Coefficienti correttivi massimi da applicarsi...". Sarà cura della ditta appaltatrice verificarne l'efficacia mediante prove dirette distruttive e non su campioni di prova o direttamente in cantiere. La malta dovrà essere classificabile, secondo la normativa europea EN 998-2, come malta da muratura di tipo M15.

2.1.1 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

- *Preparazione del supporto*

Per assicurare al sistema una buona adesione, particolare cura deve essere dedicata alla preparazione del supporto che deve essere perfettamente pulito, solido ed esente da parti friabili, polvere, oli e vecchie pitture. A questo proposito può essere molto adatta la sabbiatura o un energico lavaggio con acqua in pressione al fine di eliminare eventuali efflorescenze e sali solubili presenti sulla muratura. Procedere, quindi, al lavaggio della struttura con acqua. Bagnare fino ad ottenere un supporto saturo a superficie asciutta (s.s.a.). Nel caso di superfici molto assorbenti, si consiglia di primerizzare con Primer 3296 diluito 1:1 con acqua.

- *Preparazione della malta*

La preparazione deve essere eseguita, a seconda dell'applicazione prescelta, con agitatore o in betoniera a bicchiere (applicazione manuale) nel caso di grossi quantitativi, o nel miscelatore dell'intonacatrice (per l'applicazione a macchina). Nel caso di applicazione manuale, versare il componente B (liquido) in idoneo recipiente pulito, aggiungere quindi lentamente, sotto agitazione meccanica, il componente A (polvere). Mescolare accuratamente per qualche minuto, avendo cura di asportare dalle pareti e dal fondo del recipiente la polvere non perfettamente dispersa. La miscelazione dovrà protrarsi fino a completa omogeneità dell'impasto (totale assenza di grumi); per questa operazione è molto utile l'impiego di un agitatore meccanico a basso numero di giri per evitare un eccessivo inglobamento di aria.Nel caso in cui, invece, la malta sia applicata a spruzzo, è necessario utilizzare macchine intonacatrici a miscelazione separata.

- *Applicazione della Malta*

1. Applicazione con spatola metallica piana (o con intonacatrice) di uno strato uniforme di ca. 5 mm per mano di Planitop Intonaco Armato, per uno spessore totale massimo di circa 15 mm.
2. Lisciatura della superficie "fresca" con spatola piana.

2.2 Acciaio per uso strutturale

2.2.1 Denominazione.

Secondo le norme europee l'acciaio è denominato una sigla che ne riassume le caratteristiche principali; ad esempio
EN 10025-2 S 235 J2 + Z25 + M
dove:
EN 10025-2 è la normativa europea di riferimento

S è il simbolo dell'acciaio strutturale

235 è la tensione di snervamento espressa in $\frac{N}{mm^2}$
J2 è la sigla per la resilienza con intaglio
Z25 indica richieste particolari (25% riduzione dell'area)
M indica le condizioni di trattamento (laminazione termomeccanica).

2.2.2 Resistenza meccanica.

Le resistenze meccaniche (la tensione ultima a rottura f_u e la tensione di snervamento f_y):

- aumentano con il tenore di carbonio;
- diminuiscono con il crescere dello spessore t delle membrature

ACCIAI LAMINATI				
Norma e tipo di acciaio	Spessore nominale della membratura			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
EN 10025-2	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550

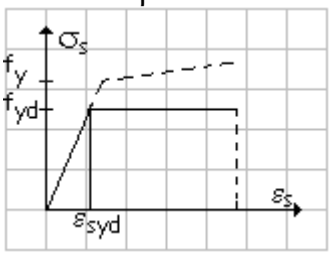
2.2.3 Resistenza di calcolo.

La resistenza di calcolo f_{yd} si determina con l'espressione

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

αδ εσσα χορρισπονδε λα δεφορμαζιονε λιμιτε ελαστιχα $\varepsilon_{\sigma\psi\delta}$ ιλ χυι ϖαλορε σι πυ∫ χαλχολαρε μ

εδιαντε λ εσπρεσσιονε $\varepsilon_{syd} = \frac{f_{yd}}{E}$



Il coefficiente di sicurezza γ_{M0} è stabilito dagli annessi nazionali. I valori per l'Italia sono in via di approvazione.

Coefficiente	Campo di impiego	Secondo EC3	Proposta annesso nazionale
γ_{M0}	Resistenza delle sezioni trasversale per tutte le classi	1,00	1,05
γ_{M1}	Resistenza delle membrature all'instabilità	1,00	1,05
γ_{M2}	Resistenza delle sezioni trasversali in tensione per frattura	1,25	1,25

	ςαλορι δι $\phi_{\psi\delta}$					
	f_y	**235**	**275**	**355**	**420**	**460**
	ε_{syd} %	0,11	0,13	0,17	0,20	0,22
γ_{M0}	1,05	223,81	261,90	338,10	400,00	438,10

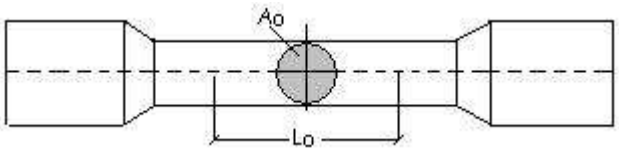
γ_{M1}	1,05	223,81	261,90	338,10	400,00	438,10
γ_{M2}	1,25	188,00	220,00	284,00	336,00	368,00

2.2.4 Duttilità.

Gli allungamenti minimi percentuali:

- diminuiscono con l'aumento del tenore di carbonio;
- diminuiscono con il crescere dello spessore t delle membrature

Allungamento minimo percentuale



$$L_o = 5{,}65\sqrt{A_o}$$

Spessore nominale in mm

Designazione	>3 <40	>40 <63	>63 <100	>100 <150	>150 <250
S235JR	26	25	24	22	21
S275JR	22	21	20	18	17
S355JR	22	21	20	18	17

Altre caratteristiche.

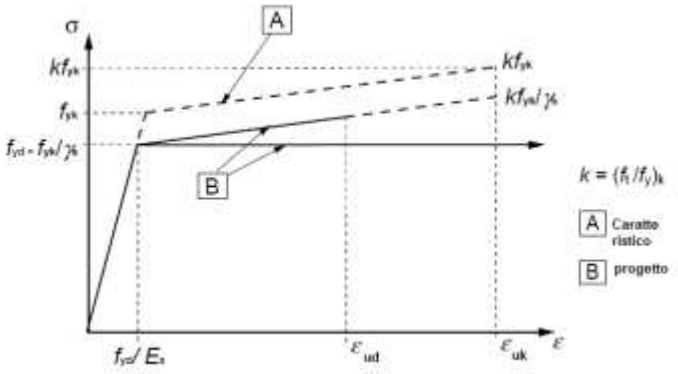
Modulo elastico E = 210000 $\frac{N}{mm^2}$

Coefficiente di Poisson (tratto elastico) $\nu = 0{,}3$

Modulo di taglio $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81000 \frac{N}{mm^2}$

Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ per K

3 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER CA



Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

- 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

f_{yk} Tensione di snervamento (valore caratteristico)

f_{yd} Resistenza di calcolo dell'acciaio

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \qquad \gamma_s = 1.15$$

Modulo elastico

E_s = 210000 N/mm2

Deformazione al limite elastico

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Acciaio B450C conforme al **D.M.I. 14.01.08**

Proprietà	**Requisito**
Limite di snervamento f_y	≥450 MPa
Limite di rottura f_t	≥540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	≥7%
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \le R_m/R_e \le 1,35$
Rapporto $f_{y\ misurato}/ f_{y\ nom}$	≤ 1,25
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico*	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega*	Mantenimento delle proprietà meccaniche
Controllo radiometrico**	superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000
* = prove periodiche annuali ** = controllo per colata	

4 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 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro –5 mm (EC2 4.4.1.3)
- Per dimensioni ≤150mm ± 5 mm
- Per dimensioni =400 mm ± 15 mm
- Per dimensioni ≥2500 mm ± 30 mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente

Piano di Manutenzione delle Strutture

1 RELAZIONE GENERALE

1.1 Introduzione generale

L'opera in oggetto consiste nel miglioramento sismico ed adeguamento statico dell'edificio scolastico provinciale denominato "EINAUDI".

1.2 Riferimenti normativi

Ai fini della compilazione dei piani di manutenzione, si deve fare riferimento alla UNI 7867, 9910, 10147, 10604 e 10874, nonché alla legge 11 febbraio 1994 n°109 ed il relativo regolamento di attuazione (D.P.R. n°554 del 21/12/1999 - art.40).
Vengono di seguito riportate le definizioni più significative:

Manutenzione *(UNI 9910)* : "Combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta".

Piano di manutenzione *(UNI 10874)*: "Procedura avente lo scopo di controllare e ristabilire un rapporto soddisfacente tra lo stato di funzionalità di un sistema o di sue unità funzionali e lo standard qualitativo per esso/a assunto come riferimento. Consiste nella previsione del complesso di attività inerenti la manutenzione di cui si presumono la frequenza, gli indici di costo orientativi e le strategie di attuazione nel medio lungo periodo".

Unità tecnologica *(UNI 7867)*: – Sub sistema – "Unità che si identifica con un raggruppamento di funzioni, compatibili tecnologicamente, necessarie per l'ottenimento di prestazioni ambientali".

Componente *(UNI 10604)*: "Elemento costruttivo o aggregazione funzionale di più elementi facenti parte di un sistema".

Elemento, entità *(UNI 9910)*: – Scheda – "Ogni parte, componente, dispositivo, sottosistema, unità funzionale, apparecchiatura o sistema che può essere considerata individualmente":

Facendo riferimento alla norma UNI 10604 si sottolinea che l'*obiettivo della manutenzione* di un immobile è quello di "garantire l'utilizzo del bene, mantenendone il valore patrimoniale e le prestazioni iniziali entro limiti accettabili per tutta la vita utile e favorendone l'adeguamento tecnico e normativo alle iniziali o nuove prestazioni tecniche scelte dal gestore o richieste dalla legislazione".
L'art. 40 del succitato D.P.R. 554/99 prevede che sia redatto, da parte dei professionisti incaricati della progettazione, un Piano di Manutenzione dell'opera e delle sue parti, obbligatorio secondo varie decorrenze. Tale piano è, secondo quanto indicato dall'articolo citato, un "documento complementare al progetto esecutivo e prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione".

1.3 Soggetti che intervengono nel piano

Proprietari:
Provincia della Spezia
Progettista Strutturale*:*
Ing. Marco Bonaguidi
Progettista Architettonico*:*
Ing. Marco Bonaguidi
Direttore dei Lavori Strutturale*:*
Ing. Marco Bonaguidi
Direttore dei Lavori Architettonico*:*
Ing. Marco Bonaguidi
Redattore Piano di Manutenzione*:*
Ing. Marco Bonaguidi

1.4 Anagrafe dell'Opera

1.4.1 Dati Generali:

Descrizione opera:

L'opera consiste in una serie di interventi per il miglioramento sismico dell'edificio scolastico provinciale denominato EINAUDI:

- Interventi di rafforzamento delle murature con la tecnica dell'intonaco armato
- Interventi di rinforzo di archi esistenti mediante sostituzione ed inserimento di architravi in acciaio
- Interventi di adeguamento dei solai lignei mediante il getto di solette in cls alleggerito reso collaborante con l'inserimento di connettori
- Interventi di rinforzo di solai a semplice orditura con l'inserimento di ulteriore tavolato di rinforzo

1.4.2 Dati catastali Fabbricati:

Quelli riportati nella relazione generale illustrativa Architettonica

2 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

ΣΤΡΥΤΤΥΡΕ IN ΕΛΕζΑΖΙΟΝΕ		
INTEPζENTI	ΧΟΝΤΡΟΛΛΟ	ΦΡΕΘΥΕΝΖΑ
Muratura		
Cause possibili delle anomalie: Le cause principali sono: – cattiva qualità dei materiali di base; – una cattiva messa in opera dei mattoni e dei blocchi; – giunti insufficientemente riempiti di malta o ricorso a malta di bassa qualità; – vibrazioni; – umidità, cicli di gelo-disgelo; – fessurazione verticale nel centro della muratura o a lato delle aperture (dovute in genera alla dilatazione termica o a un cedimento a livello delle fondazioni); – fessurazione orizzontale in corrispondenza del solaio, dovuta all'elasticità del solaio che si inflette per effetto dei carichi; – fessurazioni agli angoli dei muri con una inclinazione di 45°, dovute in genere a cedimenti differenziali; – effetti dei ritiri e delle dilatazioni termiche dei materiali e delle murature che si manifestano con fessurazioni nel mezzo dei muri o nelle parti superiori delle aperture e con fessure a 45° sui muri d'angolo; – fessurazioni del rivestimento in corrispondenza a un cambiamento della natura dei materiali, se non è stata prevista inizialmente una protezione speciali in queste zone. *a.* *Origine dell'umidità nelle murature:* – l'acqua nel terreno in corrispondenza delle fondazioni che risale per capillarità attraverso le fondazioni e i muri; – l'acqua piovana che inumidisce le murature esterne non protette o protette non a sufficienza; – condensa sulle pareti fredde; – le tubazioni d'acqua in funzionamento o fuori servizio, con perdite accidentali. *b.* *Origine dell'efflorescenze sui muri di mattoni:* – la composizione chimica dei mattoni (presenza di solfati); – la presenza d'acqua; – il grado di cottura; – l'inquinamento atmosferico (presenza di zolfo). *c.* *Origine della mancanza di planarità e di verticalità nelle murature:* – errore di esecuzione dovuto a una messa in opera mal eseguita; – inclinazione volontariamente eseguita per compensare la riduzione progressiva di spessore del muro verso l'alto; – eccentricità dei carichi trasmessi dai solai; – giunti non riempiti; – mancanza di collegamenti trasversali e di controventamenti; – instabilità del muro.		
Controlli Previsti:		
Controllo: Controllo periodico Ispezione visiva dello stato delle superfici degli elementi strutturali in mattoni individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, cavillatura, scheggiature, scaglionatura, disgregazione, distacchi. Verifica di eventuali processi di degrado della muratura, dei giunti e delle sigillature **Requisiti da verificare**: *-Regolarità delle finiture, -Resistenza meccanica* **Anomalie**: *-Alveolizzazione, -Crosta, -Distacco, -Efflorescenze, -Fessurazioni, -Mancanza, -Patina biologica, -Polverizzazione* **Ditte Specializzate**: Tecnici di livello superiore	Controllo a vista	360 giorni

3 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

ΣΤΡΥΤΤΥΡΕ ΙΝ ΕΛΕζΑΖΙΟΝΕ	
INTEPçENTI	ΦΡΕΘΥΕΝΖΑ
Muratura in mattoni o pietra	
Intervento: Interventi strutturali Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi secondo necessità e secondo del tipo di anomalia accertata. Fondamentale è la previa diagnosi, a cura di tecnici specializzati, delle cause del difetto accertato. **Ditte Specializzate**: Tecnici di livello superiore	Quando occorre

IL PROGETTISTA

ALLEGATI

1 RELAZIONE GEOLOGICA

Si rimanda alla Relazione Geologica allegata al progetto preliminare.

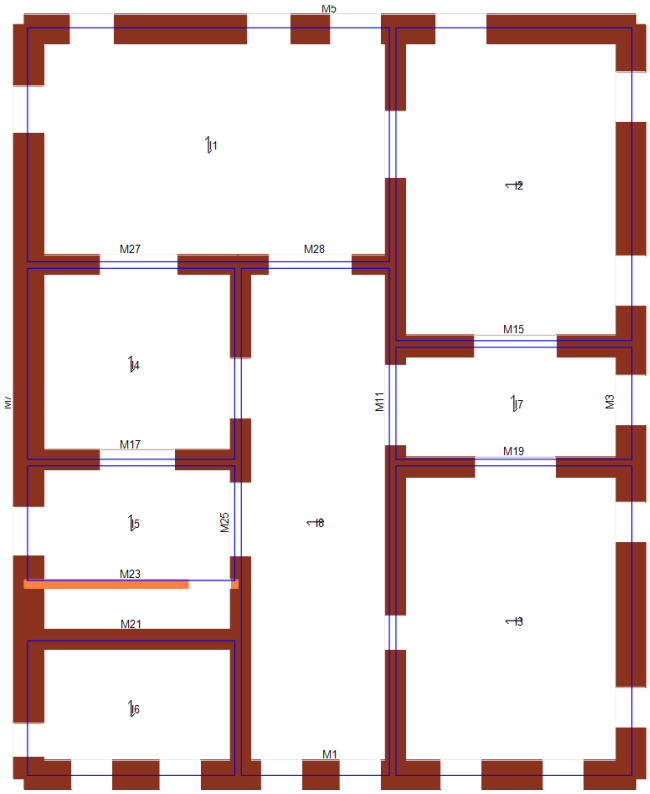
2 RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Dall'analisi della relazione geologica si è desunto che il terreno di posa delle fondazioni è pianeggiante con stratigrafia uniforme in tutta l'area d'ingombro del fabbricato ed è ascrivibile alla Categoria B della Tabella 3.2.II (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, 360m/s < Vs,30 < 800 m/s).
A conferma dell'uniformità del terreno di posa si evidenzia che la struttura allo stato attuale non presenta evidenti fenomeni fessurativi che possano indurre a ritenere che vi siano in atto movimenti differenziati degli elementi di fondazione.
Le fondazioni dell'edificio in esame sono costituite dal semplice allargamento alla base della muratura sovrastante, quindi nel modello adottato i pannelli murari sono stati considerati incastrati al piede. Tale ipotesi progettuale, nel caso di terreno di fondazione uniforme per tutto l'ingombro planimetrico dell'edificio, e in caso di analisi statica non lineare con verifica della capacità dissipativa della struttura in termini di spostamento risulta essere più cautelativa ed al contempo meglio rappresentativa del reale comportamento strutturale dell'edificio.

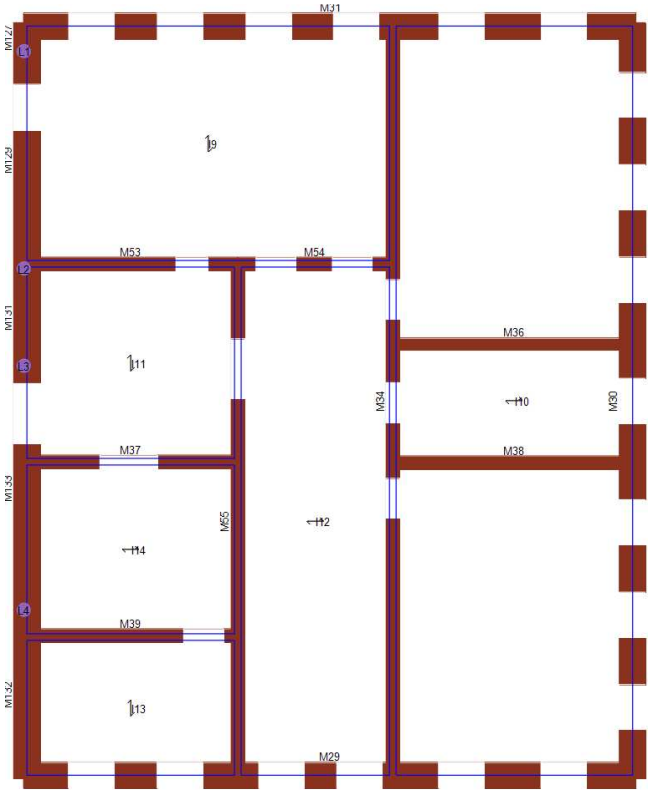
3 TABULATI DI CALCOLO

3.1 Introduzione

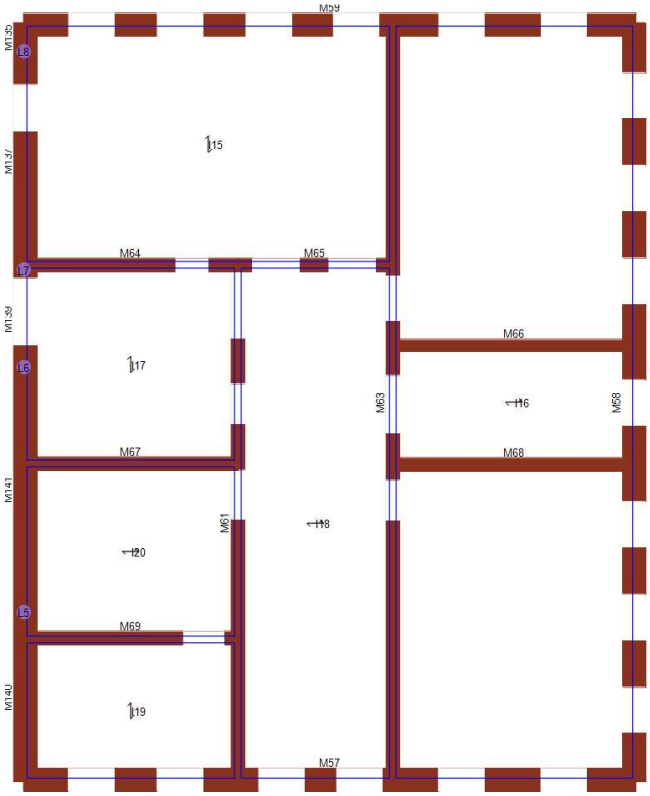
- *Immagini del modello*



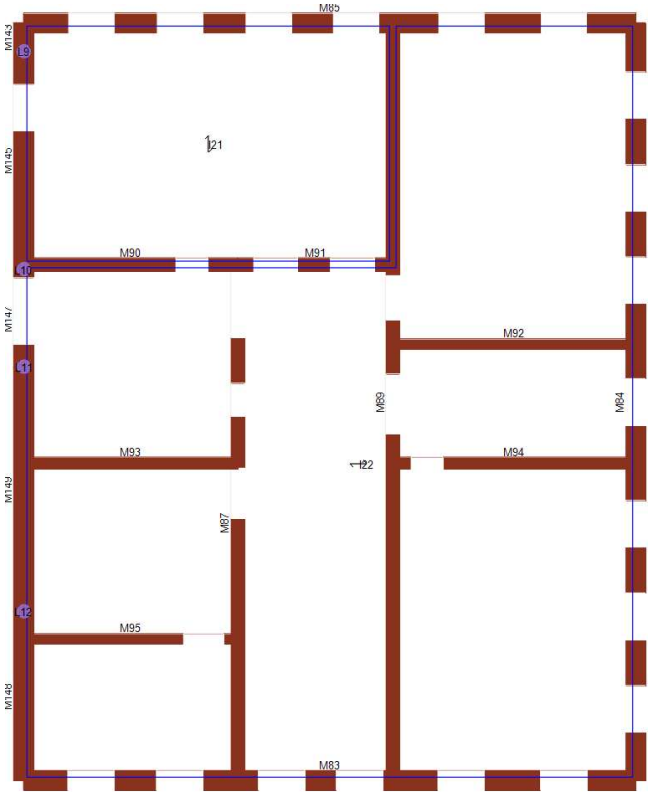
Vista pianta livello 1



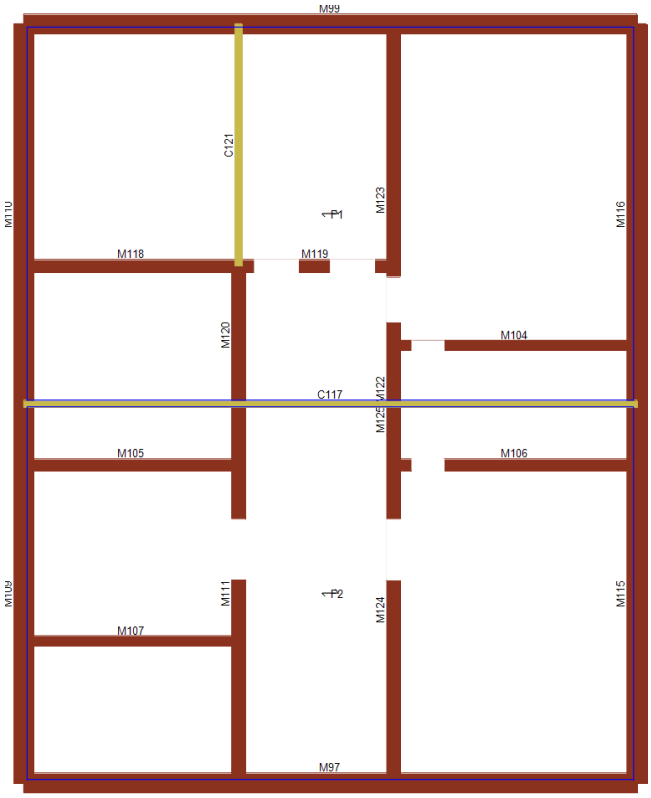
Vista pianta livello 2



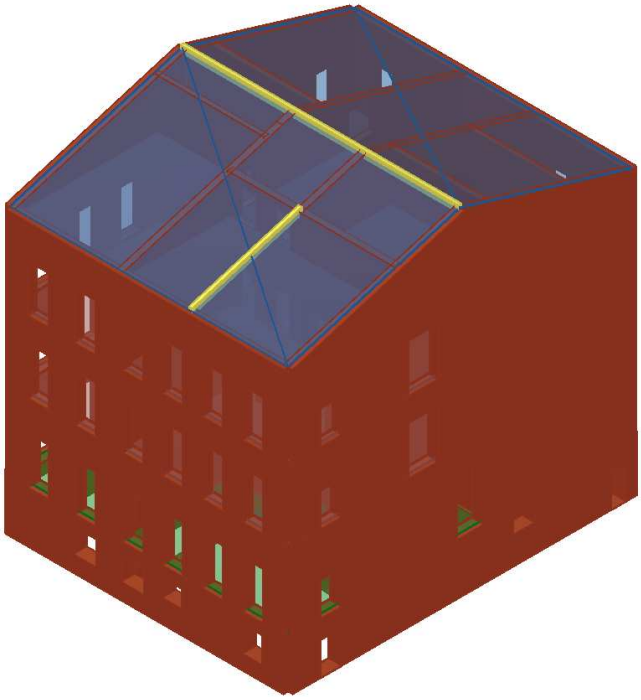
Vista pianta livello 3



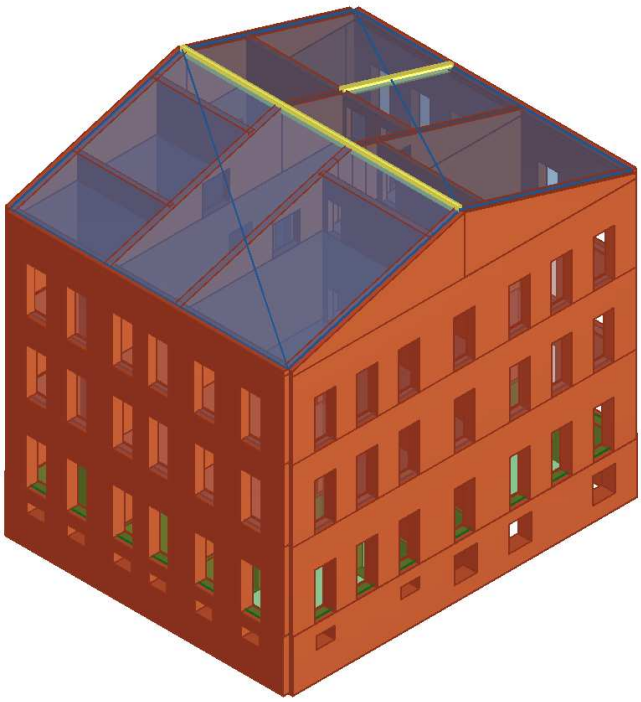
Vista pianta livello 4



Vista pianta livello 4 tetto



Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

3.2 Norme di riferimento

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa n°7 del 21 gennaio 2019

3.3 Azione sismica

Per la definizione dell'azione sismica si fa riferimento a:

- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1
- Longitudine: 9.8442
- Latitudine: 44.1114
- Vita nominale: Opere ordinarie VN >= 50 anni
- Classe d'uso III - Edifici con grandi affollamenti, infrastrutture importanti

3.4 Descrizione del modello

3.4.1 **Materiali**

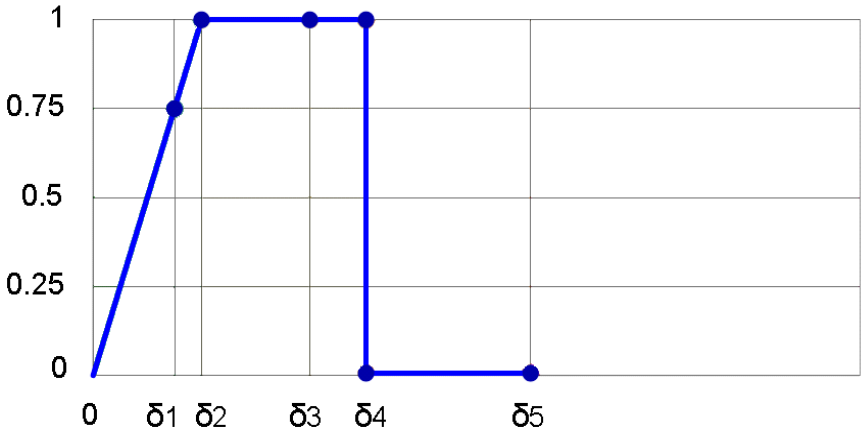
- *Comportamento meccanico della muratura*

Le proprietà meccaniche del materiale muratura sono definite in modo da individuarne al meglio il comportamento in campo non lineare.
Le caratteristiche principali sono:

- Rigidezza iniziale secondo le caratteristiche elastiche (fessurate) del materiale;
- Redistribuzione delle sollecitazioni interne all'elemento tali da garantire l'equilibrio;
- Settaggio dello stato di danno secondo i parametri globali e locali;
- Degradazione della rigidezza nel ramo plastico;
- Controllo di duttilità mediante la definizione di drift massimo (δu) differenziato secondo quanto previsto nelle normative vigenti a seconda del meccanismo di danneggiamento agente sul pannello
- Eliminazione dell'elemento, al raggiungimento delle condizioni limite senza interruzione dell'analisi.

Il comportamento non lineare si attiva quando un valore di forza raggiunge il suo massimo valore definito come il minimo fra i criteri di resistenza pressoflessione e taglio.
Il comportamento dei maschi murari associati ai meccanismi di taglio e pressoflessione può essere descritto attraverso diversi tratti che rappresentano i progressivi livelli di danno.

- *Maschio con meccanismo a taglio*

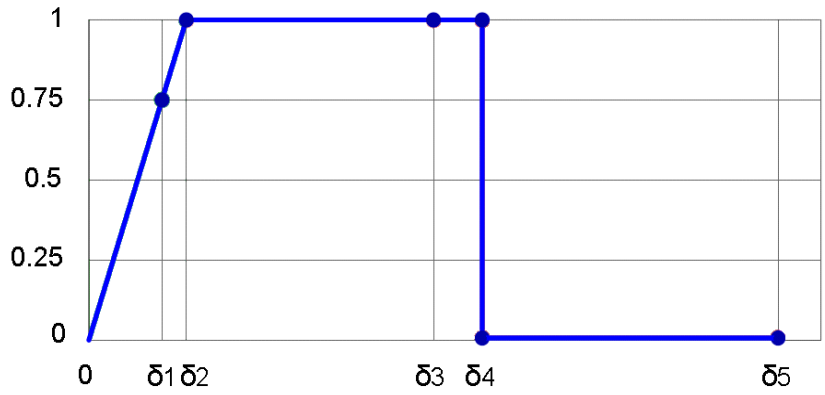


Il comportamento del maschio murario a taglio si può descrivere attraverso i seguenti tratti, rappresentativi dei progressivi livelli di danno relativi al diagramma precedente:

$0 - \delta_1$	elasticità
$\delta_1 - \delta_2$	incipiente di plasticità
$\delta_2 - \delta_3$	plastico per taglio
$\delta_3 - \delta_4$	incipiente rottura per

	taglio
δ_4 - δ_5	rottura per taglio
δ_5 - ∞	crisi grave

- *Maschio con meccanismo a pressoflessione*



Il comportamento del maschio murario pressoflessione, invece, si può descrivere attraverso i seguenti tratti:

0 - δ1	elasticità
δ1 - δ2	incipiente di plasticità
δ2 - δ3	plastico per pressoflessione
δ3 - δ4	incipiente rottura per pressoflessione
δ4 - δ5	rottura per pressoflessione
δ5 - ∞	crisi grave

Alcuni tra questi livelli di rottura sono necessari per descrivere con maggiore cura il progredire della crisi permettendo una più accurata previsione degli interventi e del livello di degrado della muratura:

- Incipiente plasticità: Quando un elemento si trova ancora in campo elastico ma è prossimo alla plasticità
- Incipiente rottura: Quando un elemento è in campo plastico ma è prossimo alla rottura
- Crisi grave: Quando in seguito alla rottura dell'elemento le deformazioni diventano talmente significative da poter generare un crollo locale.

Il software mette a disposizione tre categorie di legame:

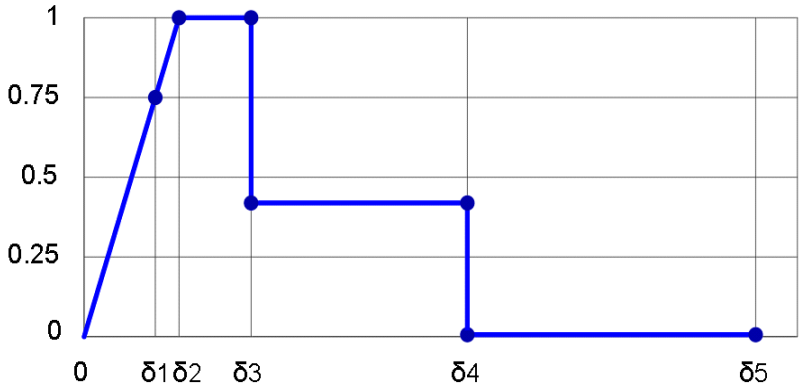
- Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)
- Con resistenza pari al valore residuo (Legame bilineare)

- Priva di resistenza residua

Tra queste le categorie di legame utilizzate all'interno del progetto in esame sono:

- Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)

➢ *Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)*



Questo tipo di legame è definito nella circolare al §C8.7.1.3.1 assumendo:

δ1: 0.75 * δ2

δ2: deformazione in corrispondenza del limite elastico definito dalla rigidezza e resistenza limite

δ3: 0.005

δ4: 0.015

δ5: 2* δ4 Questa deformazione rappresenta lo stato di "crisi grave" non direttamente richiesta nella normativa ma utile come avviso per il progettista.

Nome	Tipo	Colore	Descrizione
Muratura Pietra Spacco	Muratura		Malta Buona
ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	Legno		UNI 11035 [13]
S 235 (t <= 40mm)	Acciaio strutturale		UNI EN10025-2 (laminati)
Mattoni Pieni	Muratura		
Muratura Pietra Spacco Rinforzata	Muratura		Malta Buona+Intonaco Armato

Muratura

Nome	Condizione del materiale	Tipo legame	Peso specifico [kN/m3]
Muratura Pietra Spacco	Esistente	Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)	21

Mattoni Pieni	Esistente	Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)	18
Muratura Pietra Spacco Rinforzata	Esistente	Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)	21

Nome	E [N/mm2]	Eh [N/mm2]	G [N/mm2]	fm [N/cm2]	fhm [N/cm2]	FC	γm
Muratura Pietra Spacco	2.262,00	2.262,00	754,00	346,67	312,00	1,20	3,00
Mattoni Pieni	1.500,00	1.500,00	500,00	250,37	253,50	1,35	3,00
Muratura Pietra Spacco Rinforzata	3.393,00	3.393,00	1.131,00	520,00	468,00	1,20	2,00

Nome	τ [N/cm2]	fb [N/mm2]	fv0 [N/mm2]	Φ	μ	fbt [N/mm2]	Indice ingranamento	Indice coesione
Muratura Pietra Spacco	7,04	6,50	0,00	0,00	0,00	0,0	1,00	1,00
Mattoni Pieni	4,81	7,50	13,00	0,00	0,00	0,0	1,00	1,00
Muratura Pietra Spacco Rinforzata	10,56	6,50	0,00	0,00	0,00	0,0	1,00	1,00

Acciaio strutturale

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	fym [N/mm2]	fyk [N/mm2]
S 235 (t <= 40mm)	210.000,00	80.769,00	79	253,0	235,00

Legno

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	fwm [N/mm2]	fwk [N/mm2]
ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	12.000,00	750,00	4	41,0	29,00

3.5 Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
1	1	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	90,0
3	2	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	90,0
5	3	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	90,0
7	4	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	90,0
25	5	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
11	6	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
27	7	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
28	7	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
15	8	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	65,0
17	9	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
19	10	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
21	11	Muratura Pietra Spacco	-	340	340	60,0
23	12	Mattoni Pieni	-	340	340	25,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	340	4,0	10.456,67	19.483,33	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
2	340	4,0	10.456,67	19.483,33	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
3	340	4,0	10.456,67	19.483,33	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
4	340	4,0	10.456,67	14.962,50	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
5	340	4,0	10.456,67	14.962,50	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
6	340	4,0	10.456,67	14.962,50	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
7	340	4,0	10.456,67	14.962,50	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
8	340	4,0	10.456,67	14.962,50	0,00	Monodirezionale	Putrelle e voltini

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
29	1	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
30	2	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
31	3	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
127	4	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
129	4	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
131	4	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
132	4	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
133	4	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	80,0
55	5	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
34	6	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
53	7	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
54	7	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
36	8	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	35,0
37	9	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
38	10	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0
39	11	Muratura Pietra Spacco	-	855	515	40,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
9	855	5,0	8.333,33	33.707,69	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
10	855	5,0	8.333,33	33.707,69	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
11	855	5,0	8.333,33	32.320,00	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
12	855	5,0	8.333,33	32.320,00	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
13	855	4,0	10,00	14.215,38	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
14	598	-	-	-	-	Bidirezionale	Impalcato rigido

Livello 3

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
57	1	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
58	2	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
59	3	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
135	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
137	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
139	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
140	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
141	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	70,0
61	5	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
63	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
64	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
65	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
66	8	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	35,0
67	9	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
68	10	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0
69	11	Muratura Pietra Spacco	-	1.330	475	40,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
15	1.330	5,0	8.333,33	33.707,69	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
16	1.330	5,0	8.333,33	33.707,69	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
17	1.330	5,0	8.333,33	32.320,00	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
18	1.330	5,0	8.333,33	32.320,00	20.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
19	1.330	4,0	10,00	15.400,00	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
20	1.092	-	-	-	-	Bidirezionale	Impalcato rigido

Livello 4

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
83	1	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
97	1	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
84	2	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
115	2	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
116	2	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
85	3	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
99	3	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
109	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
110	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
143	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
145	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
147	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0

148	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
149	4	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	60,0
87	5	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
111	5	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
120	5	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
89	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
122	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
123	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
124	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
125	6	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
90	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
91	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
118	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
119	7	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	40,0
92	8	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	30,0
104	8	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	30,0
93	9	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	35,0
105	9	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	35,0
94	10	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	35,0
106	10	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	35,0
95	11	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	30,0
107	11	Muratura Pietra Spacco	-	1.840	510	30,0

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
21	1.840	6,0	750,00	15.055,56	12.000,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
22	1.840	6,0	750,00	22.266,67	12.000,00	Bidirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato doppio

Elementi di copertura

Livello 4

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
83	1	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
97	1	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
84	2	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
115	2	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
116	2	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
85	3	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
99	3	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
109	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
110	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
143	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
145	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
147	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
148	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0

149	4	Muratura Pietra Spacco	-	60,0
87	5	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
111	5	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
120	5	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
89	6	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
122	6	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
123	6	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
124	6	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
125	6	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
90	7	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
91	7	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
118	7	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
119	7	Muratura Pietra Spacco	-	40,0
92	8	Muratura Pietra Spacco	-	30,0
104	8	Muratura Pietra Spacco	-	30,0
93	9	Muratura Pietra Spacco	-	35,0
105	9	Muratura Pietra Spacco	-	35,0
94	10	Muratura Pietra Spacco	-	35,0
106	10	Muratura Pietra Spacco	-	35,0
95	11	Muratura Pietra Spacco	-	30,0
107	11	Muratura Pietra Spacco	-	30,0

Trave Acciaio / Legno

N.	Parete	Materiale	Area [cm2]	J [cm4]	W plastico [cm3]
121	5	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	800,00	106.666,67	5.333,33
117	13	ANS1Conifere. pioppo (Abete Nord 1)	800,00	106.666,67	5.333,33

Falda

N.	Quota min [cm]	Quota max [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	1.870	2.215	4,0	10,00	10.450,00	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
2	1.870	2.215	4,0	10,00	10.450,00	0,00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice

3.6 Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-841	-485	0	0
21	-193	-485	0	0
26	276	-485	0	0
6	1.011	-485	0	0
2	-841	-485	340	1
22	-193	-485	340	1
27	276	-485	340	1

7	1.011	-485	340	1
3	-841	-485	855	2
23	-193	-485	855	2
28	276	-485	855	2
8	1.011	-485	855	2
4	-841	-485	1.330	3
24	-193	-485	1.330	3
29	276	-485	1.330	3
9	1.011	-485	1.330	3
5	-841	-485	1.840	4
25	-193	-485	1.840	4
30	276	-485	1.840	4
10	1.011	-485	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
95	338	0	0
97	899	0	0
99	1.479	0	0
96	338	340	1
98	898	340	1
100	1.479	340	1
101	338	855	2
102	898	855	2
103	1.479	855	2
104	338	1.330	3
105	898	1.330	3
106	1.479	1.330	3
107	338	1.840	4
108	898	1.840	4
109	1.479	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
31	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,8	205,0	72	181	1	2
37	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	158,5	205,0	1.773	181	6	7
35	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	185,9	75,0	1.171	233	26	27
36	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	190,0	75,0	1.479	233	99	100
32	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	148,1	70,0	338	235	95	96
33	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	187,5	70,0	626	235	21	22
34	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	118,4	70,0	899	235	97	98
39	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	131,1	313,0	338	497	96	101

40	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	171,1	313,0	626	497	22	23
41	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	99,0	313,0	898	497	98	102
42	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	170,7	313,0	1.170	497	27	28
43	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	173,0	313,0	1.479	497	100	103
38	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	135,3	438,6	68	559	2	3
44	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	150,0	438,6	1.777	559	7	8
46	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	131,1	313,0	338	1.012	101	104
47	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	171,1	313,0	626	1.012	23	24
48	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	99,0	313,0	898	1.012	102	105
49	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	170,7	313,0	1.170	1.012	28	29
50	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	173,0	313,0	1.479	1.012	103	106
45	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	135,3	410,7	68	1.060	3	4
51	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	150,0	410,7	1.777	1.060	8	9
53	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	128,1	313,0	338	1.487	104	107
54	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	168,1	313,0	626	1.487	24	25
55	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	96,0	313,0	898	1.487	105	108
56	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	167,7	313,0	1.170	1.487	29	30
57	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	170,0	313,0	1.479	1.487	106	109
52	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	133,8	435,1	67	1.548	4	5
58	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	148,5	435,1	1.778	1.548	9	10

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
9	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	190,0	1.324	95	26	99
1	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	204	100	1	95
3	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	472	100	95	21
5	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	779	100	21	97
7	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	1.018	100	97	26

11	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	1.634	100	99	6
2	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	204	305	2	96
4	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	472	305	96	22
6	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	780	305	22	98
8	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	1.017	305	98	27
10	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	1.324	305	27	100
12	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,5	70,0	1.634	305	100	7
13	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	204	754	3	101
14	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	472	754	101	23
15	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	780	754	23	102
16	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	1.016	754	102	28
17	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	1.324	754	28	103
18	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	137,0	202,0	1.634	754	103	8
19	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	204	1.249	4	104
20	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	472	1.249	104	24
21	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	780	1.249	24	105
22	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	1.016	1.249	105	29
23	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	1.324	1.249	29	106
24	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,5	162,0	1.634	1.249	106	9
25	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	204	1.742	5	107
26	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	472	1.742	107	25
27	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	780	1.742	25	108
28	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.016	1.742	108	30
29	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.324	1.742	30	109
30	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.634	1.742	109	10

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello

6	1.011	-485	0	0
76	1.011	475	0	0
56	1.011	836	0	0
11	1.011	1.806	0	0
7	1.011	-485	340	1
77	1.011	475	340	1
57	1.011	836	340	1
12	1.011	1.806	340	1
8	1.011	-485	855	2
78	1.011	475	855	2
58	1.011	836	855	2
13	1.011	1.806	855	2
9	1.011	-485	1.330	3
79	1.011	475	1.330	3
59	1.011	836	1.330	3
14	1.011	1.806	1.330	3
10	1.011	-485	1.840	4
80	1.011	475	1.840	4
60	1.011	836	1.840	4
15	1.011	1.806	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
110	499	0	0
112	1.794	0	0
111	498	340	1
113	1.794	340	1
114	357	855	2
115	637	855	2
116	1.654	855	2
117	1.934	855	2
118	357	1.330	3
119	637	1.330	3
120	1.654	1.330	3
121	1.934	1.330	3
122	357	1.840	4
123	637	1.840	4
124	1.654	1.840	4
125	1.934	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
95	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,2	255,0	2.220	175	11	12
90	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	157,3	210,0	79	181	6	7
93	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	212,6	170,0	1.332	185	56	57
94	Muratura Pietra	-	90,0	410,0	170,0	1.794	185	112	113

	Spacco								
92	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	235,7	120,0	958	210	76	77
91	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	443,1	75,0	499	233	110	111
97	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	143,8	313,0	357	497	111	114
98	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	144,4	313,0	637	497	111	115
99	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	231,9	313,0	961	497	77	78
100	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	232,4	313,0	1.330	497	57	58
101	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	143,7	313,0	1.654	497	113	116
102	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	144,2	313,0	1.934	497	113	117
96	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	149,3	438,6	75	559	7	8
103	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	150,2	438,6	2.217	559	12	13
105	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	143,8	313,0	357	1.012	114	118
106	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	144,4	313,0	637	1.012	115	119
107	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	231,9	313,0	961	1.012	78	79
108	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	232,4	313,0	1.330	1.012	58	59
109	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	143,7	313,0	1.654	1.012	116	120
110	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	144,2	313,0	1.934	1.012	117	121
104	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	149,3	410,7	75	1.060	8	9
111	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	150,2	410,7	2.217	1.060	13	14
113	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	139,8	313,0	357	1.487	118	122
114	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,4	313,0	637	1.487	119	123
115	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	227,9	313,0	961	1.487	79	80
116	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	228,4	313,0	1.330	1.487	59	60
117	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	139,7	313,0	1.654	1.487	120	124
118	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,2	313,0	1.934	1.487	121	125
112	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	147,3	435,1	74	1.548	9	10
119	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	148,2	435,1	2.218	1.548	14	15

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
63	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	150,0	100,0	1.151	50	76	56
65	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	150,0	100,0	1.514	50	56	112
67	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	150,0	100,0	2.074	50	112	11
59	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	190,0	217	95	6	110
61	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	120,0	200,0	780	100	110	76
60	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,0	70,0	217	305	7	111
62	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,0	70,0	779	305	111	77
64	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,0	70,0	1.148	305	77	57
66	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,0	70,0	1.514	305	57	113
68	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,0	70,0	2.074	305	113	12
69	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	217	754	8	114
70	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	497	754	114	115
71	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	777	754	115	78
72	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.145	754	78	58
73	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.514	754	58	116
74	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.793	754	116	117
75	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	2.074	754	117	13
76	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	217	1.249	9	118
77	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	497	1.249	118	119
78	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	777	1.249	119	79
79	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	1.145	1.249	79	59
80	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	1.514	1.249	59	120
81	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	1.793	1.249	120	121
82	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	2.074	1.249	121	14
83	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	217	1.742	10	122
84	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	497	1.742	122	123

85	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	777	1.742	123	80
86	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.145	1.742	80	60
87	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.514	1.742	60	124
88	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.793	1.742	124	125
89	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	2.074	1.742	125	15

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
16	-841	1.806	0	0
31	276	1.806	0	0
11	1.011	1.806	0	0
17	-841	1.806	340	1
32	276	1.806	340	1
12	1.011	1.806	340	1
18	-841	1.806	855	2
33	276	1.806	855	2
13	1.011	1.806	855	2
19	-841	1.806	1.330	3
34	276	1.806	1.330	3
14	1.011	1.806	1.330	3
20	-841	1.806	1.840	4
35	276	1.806	1.840	4
15	1.011	1.806	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
126	473	0	0
128	867	0	0
127	473	340	1
129	870	340	1
130	339	855	2
131	607	855	2
132	873	855	2
133	1.480	855	2
134	339	1.330	3
135	607	1.330	3
136	873	1.330	3
137	1.480	1.330	3
138	339	1.840	4
139	607	1.840	4
140	873	1.840	4
141	1.480	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
146	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	139,7	255,0	70	175	16	17
150	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	454,4	250,0	1.625	176	11	12
149	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	168,9	160,0	1.163	190	31	32
147	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	407,3	142,5	473	199	126	127
148	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	123,8	137,5	867	201	128	129
152	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	132,1	313,0	339	497	127	130
153	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	132,3	313,0	607	497	127	131
154	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	128,6	313,0	873	497	129	132
155	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	182,9	313,0	1.165	497	32	33
156	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	174,0	313,0	1.480	497	12	133
151	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,7	438,6	68	559	17	18
157	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	149,5	438,6	1.777	559	12	13
159	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	132,1	313,0	339	1.012	130	134
160	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	132,3	313,0	607	1.012	131	135
161	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	128,6	313,0	873	1.012	132	136
162	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	182,9	313,0	1.165	1.012	33	34
163	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	174,0	313,0	1.480	1.012	133	137
158	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	136,7	410,7	68	1.060	18	19
164	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	149,5	410,7	1.777	1.060	13	14
166	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	132,1	313,0	339	1.487	134	138
167	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	132,3	313,0	607	1.487	135	139
168	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	128,6	313,0	873	1.487	136	140
169	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	180,9	313,0	1.164	1.487	34	35
170	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	170,0	313,0	1.480	1.487	137	141
165	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	136,7	435,1	68	1.548	19	20
171	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	147,5	435,1	1.778	1.548	14	15

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
120	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	130,0	100,0	205	50	16	126
124	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	150,0	110,0	1.004	55	128	31
126	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	150,0	110,0	1.323	55	31	11
122	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	128,0	155,0	741	78	126	128
121	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	133,0	70,0	205	305	17	127
123	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	132,0	70,0	741	305	127	129
125	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,0	70,0	1.005	305	129	32
127	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	143,0	70,0	1.324	305	32	12
128	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	205	754	18	130
129	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	473	754	130	131
130	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	741	754	131	132
131	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.006	754	132	33
132	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.325	754	33	133
133	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	136,0	202,0	1.635	754	133	13
134	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	136,0	162,0	205	1.249	19	134
135	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	136,0	162,0	473	1.249	134	135
136	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	136,0	162,0	741	1.249	135	136
137	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	136,0	162,0	1.006	1.249	136	34
138	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	1.325	1.249	34	137
139	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	138,0	162,0	1.635	1.249	137	14
140	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	136,0	197,0	205	1.742	20	138
141	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	136,0	197,0	473	1.742	138	139
142	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	136,0	197,0	741	1.742	139	140
143	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	136,0	197,0	1.006	1.742	140	35
144	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.325	1.742	35	141

145	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	197,0	1.635	1.742	141	15

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-841	-485	0	0
81	-841	-56	0	0
91	-841	107	0	0
61	-841	475	0	0
36	-841	1.075	0	0
16	-841	1.806	0	0
2	-841	-485	340	1
82	-841	-56	340	1
92	-841	107	340	1
62	-841	475	340	1
37	-841	1.075	340	1
17	-841	1.806	340	1
3	-841	-485	855	2
83	-841	-56	855	2
63	-841	475	855	2
38	-841	1.075	855	2
18	-841	1.806	855	2
4	-841	-485	1.330	3
84	-841	-56	1.330	3
64	-841	475	1.330	3
39	-841	1.075	1.330	3
19	-841	1.806	1.330	3
5	-841	-485	1.840	4
85	-841	-56	1.840	4
65	-841	475	1.840	4
40	-841	1.075	1.840	4
20	-841	1.806	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
179	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	68,4	292,9	34	146	1	2
182	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	186,7	292,9	2.199	146	16	17
180	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	511,4	152,5	424	169	81	82
181	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	1.140,4	152,5	1.395	169	36	37
184	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	768,0	305,0	1.581	493	37	38
185	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	186,6	426,7	2.199	553	17	18
183	Muratura Pietra	-	80,0	1.017,3	461,1	509	571	82	83

	Spacco								
187	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	444,6	270,0	1.743	990	38	39
188	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	186,6	394,3	2.199	1.052	18	19
186	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	1.320,7	412,6	660	1.061	83	84
190	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	444,6	269,0	1.743	1.465	39	40
191	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	186,6	422,6	2.199	1.541	19	20
189	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	1.320,7	436,3	660	1.548	84	85

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
172	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	145,0	185,0	752	93	91	61
173	Muratura Pietra Spacco	-	90,0	140,0	120,0	2.035	280	37	17
174	Muratura Pietra Spacco	-	80,0	140,0	295,0	2.035	708	38	18
176	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	140,0	255,0	2.035	1.203	39	19
175	Muratura Pietra Spacco	-	70,0	200,0	155,0	1.421	1.253	64	39
178	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	140,0	290,0	2.035	1.695	40	20
177	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	200,0	192,0	1.421	1.744	65	40

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
21	-193	-485	0	0
86	-193	-56	0	0
93	-193	107	0	0
66	-193	475	0	0
46	-193	1.075	0	0
22	-193	-485	340	1
87	-193	-56	340	1
94	-193	107	340	1
67	-193	475	340	1
47	-193	1.075	340	1
23	-193	-485	855	2
88	-193	-56	855	2
68	-193	475	855	2
48	-193	1.075	855	2
24	-193	-485	1.330	3
89	-193	-56	1.330	3

69	-193	475	1.330	3
49	-193	1.075	1.330	3
25	-193	-485	1.840	4
90	-193	-56	1.840	4
70	-193	475	1.840	4
50	-193	1.075	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
142	1.271	1.330	3
143	1.271	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
201	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	199,1	222,5	998	111	66	67
202	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	283,1	292,9	1.419	146	46	47
200	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	678,7	294,2	339	147	86	87
203	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	1.153,5	461,1	577	571	94	88
204	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	227,4	461,1	1.447	571	47	48
207	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	138,8	280,0	1.271	995	48	142
206	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	141,6	287,5	1.011	999	68	69
208	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	20,1	412,6	1.551	1.061	48	49
205	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	794,4	417,1	397	1.064	88	89
211	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	139,0	282,0	1.271	1.471	142	143
210	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	157,4	288,0	1.023	1.474	69	70
212	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	20,1	436,3	1.551	1.548	49	50
209	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	794,4	439,3	397	1.550	89	90

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
192	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	180,0	120,0	1.216	280	67	47
193	Muratura Pietra	-	40,0	119,0	125,0	1.177	793	68	48

	Spacco								
195	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	110,0	235,0	1.147	1.213	69	142
196	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	200,0	155,0	1.441	1.253	142	49
194	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	148,0	140,0	868	1.260	89	69
198	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	100,0	264,0	1.152	1.708	70	143
199	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	200,0	192,0	1.441	1.744	143	50
197	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	150,0	180,0	869	1.750	90	70

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
26	276	-485	0	0
71	276	475	0	0
51	276	836	0	0
41	276	1.075	0	0
31	276	1.806	0	0
27	276	-485	340	1
72	276	475	340	1
52	276	836	340	1
42	276	1.075	340	1
32	276	1.806	340	1
28	276	-485	855	2
73	276	475	855	2
53	276	836	855	2
43	276	1.075	855	2
33	276	1.806	855	2
29	276	-485	1.330	3
74	276	475	1.330	3
54	276	836	1.330	3
44	276	1.075	1.330	3
34	276	1.806	1.330	3
30	276	-485	1.840	4
75	276	475	1.840	4
55	276	836	1.840	4
45	276	1.075	1.840	4
35	276	1.806	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
222	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	60,0	521,4	215,0	755	108	71	72
223	Muratura Pietra	-	60,0	572,0	220,0	1.542	110	41	42

	Spacco Rinforzata								
221	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	394,7	290,4	197	145	26	27
224	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	263,8	292,9	2.160	146	31	32
226	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	170,1	240,0	995	460	72	73
227	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	192,6	240,0	1.297	460	52	53
225	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	790,2	427,6	395	554	27	28
228	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	779,0	427,6	1.902	554	42	43
230	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	143,6	240,0	982	975	73	74
231	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	166,1	240,0	1.310	975	53	54
229	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	790,2	396,1	395	1.053	28	29
232	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	765,1	396,1	1.909	1.053	43	44
234	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	162,6	288,0	1.312	1.474	54	55
235	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	765,1	422,6	1.909	1.541	44	45
233	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	1.050,3	446,7	525	1.553	74	75

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
213	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	180,0	120,0	1.138	280	72	52
214	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	120,0	275,0	850	718	28	73
215	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	146,5	275,0	1.140	718	73	53
216	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	127,0	275,0	1.456	718	53	43
217	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	176,5	235,0	1.140	1.213	74	54
218	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	134,0	235,0	1.460	1.213	54	44
220	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	134,0	290,0	1.460	1.695	55	45
219	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	180,0	154,0	1.140	1.763	75	55

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
36	-841	1.075	0	0
46	-193	1.075	0	0
41	276	1.075	0	0
37	-841	1.075	340	1
47	-193	1.075	340	1
42	276	1.075	340	1
38	-841	1.075	855	2
48	-193	1.075	855	2
43	276	1.075	855	2
39	-841	1.075	1.330	3
49	-193	1.075	1.330	3
44	276	1.075	1.330	3
40	-841	1.075	1.840	4
50	-193	1.075	1.840	4
45	276	1.075	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
144	878	340	1
145	878	855	2
146	878	1.330	3
147	878	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
249	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	281,7	220,0	602	110	46	47
248	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	230,9	292,9	115	146	36	37
250	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	126,3	292,9	1.054	146	41	42
252	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	146,6	240,0	629	460	47	48
253	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	111,4	240,0	878	460	144	145
251	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	460,9	427,6	230	554	37	38
254	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	63,1	427,6	1.085	554	42	43
256	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	136,6	240,0	624	975	48	49
257	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	91,4	240,0	878	975	145	146

	Rinforzata								
255	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	460,9	396,1	230	1.053	38	39
258	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	53,1	396,1	1.090	1.053	43	44
260	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	140,6	233,5	626	1.447	49	50
261	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	99,4	247,0	878	1.454	146	147
259	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	460,9	422,6	230	1.541	39	40
262	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	57,1	424,2	1.088	1.542	44	45

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
236	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	162,5	120,0	427	280	37	47
237	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	127,8	120,0	786	280	47	144
238	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	116,1	120,0	964	280	144	42
239	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	95,0	275,0	508	718	38	48
240	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	130,0	275,0	763	718	48	145
241	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	130,0	275,0	994	718	145	43
242	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	95,0	235,0	508	1.213	39	49
243	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	136,0	235,0	763	1.213	49	146
244	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	136,0	235,0	994	1.213	146	44
245	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	95,0	290,0	508	1.695	40	50
246	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	132,0	263,0	763	1.709	50	147
247	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	132,0	263,0	994	1.709	147	45

Parete : 8

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
51	276	836	0	0
56	1.011	836	0	0
52	276	836	340	1
57	1.011	836	340	1
53	276	836	855	2
58	1.011	836	855	2
54	276	836	1.330	3

59	1.011	836	1.330	3
55	276	836	1.840	4
60	1.011	836	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
148	368	340	1
149	368	855	2
150	368	1.330	3
151	368	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
266	Muratura Pietra Spacco	-	65,0	248,5	292,9	124	146	51	52
267	Muratura Pietra Spacco	-	65,0	240,7	292,9	615	146	56	57
263	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	735,2	515,0	368	598	148	149
264	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	735,2	475,0	368	1.093	149	150
265	Muratura Pietra Spacco	-	30,0	735,2	510,0	368	1.585	150	151

Parete : 9

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
61	-841	475	0	0
66	-193	475	0	0
62	-841	475	340	1
67	-193	475	340	1
63	-841	475	855	2
68	-193	475	855	2
64	-841	475	1.330	3
69	-193	475	1.330	3
65	-841	475	1.840	4
70	-193	475	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
152	324	855	2
153	324	1.330	3
154	324	1.840	4

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
271	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	230,9	292,9	115	146	61	62

272	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	60,0	193,2	292,9	552	146	66	67
273	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	231,1	461,1	116	571	62	63
274	Muratura Pietra Spacco Rinforzata	-	40,0	243,0	461,1	527	571	67	68
269	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	648,1	475,0	324	1.093	152	153
270	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	648,1	510,0	324	1.585	153	154

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
268	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	199,0	120,0	331	280	62	67

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
71	276	475	0	0
76	1.011	475	0	0
72	276	475	340	1
77	1.011	475	340	1
73	276	475	855	2
78	1.011	475	855	2
74	276	475	1.330	3
79	1.011	475	1.330	3
75	276	475	1.840	4
80	1.011	475	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
155	368	340	1
156	368	855	2
157	368	1.330	3

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
278	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	251,5	292,9	126	146	71	72
279	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	243,7	292,9	613	146	76	77
276	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	735,2	515,0	368	598	155	156
277	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	735,2	475,0	368	1.093	156	157

280	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	55,8	422,7	28	1.541	74	75
281	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	584,4	422,7	443	1.541	157	80

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
275	Muratura Pietra Spacco	-	35,0	95,0	310,0	103	1.685	75	80

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
81	-841	-56	0	0
86	-193	-56	0	0
82	-841	-56	340	1
87	-193	-56	340	1
83	-841	-56	855	2
88	-193	-56	855	2
84	-841	-56	1.330	3
89	-193	-56	1.330	3
85	-841	-56	1.840	4
90	-193	-56	1.840	4

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
158	324	0	0
159	324	340	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
285	Muratura Pietra Spacco	-	60,0	648,1	340,0	324	170	158	159
286	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	484,2	377,5	242	587	159	83
287	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	44,0	377,5	626	587	87	88
288	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	484,2	371,5	242	1.093	83	84
289	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	44,0	371,5	626	1.093	88	89
290	Muratura Pietra Spacco	-	30,0	484,2	425,6	242	1.543	84	85
291	Muratura Pietra Spacco	-	30,0	44,0	425,6	626	1.543	89	90

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore	Base	Altezza	Baricentro	Baricentro Z	Nodo	Nodo

			[cm]	[cm]	[cm]	X [cm]	[cm]	sinistro	destro
282	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	120,0	275,0	544	823	83	88
283	Muratura Pietra Spacco	-	40,0	120,0	102,0	544	1.279	84	89
284	Muratura Pietra Spacco	-	30,0	120,0	250,0	544	1.715	85	90

Parete : 12

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
91	-841	107	0	0
93	-193	107	0	0
92	-841	107	340	1
94	-193	107	340	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
294	Mattoni Pieni	-	25,0	500,3	280,0	250	170	91	92
295	Mattoni Pieni	-	25,0	22,8	280,0	637	170	93	94

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
292	Mattoni Pieni	-	25,0	125,0	60,0	563	30	91	93
293	Mattoni Pieni	-	25,0	125,0	60,0	563	310	92	94

(*) Elementi di copertura

3.7 Carichi

3.7.1 Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

3.7.2 Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

E	azione sismica per lo stato limite in esame;
G_{k1}	peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
G_{k2}	peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
Q_{Ki}	valore caratteristico della azione variabile;
Ψ_2	coefficiente di combinazione;
Ψ_0	coefficiente di combinazione per i carichi variabili
γ_{G1}; γ_{G2}; γ_Q :	coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

N. Carico	Livello	Tipo	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	ψ0	ψ2	Note
1	2	Concentrato [daN]	3.685,00	4.015,00	3.170,00	0,70	0,60	-
2	2	Concentrato [daN]	4.340,00	5.015,00	3.960,00	0,70	0,60	-
3	2	Concentrato [daN]	2.890,00	3.510,00	2.770,00	0,70	0,60	-
4	2	Concentrato [daN]	2.235,00	2.510,00	1.980,00	0,70	0,60	-
5	3	Concentrato [daN]	2.235,00	2.510,00	1.980,00	0,70	0,60	-
6	3	Concentrato [daN]	2.890,00	3.510,00	2.770,00	0,70	0,60	-
7	3	Concentrato [daN]	4.340,00	5.015,00	3.960,00	0,70	0,60	-
8	3	Concentrato [daN]	3.685,00	4.015,00	3.170,00	0,70	0,60	-
9	4	Concentrato [daN]	3.685,00	1.585,00	845,00	0,00	0,00	-
10	4	Concentrato [daN]	4.340,00	1.980,00	1.055,00	0,00	0,00	-
11	4	Concentrato [daN]	2.890,00	1.385,00	740,00	0,00	0,00	-

12	4	Concentrato [daN]	2.235,00	990,00	530,00	0,00	0,00	-

Note
CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Carico dominante	ψ0	ψ2
1	117	300	300	Sì	1,00	0,60
2	117	300	300	Sì	1,00	0,60
3	117	300	300	Sì	1,00	0,60
4	111	300	300	Sì	1,00	0,60
5	111	300	300	Sì	1,00	0,60
6	111	300	300	Sì	1,00	0,60
7	111	300	300	Sì	1,00	0,60
8	111	300	300	Sì	1,00	0,60
9	158	200	300	Sì	1,00	0,60
10	158	200	300	Sì	1,00	0,60
11	158	200	300	Sì	1,00	0,60
12	158	200	300	Sì	1,00	0,60
13	70	260	300	Sì	1,00	0,60
14	412	77	344	No	0,70	0,60
15	158	200	300	Sì	1,00	0,60
16	158	200	300	Sì	1,00	0,60
17	158	200	300	Sì	1,00	0,60
18	158	200	300	Sì	1,00	0,60
19	70	260	300	Sì	1,00	0,60
20	412	77	344	No	0,70	0,60
21	50	30	50	No	0,00	0,00
22	50	30	50	No	0,00	0,00

N. Falda	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Carico dominante	ψ0	ψ2
1	20	50	80	No	0,50	0,00
2	20	50	80	No	0,50	0,00

3.8 Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella “Tabella 1” (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g: accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla “Classe del suolo” e dalla “categoria topografica” (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
Ag [m/s2]	1,76	1,38	0,57	0,47
F0	2,38	2,39	2,54	2,52
Tc* [s]	0,30	0,30	0,26	0,24
Tr	1462,00	712,00	75,00	45,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
Ss	1,20	1,20	1,20	1,20
Tb [s]	0,14	0,14	0,12	0,12
Tc [s]	0,42	0,42	0,37	0,35
Td [s]	2,32	2,16	1,83	1,79

3.9 Analisi incrementale a collasso (pushover)

3.9.1 Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa , le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d’inerzia, ricadenti l’una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l’altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forme modale (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l’altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	4	75
2	+X	Distribuzione modale	0,0	4	75
3	-X	Uniforme	0,0	4	75
4	-X	Distribuzione modale	0,0	4	75
5	+Y	Uniforme	0,0	4	75
6	+Y	Distribuzione modale	0,0	4	75
7	-Y	Uniforme	0,0	4	75
8	-Y	Distribuzione modale	0,0	4	75
9	+X	Uniforme	114,6	4	75
10	+X	Uniforme	-114,6	4	75
11	+X	Distribuzione modale	114,6	4	75
12	+X	Distribuzione modale	-114,6	4	75
13	-X	Uniforme	114,6	4	75
14	-X	Uniforme	-114,6	4	75
15	-X	Distribuzione modale	114,6	4	75
16	-X	Distribuzione modale	-114,6	4	75
17	+Y	Uniforme	92,6	4	75
18	+Y	Uniforme	-92,6	4	75
19	+Y	Distribuzione modale	92,6	4	75
20	+Y	Distribuzione modale	-92,6	4	75

21	-Y	Uniforme	92,6	4	75
22	-Y	Uniforme	-92,6	4	75
23	-Y	Distribuzione modale	92,6	4	75
24	-Y	Distribuzione modale	-92,6	4	75

3.10 **Risultati**

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente al minore tra:

1) il valore del taglio di base residuo pari all'80% di quello massimo

2) il valore corrispondente al raggiungimento della soglia limite della deformazione angolare a SLC in tutti i maschi murari verticali di qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

Stato limite Vita (SLV):

$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$

D_{max}^{SLV}: Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0{,}75 \cdot D_u^{SLC}$.

$q^* < 3{,}0$

q*: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$

D_{max}^{SLD}: Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento minore tra:

1) quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente definita a partire dallo spostamento ultimo a SLC

2) quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari verticali in un qualunque livello di una qualunque parte ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione (e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 0,7500 del taglio di base massimo)

3.11 **Vulnerabilità sismica**

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC}, α_{SLV}, α_{SLD}, α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di *capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.*

- PGA_{CLV} :accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

- PGA_{DLC} :accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC
- PGA_{DLV} :accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV
- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

3.12 **Dettaglio verifiche**

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	SLV ver.
1	+X	Uniforme	0,0	3,98	5,10	1,56	Sì
2	+X	Distribuzione modale	0,0	3,07	4,43	1,60	Sì
3	-X	Uniforme	0,0	3,49	4,63	1,93	Sì
4	-X	Distribuzione modale	0,0	2,84	4,24	1,82	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	2,54	7,57	1,69	Sì
6	+Y	Distribuzione modale	0,0	2,35	2,14	1,76	No
7	-Y	Uniforme	0,0	2,57	6,86	1,77	Sì
8	-Y	Distribuzione modale	0,0	2,44	1,95	1,60	No

9	+X	Uniforme	114,6	4,01	5,21	1,56	Sì
10	+X	Uniforme	-114,6	3,88	5,05	1,61	Sì
11	+X	Distribuzione modale	114,6	3,04	4,40	1,62	Sì
12	+X	Distribuzione modale	-114,6	3,11	4,45	1,59	Sì
13	-X	Uniforme	114,6	3,53	4,47	1,88	Sì
14	-X	Uniforme	-114,6	3,53	4,63	1,86	Sì
15	-X	Distribuzione modale	114,6	2,80	3,91	1,80	Sì
16	-X	Distribuzione modale	-114,6	2,82	4,16	1,87	Sì
17	+Y	Uniforme	92,6	2,54	5,15	1,87	Sì
18	+Y	Uniforme	-92,6	2,46	5,19	1,51	Sì
19	+Y	Distribuzione modale	92,6	2,47	2,73	1,67	Sì
20	+Y	Distribuzione modale	-92,6	2,27	2,51	1,90	Sì
21	-Y	Uniforme	92,6	2,65	5,16	1,78	Sì
22	-Y	Uniforme	-92,6	2,51	5,34	1,55	Sì
23	-Y	Distribuzione modale	92,6	2,48	2,11	1,70	No
24	-Y	Distribuzione modale	-92,6	2,38	1,97	1,55	No

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,56	2,18	Sì
2	+X	Distribuzione modale	0,0	1,20	1,62	Sì
3	-X	Uniforme	0,0	1,37	1,58	Sì
4	-X	Distribuzione modale	0,0	1,11	1,44	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	0,99	1,50	Sì
6	+Y	Distribuzione modale	0,0	0,93	1,08	Sì
7	-Y	Uniforme	0,0	1,00	1,45	Sì
8	-Y	Distribuzione modale	0,0	0,95	1,23	Sì
9	+X	Uniforme	114,6	1,57	2,30	Sì
10	+X	Uniforme	-114,6	1,52	2,14	Sì
11	+X	Distribuzione modale	114,6	1,19	1,56	Sì
12	+X	Distribuzione modale	-114,6	1,22	1,68	Sì
13	-X	Uniforme	114,6	1,38	1,52	Sì
14	-X	Uniforme	-114,6	1,38	1,55	Sì
15	-X	Distribuzione modale	114,6	1,10	1,46	Sì
16	-X	Distribuzione modale	-114,6	1,10	1,42	Sì
17	+Y	Uniforme	92,6	0,99	1,36	Sì
18	+Y	Uniforme	-92,6	0,96	1,63	Sì
19	+Y	Distribuzione modale	92,6	0,97	1,20	Sì
20	+Y	Distribuzione modale	-92,6	0,91	1,04	Sì
21	-Y	Uniforme	92,6	1,04	1,49	Sì
22	-Y	Uniforme	-92,6	0,98	1,62	Sì
23	-Y	Distribuzione modale	92,6	0,97	1,19	Sì
24	-Y	Distribuzione modale	-92,6	0,94	1,28	Sì

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0,0	1,281	1,397
2	+X	Distribuzione modale	0,0	1,444	1,353
3	-X	Uniforme	0,0	1,324	1,156
4	-X	Distribuzione modale	0,0	1,496	1,301
5	+Y	Uniforme	0,0	1,772	1,510
6	+Y	Distribuzione modale	0,0	0,910	1,159
7	-Y	Uniforme	0,0	1,697	1,447
8	-Y	Distribuzione modale	0,0	0,801	1,292
9	+X	Uniforme	114,6	1,299	1,465
10	+X	Uniforme	-114,6	1,302	1,410
11	+X	Distribuzione modale	114,6	1,449	1,315
12	+X	Distribuzione modale	-114,6	1,430	1,381
13	-X	Uniforme	114,6	1,267	1,100
14	-X	Uniforme	-114,6	1,312	1,126
15	-X	Distribuzione modale	114,6	1,397	1,334
16	-X	Distribuzione modale	-114,6	1,474	1,291
17	+Y	Uniforme	92,6	1,606	1,369
18	+Y	Uniforme	-92,6	1,985	1,691
19	+Y	Distribuzione modale	92,6	1,104	1,235
20	+Y	Distribuzione modale	-92,6	1,102	1,138
21	-Y	Uniforme	92,6	1,683	1,435
22	-Y	Uniforme	-92,6	1,939	1,653
23	-Y	Distribuzione modale	92,6	0,852	1,227
24	-Y	Distribuzione modale	-92,6	0,831	1,365

Dalla tabella riassuntiva dei risultati sopra riportata si desume che le verifiche risultano non soddisfatte, le analisi più significative sono la n°. 13 e la n°. 8 , rispettivamente per le direzioni X ed Y .

La scelta di tali analisi come analisi “significative” è fatta in base alla ricerca del minore valore del parametro di vulnerabilità sismica.

Riportiamo qui di seguito i dettagli delle analisi sopra citate.

3.12.1 **Legenda risultati**

C.A.

	Integro
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura per taglio (armatura diagonale carente)

Legno

	Integro
	Rottura presso flessione

Muratura

	Integro
	Incipiente plasticità
	Plastico per taglio
	Incipiente rottura per taglio
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Incipiente rottura presso flessione
	Rottura presso flessione
	Crisi grave
	Rottura per compressione

	Rottura per compressione
	Rottura per trazione

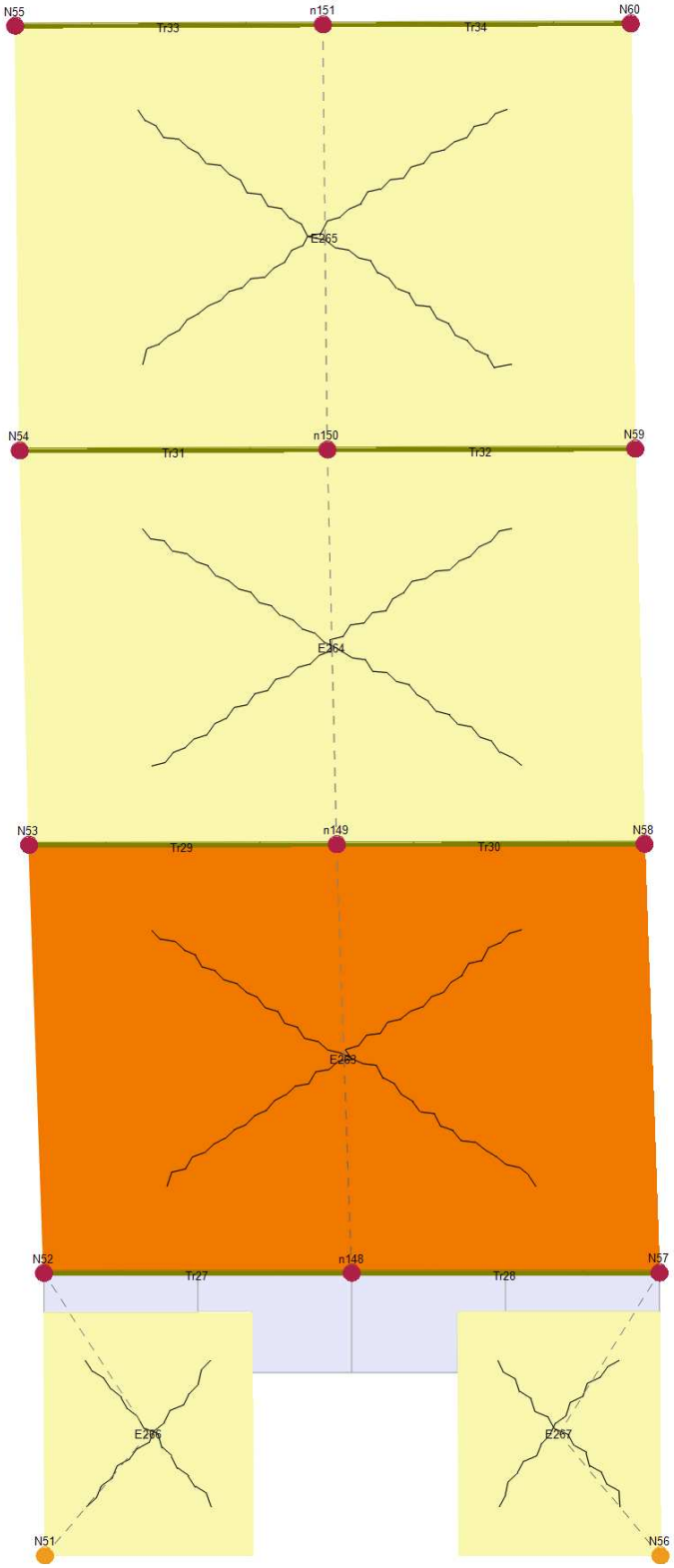
Acciaio

	Integro
	Plastico presso flessione
	Plastico presso flessione
	Plastico per trazione
	Elemento non efficace
	Ritorno in fase elastica

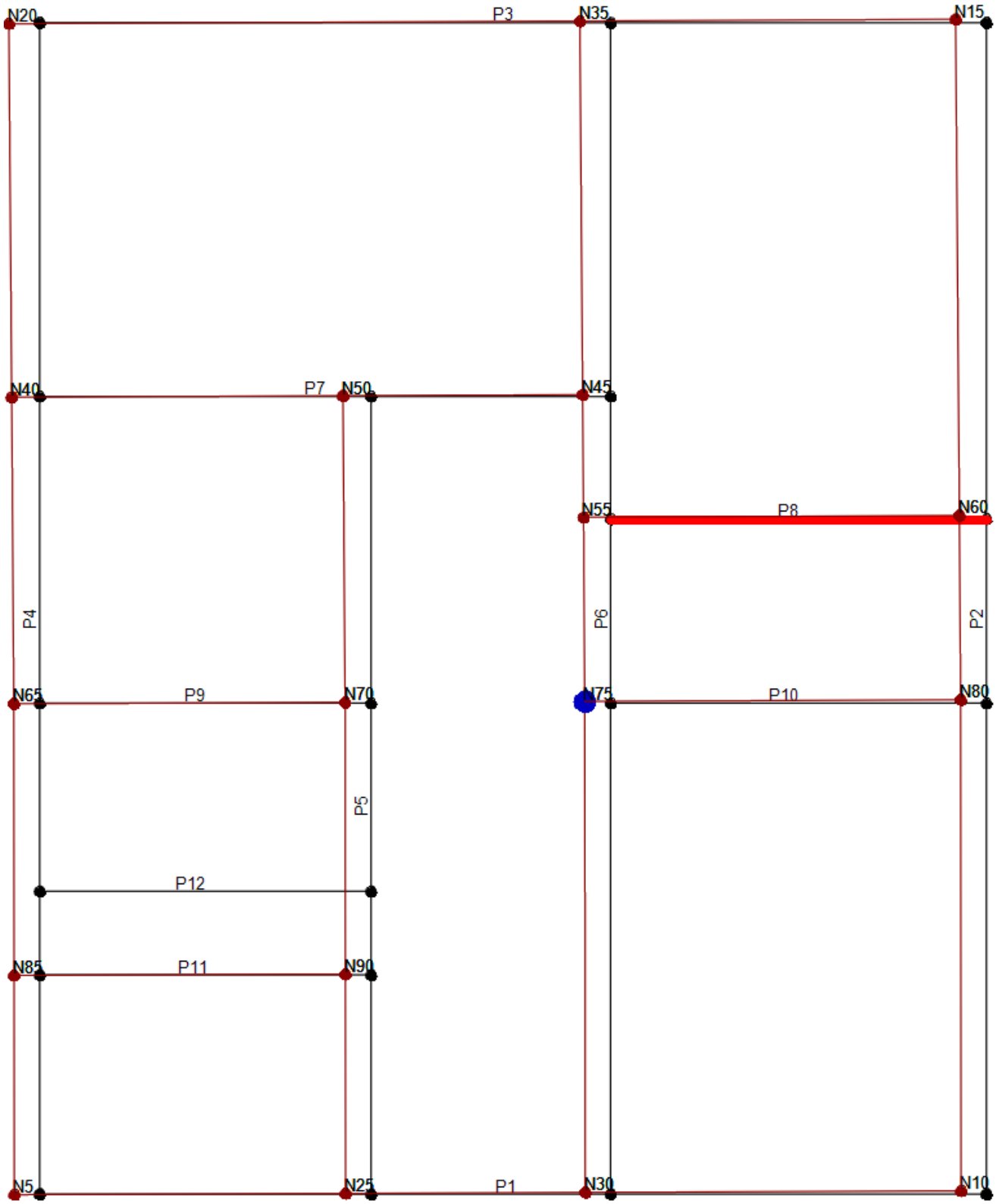
	Rottura per trazione
	Rottura in fase elastica
	Elemento non efficace

3.13 **Analisi sismica n. 13 Direzione X**

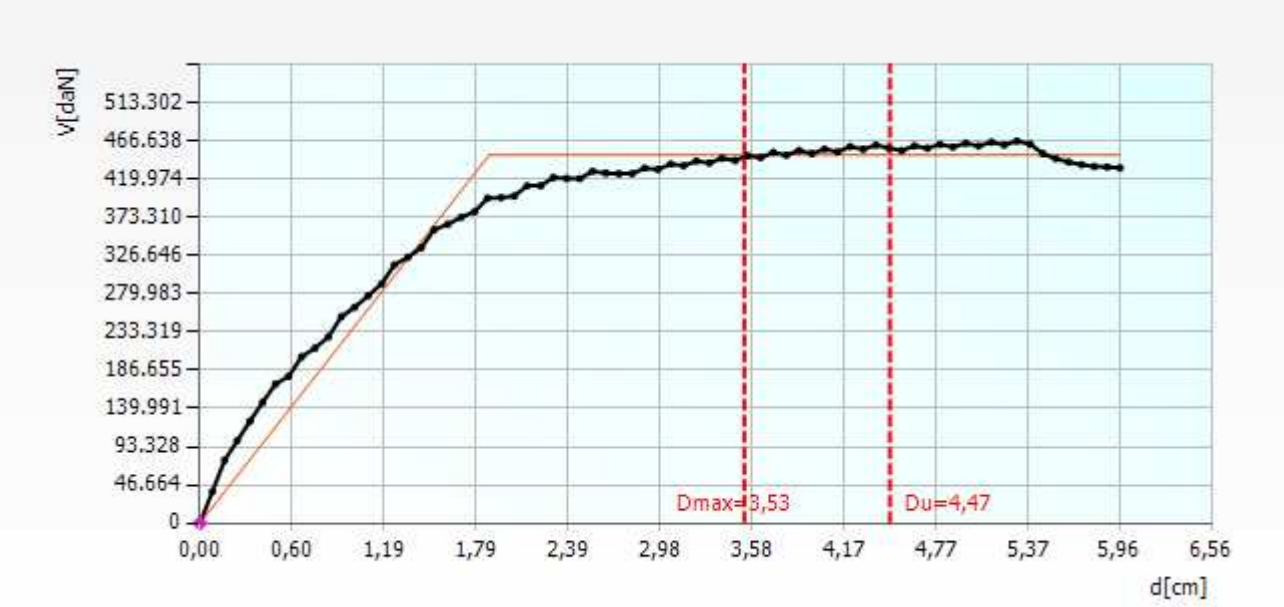
- *Analisi sismica n. 13 Parete 8 Sottopasso 72*



- *Deformata Pianta*



3.13.1 **Curva Pushover (analisi n. 13)**



3.13.2 **Vulnerabilità Sismica**

							TRc		TR=cost	
	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s2]	PGA C (TR) [m/s2]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s2]	α PGA
SLV	1560	712	2,1910	1,3812	1,7923	2,38	0,31	1,2976	1,7505	1,2674
SLD	99	75	1,3200	0,5700	0,6337	2,54	0,27	1,1119	0,6271	1,1002

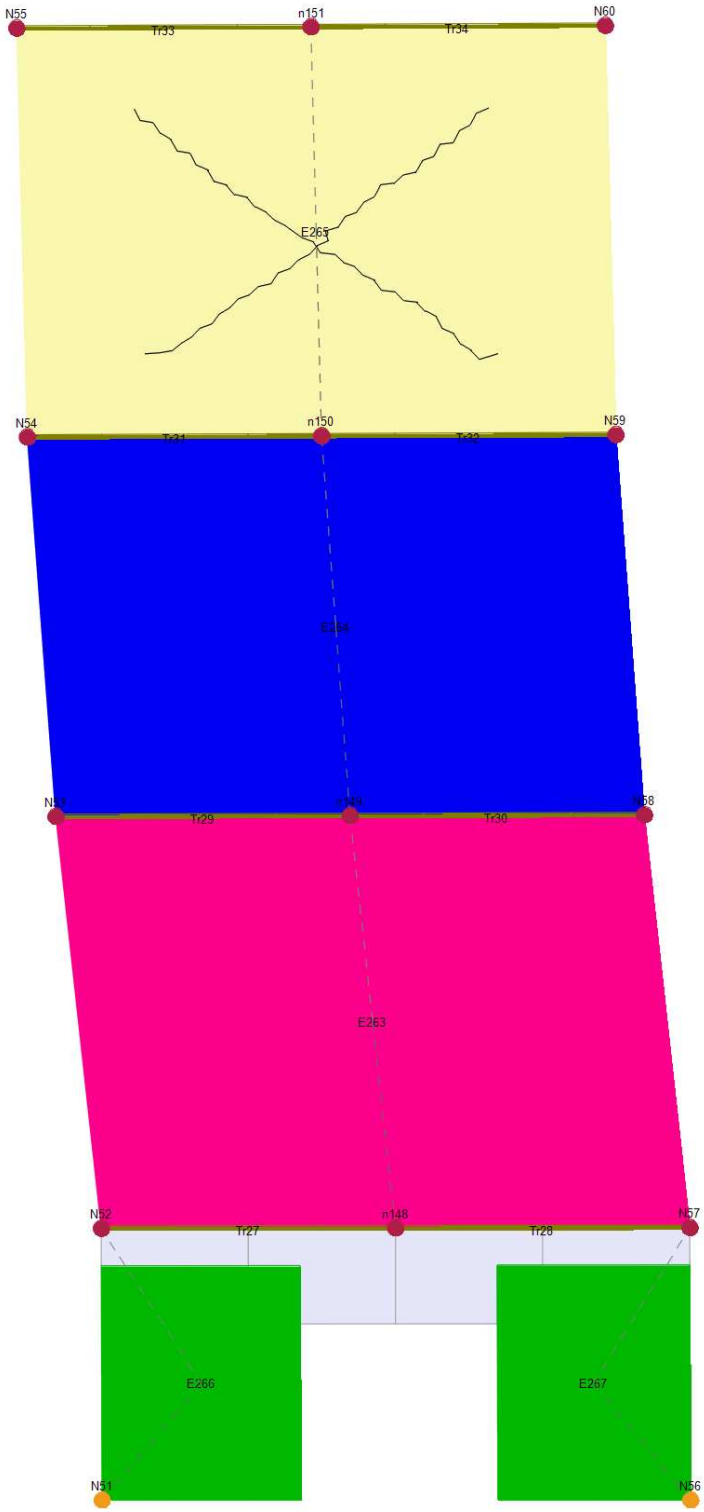
I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

Il medesimo valore su suolo di riferimento è ottenibile moltiplicando gli stessi per (SS*St); i corrispondenti valori nella tabella seguente.

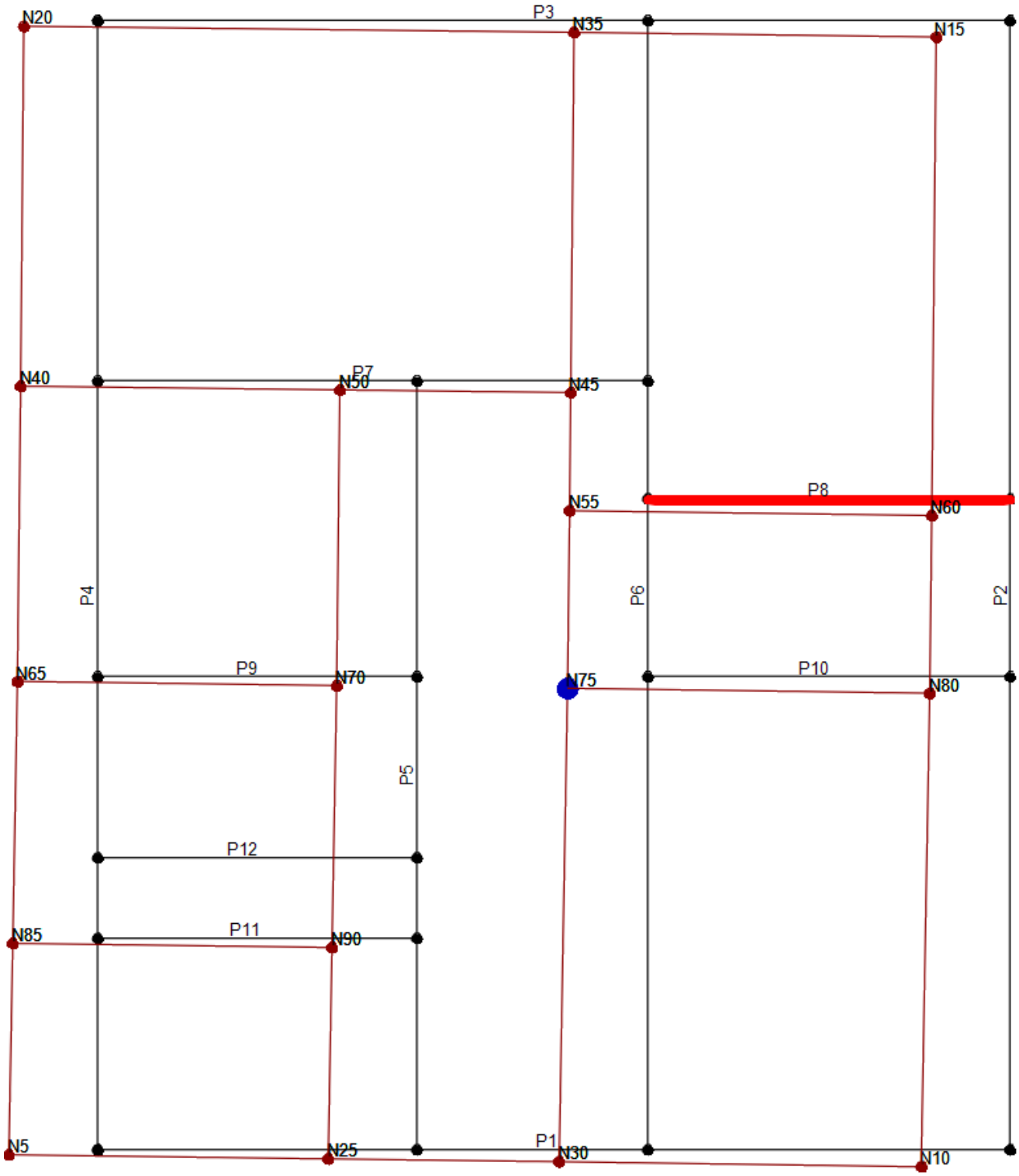
							TRc		TR=cost	
	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s2]	PGA C (TR) [m/s2]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s2]	α PGA
SLV	1560	712	2,1910	1,6575	2,1507	2,38	0,31	1,2976	2,1006	1,2674
SLD	99	75	1,3200	0,6840	0,7605	2,54	0,27	1,1119	0,7525	1,1002

3.14 **Analisi sismica n. 8 Direzione Y**

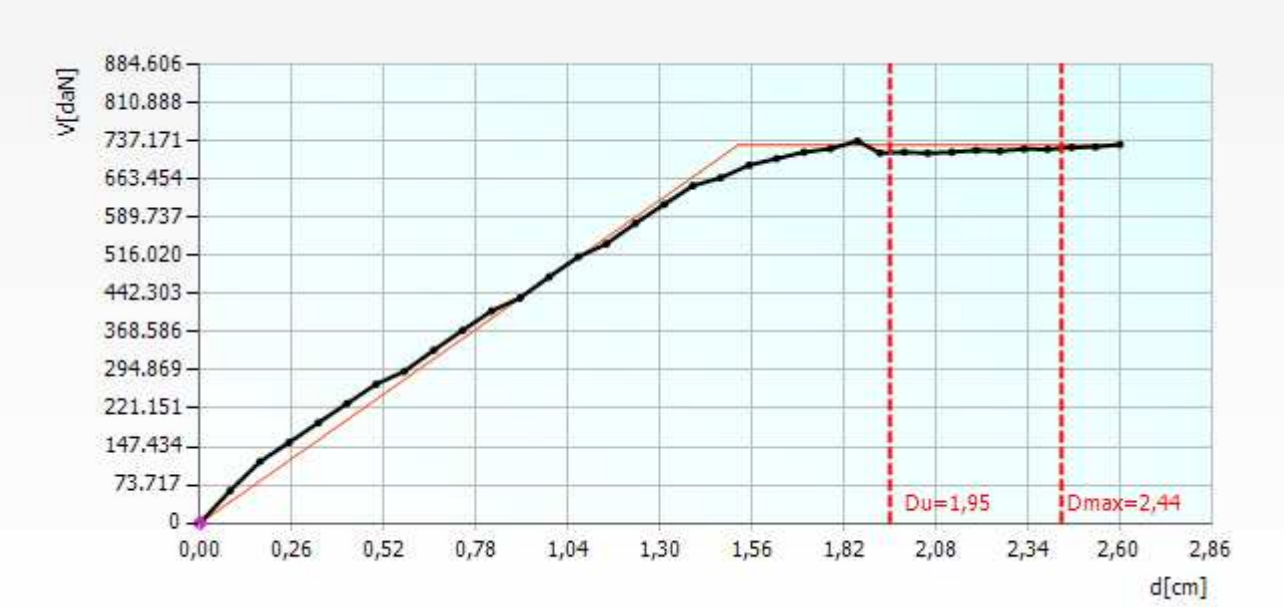
- *Analisi sismica n. 8 Parete 8 Sottopasso 35*



➢ *Deformata Pianta*



3.14.1 **Curva Pushover (analisi n. 8)**



3.14.2 **Vulnerabilità Sismica**

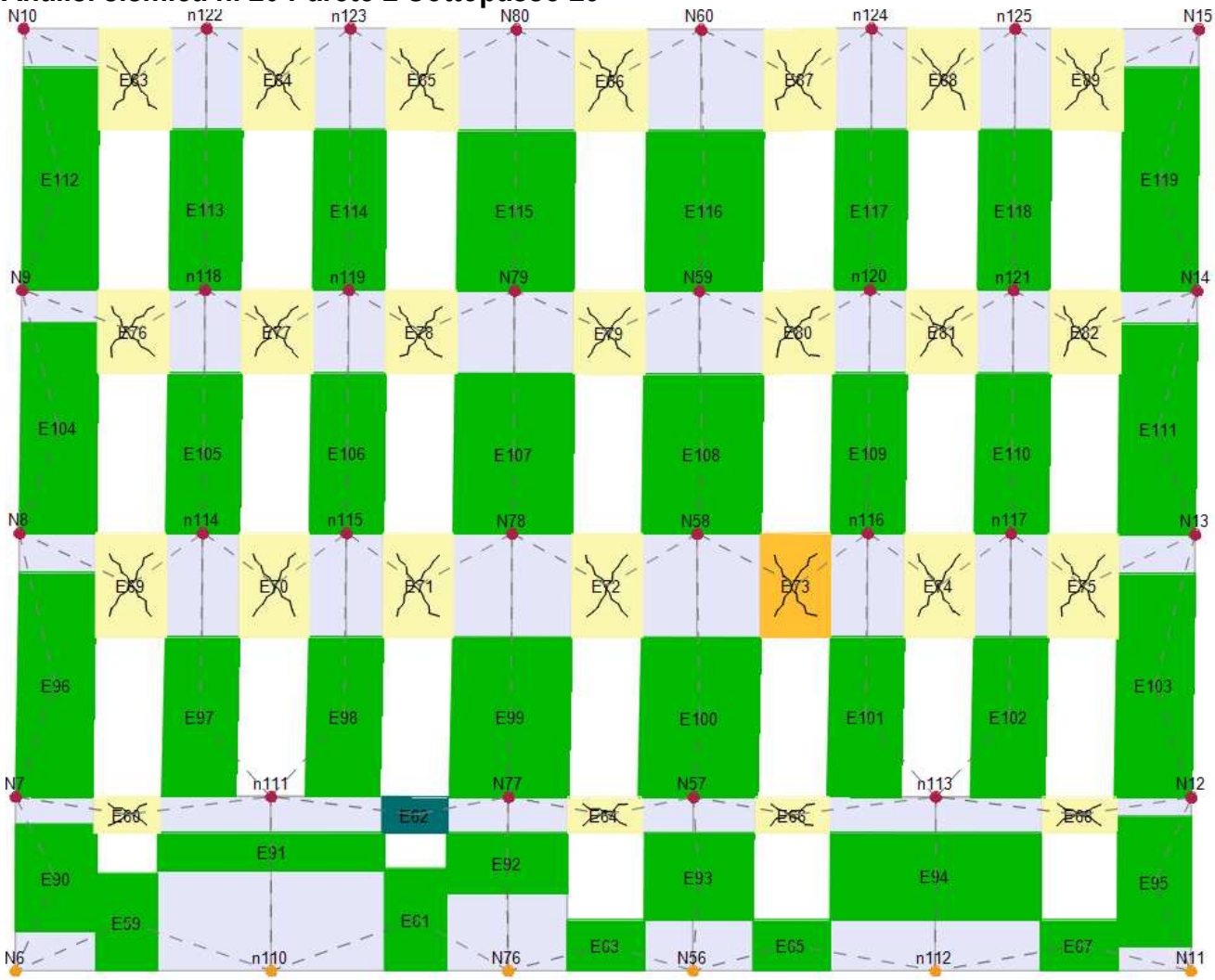
							TRc		TR=cost	
	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s2]	PGA C (TR) [m/s2]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s2]	α PGA
SLV	455	712	0,6390	1,3812	1,1752	2,41	0,29	0,8509	1,1061	0,8008
SLD	145	75	1,9333	0,5700	0,7318	2,54	0,27	1,2840	0,7366	1,2923

I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

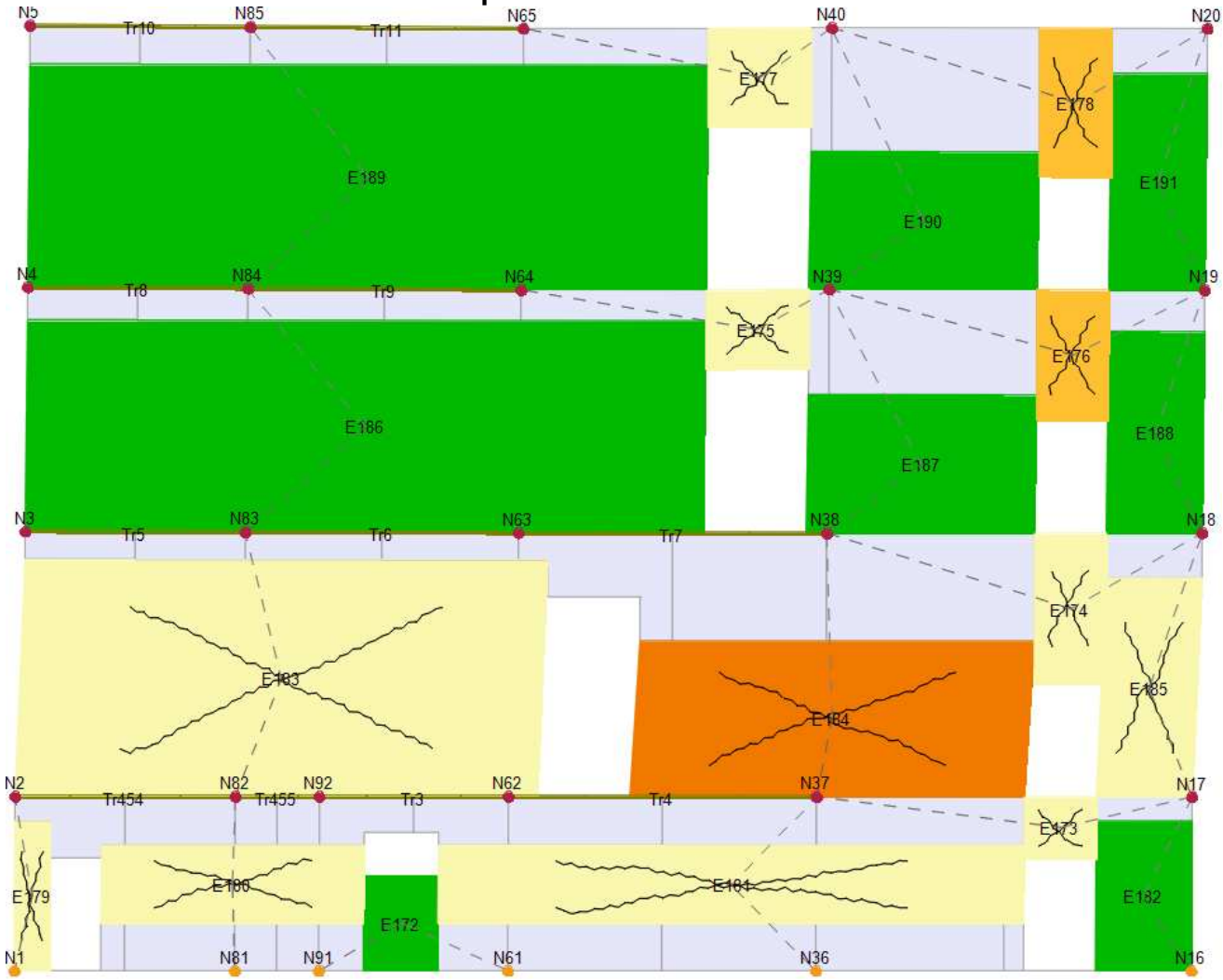
Il medesimo valore su suolo di riferimento è ottenibile moltiplicando gli stessi per (SS*St); i corrispondenti valori nella tabella seguente.

							TRc		TR=cost	
	TR C	TR D	α TR	PGA D [m/s2]	PGA C (TR) [m/s2]	F0 (TR)	T* C (TR)	α PGA (TR)	PGA C [m/s2]	α PGA
SLV	455	712	0,6390	1,6575	1,4103	2,41	0,29	0,8509	1,3274	0,8008
SLD	145	75	1,9333	0,6840	0,8782	2,54	0,27	1,2840	0,8839	1,2923

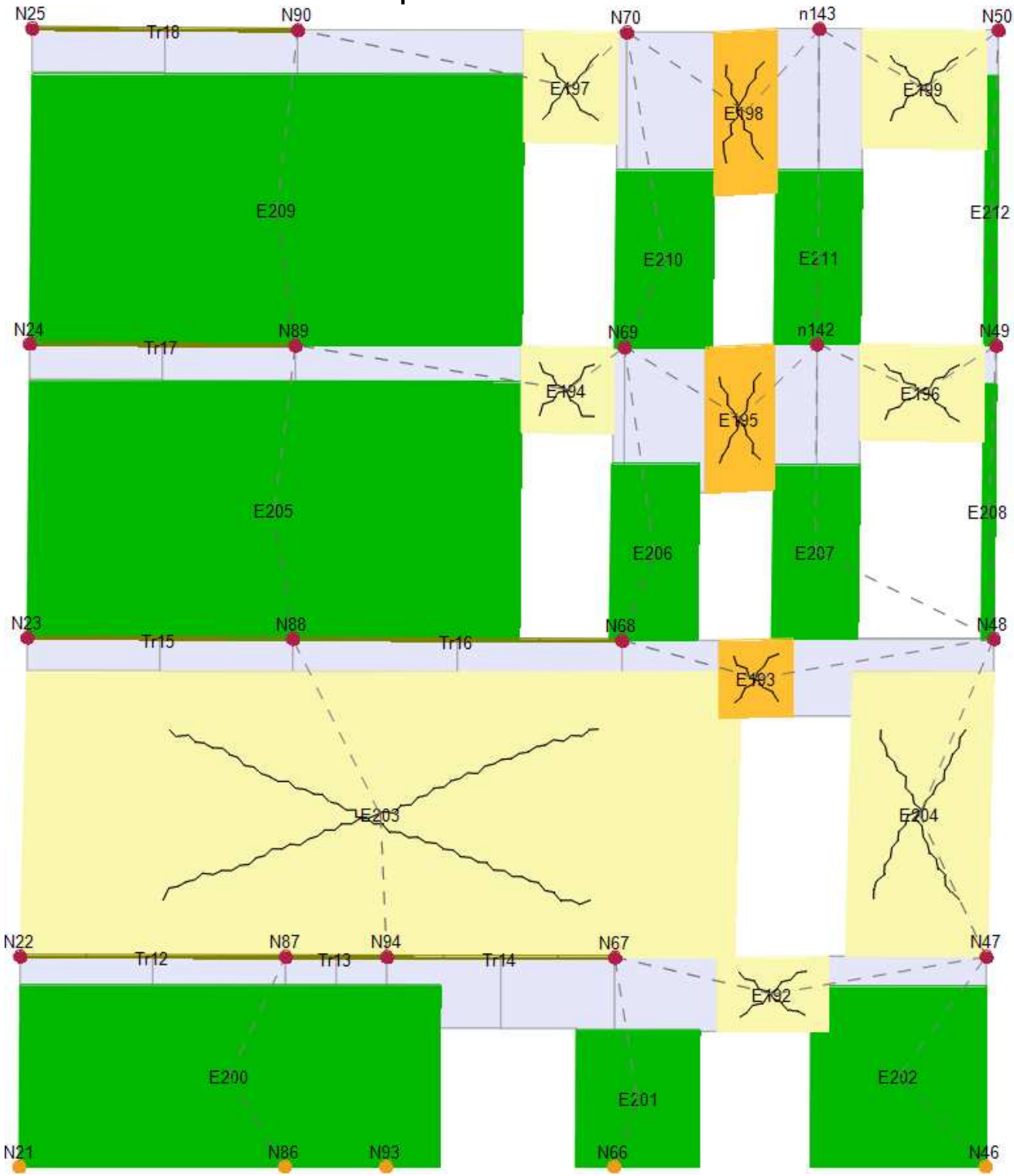
Analisi sismica n. 20 Parete 2 Sottopasso 29



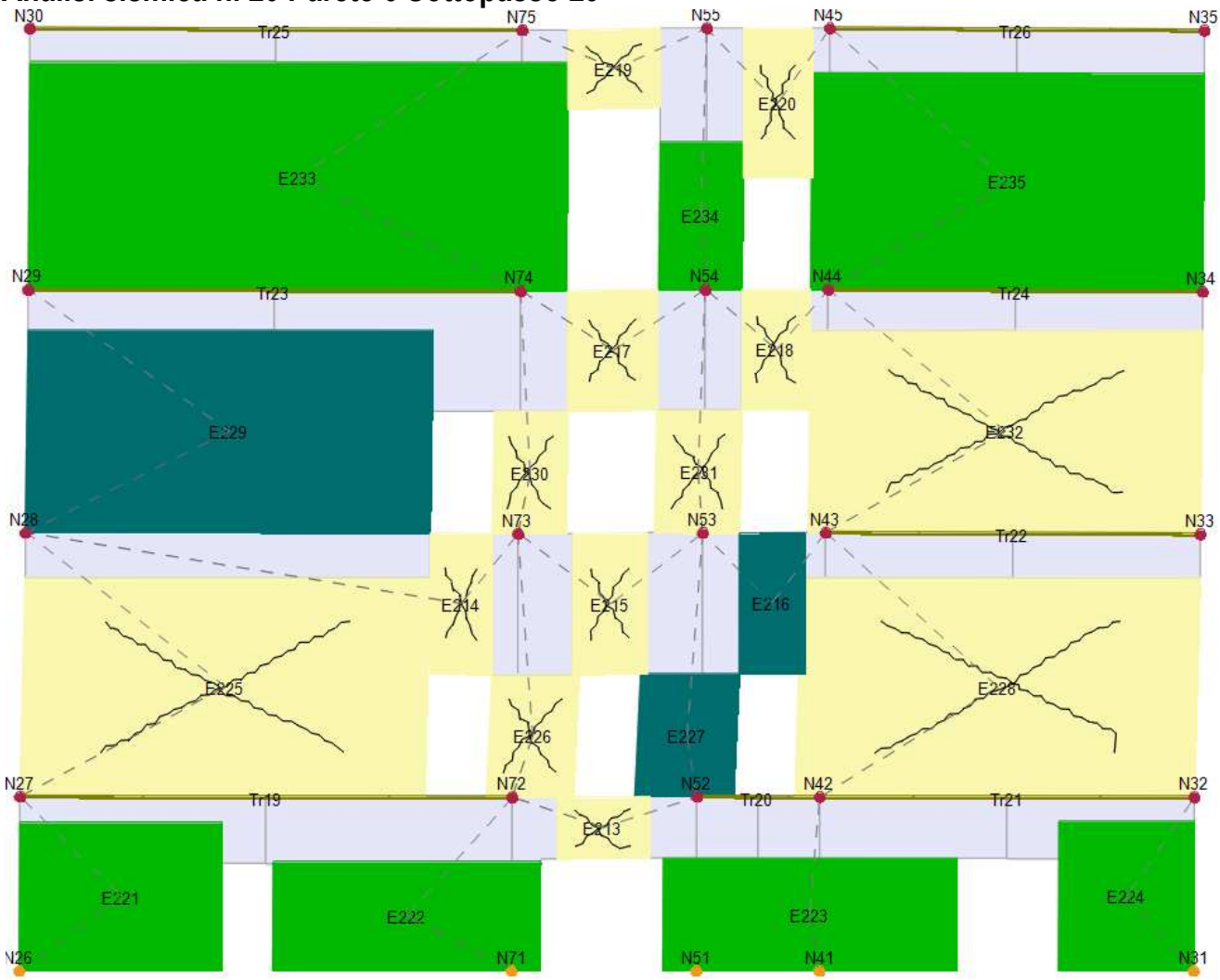
Analisi sismica n. 20 Parete 4 Sottopasso 29



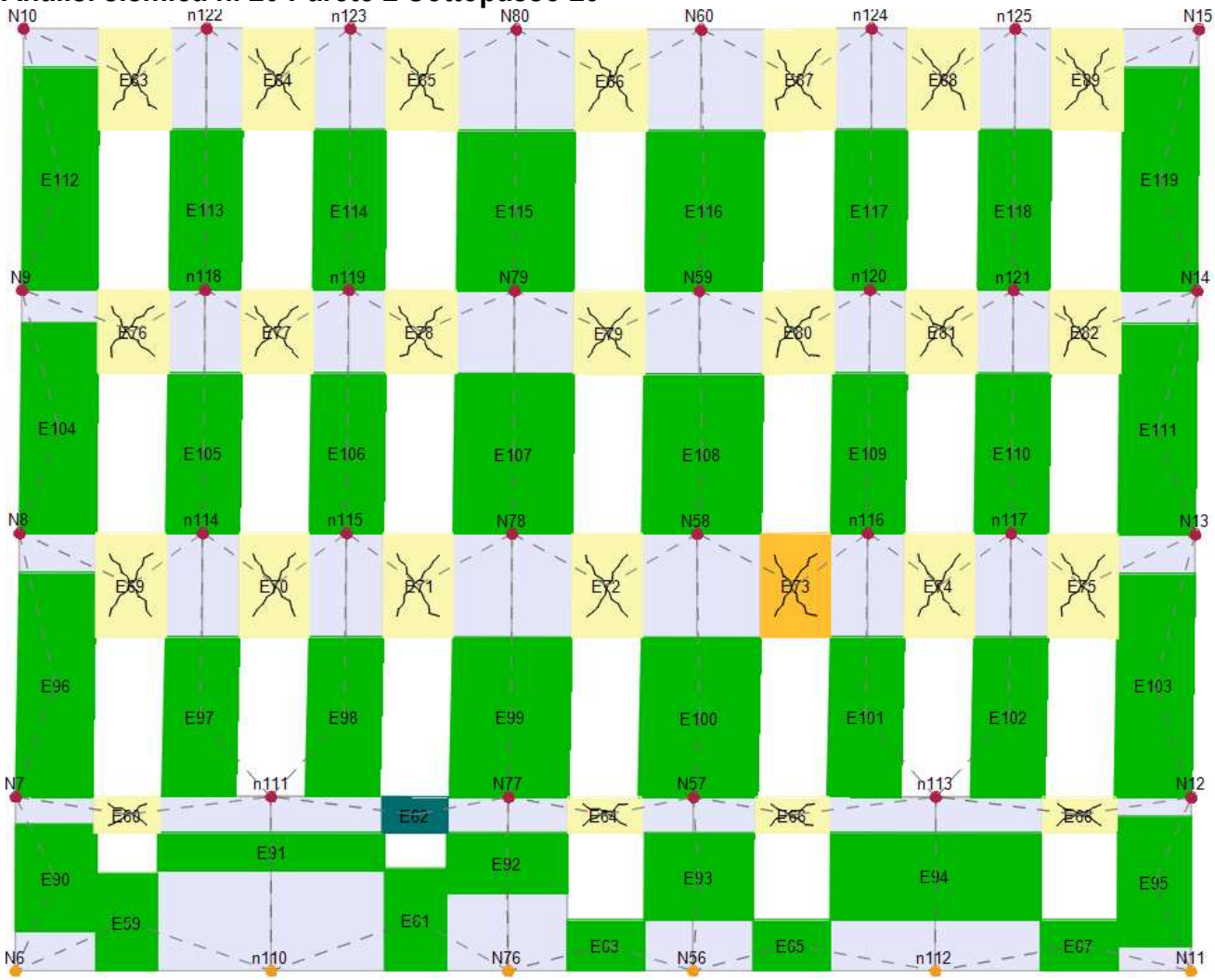
Analisi sismica n. 20 Parete 5 Sottopasso 29



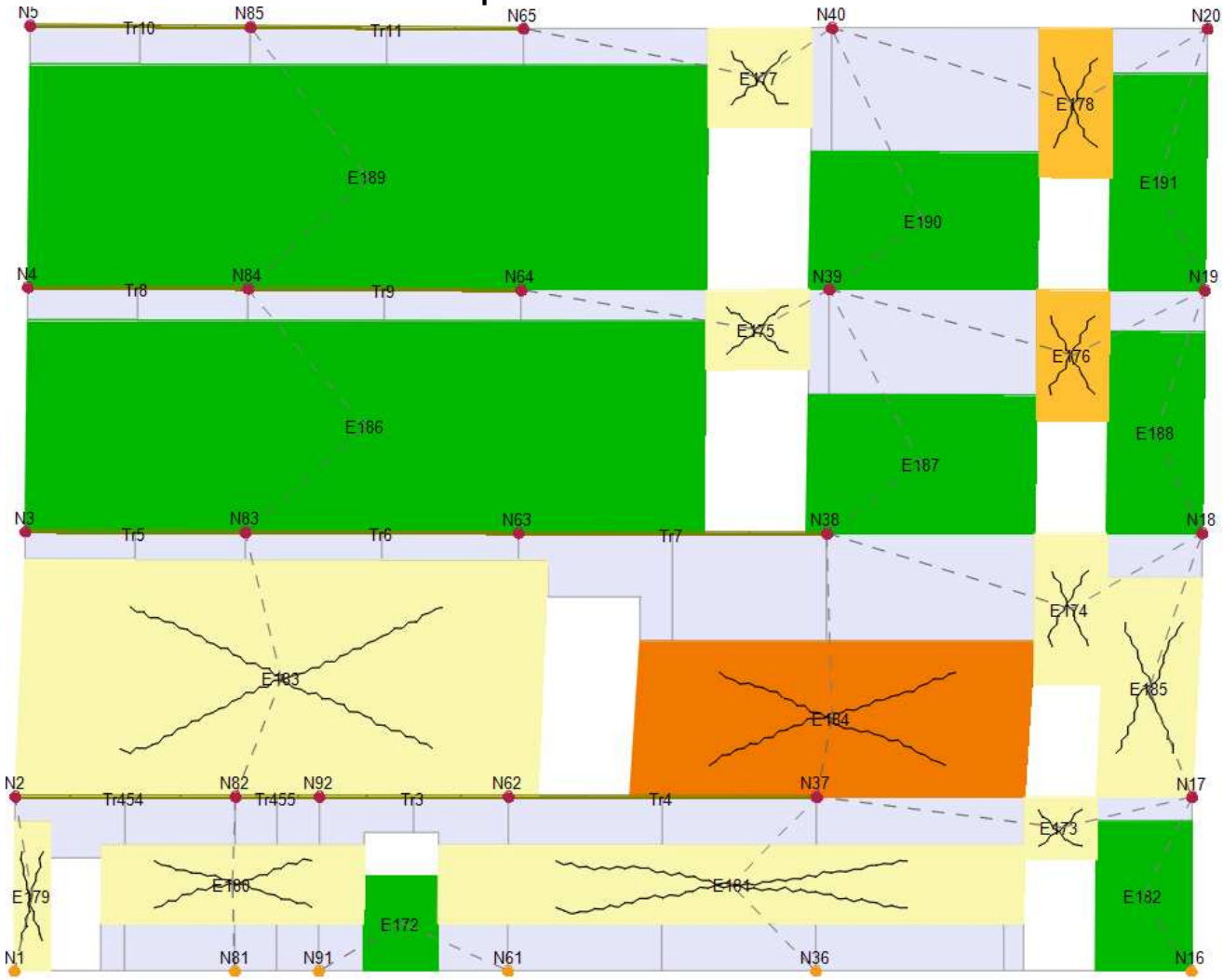
Analisi sismica n. 20 Parete 6 Sottopasso 29



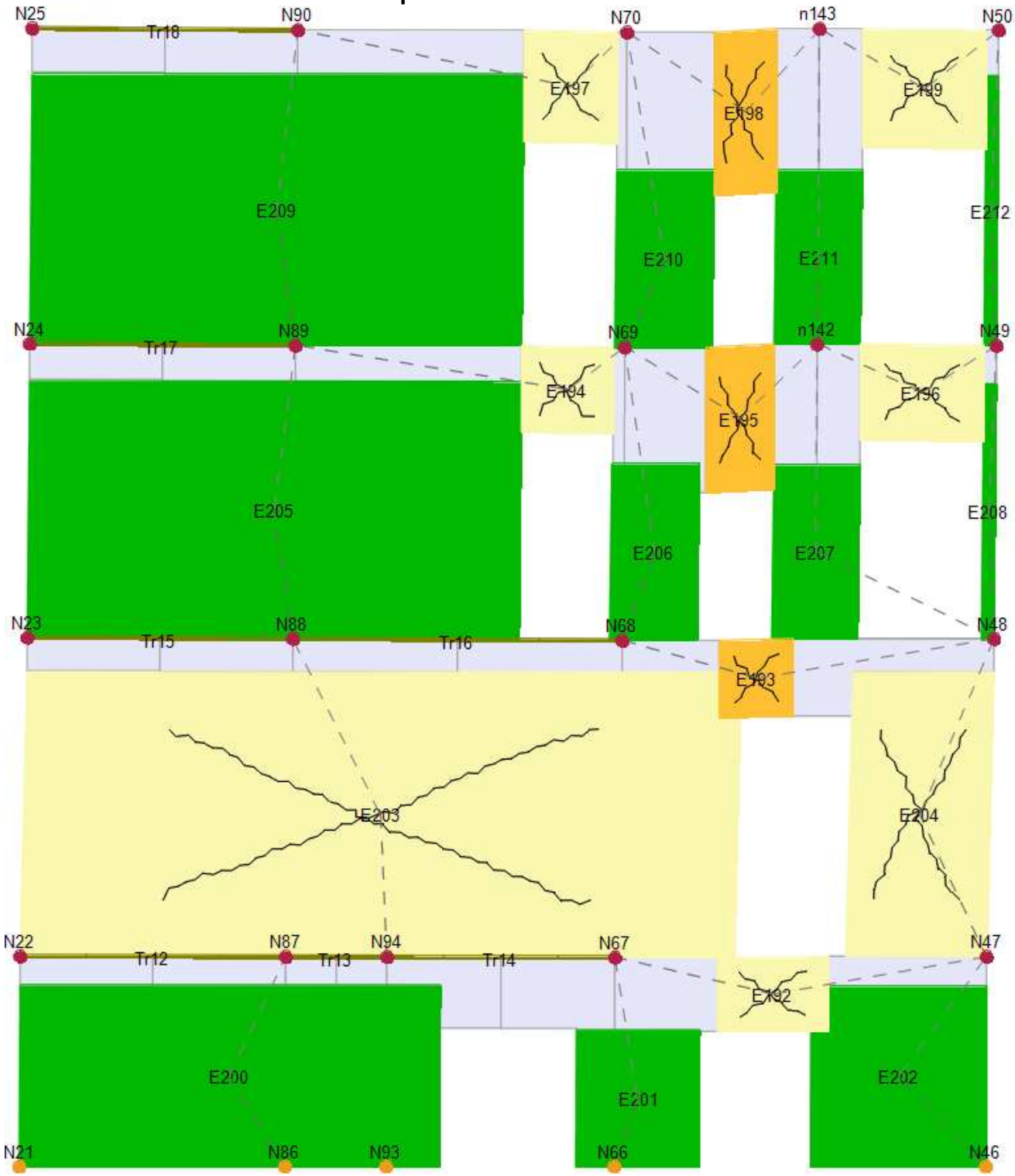
Analisi sismica n. 20 Parete 2 Sottopasso 29



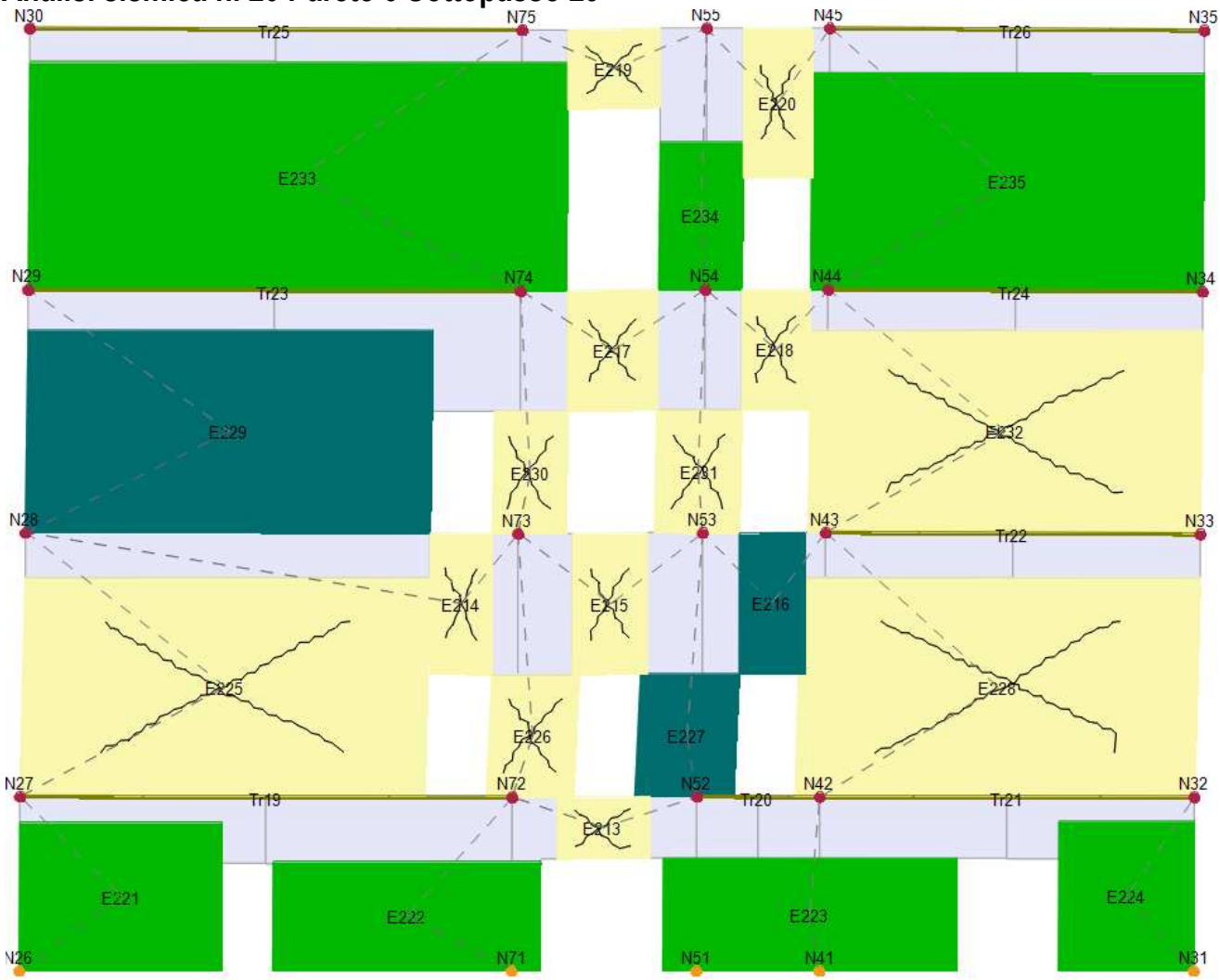
Analisi sismica n. 20 Parete 4 Sottopasso 29



Analisi sismica n. 20 Parete 5 Sottopasso 29



Analisi sismica n. 20 Parete 6 Sottopasso 29



3.15 **Conclusioni**

Analisi sismica n. 13 Direzione X Analisi sismica n. 8 Direzione Y

Stato limite	α PGA (TR)	α TR	α PGA (TR)	α TR
SLV	1,2976	2,1910	0,8509	0,6390

(*) Tutti i valori di α_{TR} sono da ritenersi calcolati come $\alpha_{TR}=TR_C/TR_D$ (privi di qualsiasi esponente correttivo).

In base alla tipologia di edificio si assume ζ_{E_lim}= 1,000

La verifica non risulta superata, la condizione più gravosa si ha in corrispondenza della direzione [Y] del sisma.

3.16 **Analisi dei meccanismi locali**

3.16.1 **Metodo di calcolo**

Negli edifici esistenti in muratura spesso avvengono collassi parziali per cause sismiche, in genere per perdita dell'equilibrio di porzioni murarie; la verifica nei riguardi di questi meccanismi, secondo le modalità descritte nel seguito, assume significato se è garantita una certa monoliticità della parete muraria, tale da impedire collassi puntuali per disgregazione della muratura.

Le verifiche con riferimento ai meccanismi locali possono essere svolti tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo.

L'applicazione del metodo di verifica presuppone quindi l'analisi dei meccanismi locali ritenuti significativi per la costruzione, che possono essere ipotizzati sulla base della conoscenza del comportamento sismico di strutture analoghe, già danneggiate dal terremoto, o individuati considerando la presenza di eventuali stati fessurativi, anche di natura non sismica; inoltre saranno tenute presente la qualità della connessione tra le pareti murarie, la tessitura muraria, la presenza di catene, le interazioni con altri elementi della costruzione o degli edifici adiacenti.

L'approccio cinematico permette inoltre di determinare l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo.

Per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo si articola nei seguenti passi:

- trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili in grado di ruotare o scorrere tra loro.
- valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi $\alpha 0$ che comporta l'attivazione del meccanismo mediante l'impiego del principio dei lavori virtuali (Circolare617-C8.7.1.2.1.1).
- Individuare l'accelerazione sismica spettrale di attivazione a_z a partire dal moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 .

3.16.2 **Metodo di verifica**

Stato limite di Vita (SLV)

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra la condizione di superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLV} \geq a_z(z=0) = S_{e,SLV}(T=0) = a_{g,SLV} \cdot S$$

$$a_{z,SLV} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} \cdot q$$

Nel caso in cui il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematismo è in genere amplificata rispetto a quella al suolo; per questo il superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLV} \geq \max(a_z(z=0);\ a_z(z))$$

$$a_z(z) = \sqrt{\sum a_{z,k}^2(z)}$$

$$a_{z,k}(z) = S_{e,SLV}(T_k, \xi_k) \cdot |\gamma_k \cdot \Psi_k(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_k^2}$$

In base al capitolo §C7.2.3 è consentito riferirsi al solo primo modo di vibrare significativo per la direzione significativa, si assume quindi k=1.

$$a_z(z) = S_{e,SLV}(T_1, \xi_1) \cdot |\gamma_1 \cdot \Psi_1(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_1^2}$$

- $S_e(T, \xi)$: spettro di risposta elastico al suolo, valutato per il periodo equivalente T e lo smorzamento viscoso equivalente ξ (5%) dell'elemento non strutturale, dell'impianto o del meccanismo locale considerato;
- γ_k : k-esimo coefficiente di partecipazione modale della costruzione;
- $\psi_k(z)$: valore della k-esimaforma modale alla quota z nella posizione in pianta dove è collocato il meccanismo locale da verificare;
- $a_{Z,k}$: contributo del k-esimo modo alla accelerazione massima di piano.

Stato limite di Danno (SLD)

Nel caso di edifici esistenti in muratura, anche in considerazione delle giustificate esigenze di conservazione, pur essendo auspicabile il soddisfacimento di questo stato limite, la sua verifica non è obbligatoria.

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra la condizione di superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLD} \geq a_z(z=0) = S_{e,SLD}(T=0) = a_{g,SLD} \cdot S$$

$$a_{z,SLD} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

Nel caso in cui il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematismo è in genere amplificata rispetto a quella al suolo; per questo il superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLD} \geq \max(a_z(z=0);\ a_z(z))$$

$$a_z(z) = S_{e,SLD}(T_1, \xi_1) \cdot |\gamma_1 \cdot \Psi_1(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_1^2}$$

3.16.3 **Descrizione cinematismi**

Cinematismo: Parete 2

Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
12	0	78	1.078	-34.589	1
1	1.145	0	1.194	-431.542	2
13	2.292	82	1.101	-35.698	3
14	1.321	153	1.280	-37.777	8
15	961	154	1.281	-43.753	10

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	340	2	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,052
az,SLV [m/s2]	1,1370
az(0) (SLV) [m/s2]	1,7304
Coefficiente sicurezza (SLV)	0,66
az,SLD [m/s2]	0,5685
az(0) (SLD) [m/s2]	0,7140
Coefficiente sicurezza (SLD)	0,80

Cinematismo: Parete 2 Solo Timpano

Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
7	0	83	1.618	-11.121	1
6	1.146	0	1.741	-167.305	2
16	2.292	86	1.621	-11.380	3

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	1.330	2	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,105
az,SLV [m/s2]	2,1428
az(z) (SLV) [m/s2]	3,3338
Coefficiente sicurezza (SLV)	0,64
az,SLD [m/s2]	1,0714
az(z) (SLD) [m/s2]	1,3039
Coefficiente sicurezza (SLD)	0,82

Cinematismo: Parete 1

Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
9	934	0	1.091	-302.723	1
11	1.852	82	1.115	-36.042	2
10	0	150	1.319	-53.483	4

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	340	1	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,056
az,SLV [m/s2]	1,1973
az(0) (SLV) [m/s2]	1,7304
Coefficiente sicurezza (SLV)	0,69
az,SLD [m/s2]	0,5986
az(0) (SLD) [m/s2]	0,7140
Coefficiente sicurezza (SLD)	0,84

3.17 Pressoflessione fuori piano

Verifiche fuori piano

Nelle vigenti normative tecniche, il capitolo dedicato ai metodi di analisi riporta l'applicabilità dei vari metodi di calcolo:

- Analisi lineare statica
- Analisi dinamica modale
- Analisi statica non lineare
- Analisi dinamica non lineare

Nel caso specifico di analisi statica non lineare non si trova alcun riferimento a procedure per eseguire verifiche fuori piano della muratura, per trovare maggiori informazioni è necessario fare riferimento ai capitoli di analisi lineare statica e analisi dinamica modale che suggeriscono l'utilizzo del metodo di calcolo attualmente impiegato per gli elementi non strutturali.

3.17.1 Metodo di calcolo

- *Momento sollecitante*

Le verifiche fuori piano possono essere eseguite separatamente assumendo $q_a = 3$. Più precisamente l'azione sismica ortogonale alla parete può essere rappresentata da una forza orizzontale pari a S_a/q_a volte il carico verticale.

Per le pareti resistenti al sisma si può assumere per S_a la seguente espressione:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1.5 \cdot (1 - Z/H) - 0.5] \geq \alpha \cdot S$$

dove:

α : rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A per lo stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g;

S: coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;

Z: quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione

H : altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione;

Si assume quindi una forza orizzontale F_h definita $F_h = N \cdot S_a / q_a$ dove N è il peso del maschio murario.

Tale forza deve però essere assunta uniformemente distribuita lungo l'altezza del pannello murario calcolata come $q_h = F_h / h_e$

Ipotizzando che il pannello murario sia incernierato in corrispondenza dei solai, il momento sollecitante massimo sarà a metà altezza del maschio definito come $M_{ed} = q_h \cdot h_e^2 / coef$ dove h_e è l'altezza equivalente di calcolo del maschio pari all'altezza del livello e coef=8.

- *Momento resistente*

Per procedere al calcolo del momento ultimo M_{Rd} è necessario che sia superata la verifica a compressione centrata:

$$N \leq N_{Rd} = 0.85 \cdot f_d \cdot l \cdot t$$

Dove:

fd: resistenza di progetto della muratura

l: lunghezza del pannello murario

t: spessore della muratura

Il momento ultimo sarà calcolato con la seguente formulazione:

$$M_{Rd} = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2}\right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_d}\right)$$

σ_0 è definita come la tensione media nel maschio

- *Verifica*

La verifica viene condotta mediante il confronto $M_{ed} \leq M_{Rd}$, il corrispondente coefficiente di sicurezza sarà individuato mediante il rapporto M_{Rd} / M_{ed}. La verifica sarà pertanto da ritenersi superata qualora il coefficiente di sicurezza risulti maggiore di uno.

Con PGAc si intende l'accelerazione di capacità che porterebbe al raggiungimento della condizione limite il maschio in esame.

3.17.2 **Dettaglio verifiche**

Parete: 1

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
31	45.198	190.667	0,19	25.182	1.551.760	85,11	61,62	Sì
32	60.772	196.327	0,19	25.930	1.888.210	100,58	72,82	Sì
33	104.821	248.626	0,19	32.837	2.728.282	114,76	83,09	Sì
34	44.897	156.959	0,19	20.730	1.442.457	96,11	69,58	Sì
35	100.545	246.515	0,19	32.558	2.679.123	113,66	82,29	Sì
36	68.422	251.981	0,19	33.280	2.242.936	93,09	67,40	Sì
37	49.941	210.128	0,19	27.752	1.713.221	85,27	61,73	Sì
38	33.143	159.462	0,25	63.110	1.050.182	22,98	16,64	Sì
39	49.273	154.475	0,25	61.137	1.342.259	30,33	21,96	Sì
40	70.793	201.677	0,25	79.818	1.837.727	31,80	23,02	Sì
41	38.236	116.649	0,25	46.166	1.028.103	30,76	22,27	Sì
42	68.538	201.206	0,25	79.632	1.807.668	31,35	22,70	Sì
43	58.247	203.945	0,25	80.716	1.664.463	28,48	20,62	Sì
44	37.471	176.763	0,25	69.958	1.181.115	23,32	16,88	Sì
45	19.051	139.529	0,32	59.724	575.754	13,32	9,64	Sì
46	28.436	135.166	0,32	57.856	785.879	18,76	13,58	Sì
47	36.618	176.468	0,32	75.535	1.015.677	18,57	13,45	Sì
48	22.838	102.068	0,32	43.689	620.482	19,62	14,20	Sì
49	39.736	176.056	0,32	75.359	1.076.864	19,74	14,29	Sì
50	35.083	178.452	0,32	76.385	986.504	17,84	12,91	Sì
51	22.699	154.668	0,32	66.204	677.870	14,14	10,24	Sì
52	7.698	118.270	0,39	70.753	215.910	4,22	3,05	Sì
53	11.904	113.204	0,39	67.722	319.559	6,52	4,72	Sì
54	15.306	148.606	0,39	88.901	411.894	6,40	4,63	Sì
55	11.144	84.835	0,39	50.751	290.408	7,90	5,72	Sì
56	17.623	148.253	0,39	88.689	465.839	7,25	5,25	Sì
57	16.866	150.307	0,39	89.918	449.199	6,90	5,00	Sì
58	9.835	131.246	0,39	78.516	272.932	4,80	3,48	Sì

Parete: 2

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
90	52.212	208.528	0,19	27.541	1.761.254	88,33	63,95	Sì
91	150.863	587.535	0,19	77.598	5.045.649	89,81	65,02	Sì
92	131.922	312.581	0,19	41.284	3.431.051	114,79	83,11	Sì
93	109.830	281.942	0,19	37.237	3.017.067	111,91	81,02	Sì
94	150.977	543.618	0,19	71.797	4.907.098	94,40	68,35	Sì
95	47.985	189.936	0,19	25.085	1.613.787	88,86	64,33	Sì
96	37.931	175.927	0,25	69.627	1.190.114	23,61	17,09	Sì
97	59.991	169.503	0,25	67.084	1.550.346	31,92	23,11	Sì
98	60.249	170.169	0,25	67.348	1.556.710	31,93	23,11	Sì
99	91.197	273.308	0,25	108.167	2.430.656	31,04	22,47	Sì

100	87.175	273.904	0,25	108.403	2.377.202	30,29	21,93	Sì
101	58.466	169.419	0,25	67.051	1.531.587	31,55	22,84	Sì
102	58.545	169.999	0,25	67.281	1.535.321	31,52	22,82	Sì
103	39.081	177.084	0,25	70.085	1.218.253	24,01	17,38	Sì
104	23.230	153.937	0,32	65.891	690.351	14,47	10,48	Sì
105	36.507	148.315	0,32	63.485	963.228	20,96	15,17	Sì
106	36.804	148.898	0,32	63.734	969.744	21,02	15,22	Sì
107	52.016	239.145	0,32	102.363	1.424.564	19,22	13,92	Sì
108	51.043	239.666	0,32	102.587	1.406.022	18,93	13,71	Sì
109	35.783	148.241	0,32	63.453	950.087	20,68	14,97	Sì
110	35.830	148.749	0,32	63.671	951.979	20,65	14,95	Sì
111	24.482	154.948	0,32	66.324	721.490	15,03	10,88	Sì
112	10.647	130.178	0,39	77.876	293.274	5,20	3,77	Sì
113	17.698	123.591	0,39	73.936	454.902	8,50	6,15	Sì
114	17.707	124.091	0,39	74.235	455.401	8,47	6,13	Sì
115	25.457	201.445	0,39	120.511	667.204	7,65	5,54	Sì
116	25.057	201.892	0,39	120.778	658.416	7,53	5,45	Sì
117	17.191	123.528	0,39	73.898	443.951	8,30	6,01	Sì
118	17.394	123.963	0,39	74.159	448.590	8,36	6,05	Sì
119	11.305	131.045	0,39	78.395	309.900	5,46	3,95	Sì

Parete: 3

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
146	58.975	185.282	0,19	24.471	1.809.145	102,12	73,93	Sì
147	138.559	540.137	0,19	71.338	4.635.674	89,76	64,98	Sì
148	63.127	164.131	0,19	21.677	1.748.138	111,39	80,64	Sì
149	88.265	223.986	0,19	29.583	2.406.731	112,37	81,36	Sì
150	129.635	602.478	0,19	79.571	4.578.368	79,47	57,54	Sì
151	40.829	161.165	0,25	63.784	1.219.424	26,41	19,12	Sì
152	55.414	155.654	0,25	61.603	1.427.443	32,01	23,17	Sì
153	51.664	155.919	0,25	61.708	1.381.802	30,93	22,39	Sì
154	48.867	151.545	0,25	59.977	1.324.376	30,50	22,08	Sì
155	70.731	215.600	0,25	85.328	1.901.062	30,77	22,28	Sì
156	56.072	205.124	0,25	81.182	1.629.779	27,73	20,08	Sì
157	41.400	176.243	0,25	69.752	1.267.005	25,09	18,16	Sì
158	24.582	141.019	0,32	60.362	710.389	16,26	11,77	Sì
159	31.801	136.197	0,32	58.298	853.143	20,21	14,63	Sì
160	29.912	136.429	0,32	58.397	817.379	19,33	14,00	Sì
161	28.068	132.602	0,32	56.759	774.444	18,85	13,64	Sì
162	38.711	188.650	0,32	80.750	1.076.860	18,42	13,34	Sì
163	33.716	179.484	0,32	76.826	958.388	17,23	12,47	Sì
164	23.824	154.213	0,32	66.009	705.031	14,75	10,68	Sì
165	9.739	120.874	0,39	72.310	268.619	5,13	3,71	Sì
166	12.622	116.740	0,39	69.838	337.712	6,68	4,84	Sì
167	11.702	116.939	0,39	69.957	315.936	6,24	4,52	Sì
168	11.025	113.659	0,39	67.994	298.659	6,07	4,39	Sì
169	15.981	159.932	0,39	95.676	431.532	6,23	4,51	Sì
170	16.085	150.307	0,39	89.918	430.919	6,62	4,79	Sì
171	10.217	130.414	0,39	78.018	282.497	5,00	3,62	Sì

Parete: 4

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
179	15.314	90.754	0,19	11.986	572.833	66,01	47,79	Sì
180	261.734	678.122	0,19	89.562	7.232.073	111,54	80,75	Sì
181	443.145	1.512.192	0,19	199.720	14.097.700	97,50	70,59	Sì
182	67.788	247.502	0,19	32.688	2.214.966	93,59	67,76	Sì
183	260.368	1.199.074	0,25	474.558	8.153.249	23,73	17,18	Sì
184	314.350	905.209	0,25	358.255	8.207.456	31,64	22,91	Sì
185	56.920	219.948	0,25	87.049	1.687.590	26,78	19,39	Sì
186	213.448	1.362.073	0,32	583.021	6.299.963	14,93	10,81	Sì
187	122.083	458.549	0,32	196.277	3.135.291	22,06	15,97	Sì
188	35.156	192.455	0,32	82.378	1.005.687	16,86	12,21	Sì
189	97.979	1.167.491	0,39	698.429	2.692.698	5,33	3,86	Sì
190	57.151	393.042	0,39	235.130	1.465.229	8,61	6,23	Sì
191	15.949	164.961	0,39	98.685	432.200	6,05	4,38	Sì

Parete: 5

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
200	119.304	599.962	0,19	79.239	2.867.396	49,98	36,19	Sì
201	73.115	176.006	0,19	23.246	1.282.265	76,19	55,16	Sì
202	66.144	250.279	0,19	33.055	1.459.899	61,00	44,17	Sì
203	159.898	679.817	0,25	269.051	2.445.780	12,56	9,09	Sì
204	56.050	201.003	0,25	53.034	808.411	21,05	15,24	Sì
205	77.838	468.175	0,32	200.397	1.297.934	8,95	6,48	Sì
206	29.605	125.174	0,32	35.720	452.058	17,48	12,66	Sì
207	24.371	122.717	0,32	35.018	390.619	15,41	11,15	Sì
208	3.401	17.732	0,32	5.060	54.973	15,01	10,86	Sì
209	34.207	468.175	0,39	280.077	634.158	3,13	2,26	Sì
210	13.612	92.768	0,39	55.497	232.299	5,78	4,19	Sì
211	14.160	81.934	0,39	49.015	234.253	6,60	4,78	Sì
212	1.571	11.821	0,39	7.072	27.242	5,32	3,85	Sì

Parete: 6

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
221	59.574	348.881	0,19	46.078	1.482.038	44,43	32,16	Sì
222	185.157	691.391	0,19	60.876	4.067.136	92,28	66,81	Sì
223	218.145	758.530	0,19	66.788	4.662.261	96,42	69,81	Sì
224	50.684	233.198	0,19	30.799	1.190.046	53,37	38,64	Sì
225	111.973	465.708	0,25	184.314	1.701.011	12,75	9,23	Sì
226	62.783	150.342	0,25	39.667	731.295	25,46	18,44	Sì
227	66.872	170.252	0,25	44.920	812.117	24,97	18,08	Sì
228	113.239	459.105	0,25	181.700	1.706.169	12,97	9,39	Sì
229	64.020	465.708	0,32	199.341	1.104.390	7,65	5,54	Sì
230	40.756	126.916	0,32	36.217	553.365	21,10	15,28	Sì
231	40.450	146.796	0,32	41.890	586.081	19,33	13,99	Sì
232	76.707	450.874	0,32	192.992	1.273.136	9,11	6,60	Sì
233	41.939	618.976	0,39	370.290	781.948	2,92	2,11	Sì
234	17.547	95.802	0,39	57.311	286.656	6,91	5,00	Sì

235	31.893	450.874	0,39	269.726	592.746	3,04	2,20	Sì

Parete: 7

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
248	63.939	204.136	0,19	26.961	1.317.362	67,49	48,86	Sì
249	94.190	248.983	0,19	32.884	1.756.743	73,79	53,42	Sì
250	28.463	111.682	0,19	14.750	636.274	59,58	43,14	Sì
251	39.986	271.637	0,25	107.506	681.992	8,76	6,34	Sì
252	48.326	129.594	0,25	34.193	606.102	24,48	17,73	Sì
253	30.567	98.435	0,25	25.972	421.501	22,42	16,23	Sì
254	14.920	55.744	0,25	14.708	218.532	20,52	14,86	Sì
255	39.855	271.637	0,32	116.271	680.147	8,08	5,85	Sì
256	41.044	120.739	0,32	34.454	541.829	21,72	15,73	Sì
257	20.413	80.755	0,32	23.044	305.062	18,29	13,24	Sì
258	5.852	31.269	0,32	13.384	95.138	9,82	7,11	Sì
259	19.681	271.637	0,39	162.502	365.107	3,10	2,25	Sì
260	20.147	82.850	0,39	49.563	304.955	8,50	6,15	Sì
261	9.975	58.551	0,39	35.027	165.507	6,53	4,73	Sì
262	2.422	33.627	0,39	20.116	44.946	3,09	2,23	Sì

Parete: 8

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
263	70.226	379.125	0,25	150.046	1.001.319	9,22	6,67	Sì
264	52.590	379.125	0,32	162.280	792.667	6,75	4,88	Sì
265	28.942	324.964	0,39	194.404	395.465	2,81	2,03	Sì
266	50.113	237.999	0,19	31.433	1.285.747	56,50	40,90	Sì
267	51.773	230.504	0,19	30.443	1.304.699	59,20	42,86	Sì

Parete: 9

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
269	63.071	381.962	0,32	163.495	1.053.132	8,90	6,44	Sì
270	29.474	334.216	0,39	199.938	470.314	3,25	2,35	Sì
271	47.552	204.136	0,19	26.961	1.094.261	56,06	40,59	Sì
272	84.237	256.185	0,19	22.557	1.696.166	103,86	75,20	Sì
273	31.430	136.215	0,25	53.910	483.557	12,39	8,97	Sì
274	51.837	214.804	0,25	56.675	786.555	19,17	13,88	Sì

Parete: 10

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
276	84.481	433.286	0,25	171.482	1.360.184	10,96	7,93	Sì
277	65.303	433.286	0,32	185.463	1.109.210	8,26	5,98	Sì
278	49.998	222.346	0,19	29.366	1.162.654	54,69	39,59	Sì
279	40.287	215.422	0,19	28.451	982.592	47,70	34,54	Sì
280	3.438	28.755	0,39	17.202	52.973	4,25	3,08	Sì
281	29.048	301.381	0,39	180.295	459.339	3,52	2,55	Sì

Parete: 11

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
285	105.032	572.942	0,19	75.670	2.573.317	46,97	34,01	Sì
286	80.311	285.331	0,25	112.926	1.154.122	14,12	10,22	Sì
287	7.333	25.910	0,25	10.255	105.153	14,16	10,25	Sì
288	44.866	285.331	0,32	122.133	756.225	8,55	6,19	Sì
289	4.919	25.910	0,32	11.091	79.702	9,93	7,19	Sì
290	16.833	213.998	0,39	128.020	232.636	2,51	1,82	Sì
291	1.484	19.433	0,39	11.625	20.560	2,44	1,77	Sì

Parete: 12

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med	Verificato
294	16.249	133.098	0,19	20.863	178.313	11,81	8,55	Sì
295	1.591	6.063	0,19	950	14.666	21,32	15,43	Sì

3.18 **Verifica statica**

Le verifiche statiche eseguite sulla struttura in questione sono le seguenti:

Snellezza della muratura

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.4. del D.M.2018.

Si definisce snellezza di una muratura il rapporto h_0/t in cui:

h_0: lunghezza libera di inflessione del muro pari a $\rho \cdot h$;

t: spessore del muro.

h: l'altezza interna di piano;

ρ: il fattore laterale di vincolo.

La verifica di snellezza risulta soddisfatta se risulta verificata la seguente:

$h_0/t<20$

Eccentricità dei carichi

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. del D.M.2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risultino verificate le seguenti condizioni:

$e_1/t <= 0.33$

$e_2/t <= 0.33$

in cui:

t: spessore del muro

$$e_1 = |e_s| + |e_a| \;\; ; \;\; e_2 = \frac{e_1}{2} + |e_v|$$

e_s: eccentricità totale dei carichi verticali

e_a: h/200

e_v: eccentricità dovuta al vento $e_v = M_v / N$

Verifica a carichi verticali

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. del D.M.2018. Tale verifica risulta soddisfatta qualora risulti verificata la seguente:

$N_d \leq N_r$

in cui:

N_d: carico verticale agente

N_r : carico verticale resistente; $Nr = \phi\, f_d\, A$

A: area della sezione orizzontale del muro al netto delle aperture;

f_d: resistenza di calcolo della muratura;

ϕ: coefficiente di riduzione della resistenza del muro

Queste verifiche sono state eseguite in ogni maschio murario della struttura, nelle tre sezioni principali (inferiore, centrale, superiore).

I valori dello sforzo normale resistente saranno calcolabili solamente se le verifiche di snellezza ed eccentricità dei carichi risultano soddisfatte. Riportiamo nel seguito i dettagli di verifica per le singole pareti.

Parete : 1

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
31	340	90	3,778	0,024	0,019	0,023	Sì
32	340	90	3,778	0,024	0,019	0,024	Sì
33	340	90	3,778	0,020	0,019	0,020	Sì
34	340	90	3,778	0,044	0,024	0,043	Sì
35	340	90	3,778	0,042	0,023	0,041	Sì
36	340	90	3,778	0,044	0,025	0,044	Sì
37	340	90	3,778	0,045	0,025	0,042	Sì
38	515	80	6,438	0,044	0,032	0,041	Sì
39	515	80	6,438	0,036	0,032	0,035	Sì
40	515	80	6,438	0,035	0,032	0,035	Sì
41	515	80	6,438	0,078	0,044	0,072	Sì

42	515	80	6,438	0,078	0,044	0,072	Sì
43	515	80	6,438	0,079	0,045	0,073	Sì
44	515	80	6,438	0,085	0,050	0,071	Sì
45	475	70	6,786	0,045	0,039	0,041	Sì
46	475	70	6,786	0,060	0,041	0,055	Sì
47	475	70	6,786	0,056	0,039	0,052	Sì
48	475	70	6,786	0,078	0,049	0,070	Sì
49	475	70	6,786	0,077	0,048	0,069	Sì
50	475	70	6,786	0,080	0,051	0,071	Sì
51	475	70	6,786	0,087	0,056	0,070	Sì
52	510	60	8,500	0,088	0,091	0,061	Sì
53	510	60	8,500	0,066	0,071	0,058	Sì
54	510	60	8,500	0,094	0,082	0,076	Sì
55	510	60	8,500	0,106	0,083	0,086	Sì
56	510	60	8,500	0,100	0,079	0,082	Sì
57	510	60	8,500	0,086	0,078	0,071	Sì
58	510	60	8,500	0,123	0,099	0,078	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
31	55.217	0,904	135.180	0,408	58.839	0,918	137.340	0,428	62.460	0,906	135.431	0,461	Sì
32	90.869	0,903	139.116	0,653	92.143	0,918	141.417	0,652	93.416	0,904	139.179	0,671	Sì
33	141.313	0,916	178.620	0,791	142.925	0,918	179.089	0,798	144.537	0,916	178.631	0,809	Sì
34	67.215	0,841	103.498	0,649	68.233	0,902	111.015	0,615	69.251	0,843	103.779	0,667	Sì
35	134.304	0,847	163.781	0,820	136.017	0,907	175.267	0,776	137.730	0,849	164.124	0,839	Sì
36	101.261	0,839	165.716	0,611	103.011	0,900	177.925	0,579	104.762	0,841	166.244	0,630	Sì
37	59.636	0,838	138.136	0,432	63.627	0,899	148.168	0,429	67.619	0,848	139.697	0,484	Sì
38	39.725	0,803	100.415	0,396	46.205	0,839	104.940	0,440	52.685	0,812	101.528	0,519	Sì
39	66.939	0,828	100.266	0,668	71.420	0,839	101.658	0,703	75.901	0,829	100.430	0,756	Sì
40	89.582	0,829	131.172	0,683	95.430	0,839	132.721	0,719	101.278	0,830	131.351	0,771	Sì
41	51.348	0,699	63.945	0,803	54.732	0,802	73.391	0,746	58.116	0,715	65.438	0,888	Sì
42	86.213	0,698	110.183	0,782	92.047	0,801	126.470	0,728	97.882	0,715	112.833	0,867	Sì
43	79.405	0,695	111.235	0,714	85.318	0,799	127.730	0,668	91.231	0,714	114.214	0,799	Sì
44	41.742	0,679	94.121	0,443	48.926	0,785	108.763	0,450	56.111	0,719	99.660	0,563	Sì
45	22.406	0,793	86.831	0,258	27.715	0,811	88.726	0,312	33.025	0,804	87.987	0,375	Sì
46	35.067	0,746	79.055	0,444	38.988	0,805	85.314	0,457	42.909	0,760	80.617	0,532	Sì
47	44.597	0,759	105.113	0,424	49.714	0,810	112.126	0,443	54.831	0,772	106.840	0,513	Sì
48	26.515	0,691	55.296	0,480	29.476	0,780	62.447	0,472	32.437	0,715	57.277	0,566	Sì
49	46.075	0,695	95.959	0,480	51.180	0,782	108.003	0,474	56.285	0,719	99.250	0,567	Sì
50	42.319	0,684	95.790	0,442	47.493	0,775	108.420	0,438	52.667	0,712	99.692	0,528	Sì
51	25.128	0,666	80.837	0,311	31.014	0,758	91.932	0,337	36.901	0,714	86.633	0,426	Sì
52	6.702	0,631	58.547	0,114	11.469	0,624	57.928	0,198	16.237	0,707	65.585	0,248	Sì
53	12.296	0,692	61.430	0,200	15.579	0,678	60.227	0,259	18.863	0,717	63.658	0,296	Sì
54	15.858	0,619	72.185	0,220	20.167	0,643	74.999	0,269	24.476	0,662	77.214	0,317	Sì
55	10.612	0,597	39.737	0,267	13.073	0,642	42.718	0,306	15.534	0,636	42.292	0,367	Sì
56	19.367	0,609	70.795	0,274	23.666	0,653	75.891	0,312	27.965	0,644	74.882	0,373	Sì
57	16.323	0,635	74.854	0,218	20.681	0,655	77.179	0,268	25.039	0,678	79.923	0,313	Sì
58	8.428	0,563	57.946	0,145	13.720	0,610	62.804	0,218	19.012	0,655	67.422	0,282	Sì

Parete : 2

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
90	340	90	3,778	0,029	0,019	0,028	Sì
91	340	90	3,778	0,038	0,021	0,037	Sì
92	340	90	3,778	0,020	0,019	0,020	Sì
93	340	90	3,778	0,020	0,019	0,020	Sì
94	340	90	3,778	0,037	0,021	0,036	Sì
95	340	90	3,778	0,030	0,019	0,028	Sì
96	515	80	6,438	0,043	0,032	0,040	Sì
97	515	80	6,438	0,036	0,032	0,036	Sì
98	515	80	6,438	0,035	0,032	0,034	Sì
99	515	80	6,438	0,041	0,032	0,040	Sì
100	515	80	6,438	0,040	0,032	0,039	Sì
101	515	80	6,438	0,036	0,032	0,035	Sì
102	515	80	6,438	0,036	0,032	0,036	Sì
103	515	80	6,438	0,042	0,032	0,040	Sì
104	475	70	6,786	0,052	0,041	0,047	Sì
105	475	70	6,786	0,071	0,044	0,065	Sì
106	475	70	6,786	0,067	0,043	0,062	Sì
107	475	70	6,786	0,046	0,034	0,044	Sì
108	475	70	6,786	0,050	0,036	0,047	Sì
109	475	70	6,786	0,069	0,044	0,063	Sì
110	475	70	6,786	0,071	0,045	0,065	Sì
111	475	70	6,786	0,052	0,040	0,046	Sì
112	510	60	8,500	0,053	0,072	0,047	Sì
113	510	60	8,500	0,054	0,056	0,051	Sì
114	510	60	8,500	0,054	0,057	0,051	Sì
115	510	60	8,500	0,053	0,059	0,050	Sì
116	510	60	8,500	0,053	0,059	0,050	Sì
117	510	60	8,500	0,055	0,057	0,051	Sì
118	510	60	8,500	0,054	0,056	0,051	Sì
119	510	60	8,500	0,052	0,072	0,047	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
90	61.548	0,888	145.159	0,424	65.606	0,918	150.205	0,437	69.664	0,891	145.747	0,478	Sì
91	218.527	0,860	396.372	0,551	222.609	0,910	419.480	0,531	226.692	0,862	397.339	0,571	Sì
92	174.574	0,915	224.377	0,778	178.049	0,918	225.156	0,791	181.524	0,915	224.407	0,809	Sì
93	143.404	0,914	202.132	0,709	147.844	0,918	203.087	0,728	152.284	0,914	202.188	0,753	Sì
94	208.636	0,861	367.230	0,568	217.198	0,912	388.818	0,559	225.761	0,866	369.076	0,612	Sì
95	57.716	0,884	131.690	0,438	62.202	0,918	136.813	0,455	66.688	0,889	132.379	0,504	Sì
96	43.358	0,805	111.105	0,390	50.508	0,839	115.775	0,436	57.659	0,814	112.264	0,514	Sì
97	78.099	0,826	109.780	0,711	83.014	0,839	111.547	0,744	87.929	0,827	109.978	0,800	Sì
98	79.908	0,832	110.996	0,720	84.843	0,839	111.986	0,758	89.779	0,832	111.105	0,808	Sì
99	114.251	0,812	174.061	0,656	122.177	0,839	179.860	0,679	130.103	0,815	174.767	0,744	Sì
100	109.501	0,816	175.392	0,624	117.444	0,839	180.253	0,652	125.388	0,819	176.008	0,712	Sì
101	76.505	0,828	110.061	0,695	81.416	0,839	111.492	0,730	86.328	0,830	110.224	0,783	Sì

102	75.384	0,826	110.129	0,685	80.313	0,839	111.874	0,718	85.242	0,827	110.331	0,773	Sì
103	47.155	0,809	112.345	0,420	54.349	0,839	116.536	0,466	61.543	0,816	113.325	0,543	Sì
104	27.140	0,769	92.883	0,292	32.999	0,805	97.143	0,340	38.858	0,787	94.958	0,409	Sì
105	44.659	0,713	82.915	0,539	48.960	0,794	92.358	0,530	53.261	0,731	85.047	0,626	Sì
106	44.813	0,724	84.573	0,530	49.131	0,799	93.327	0,526	53.450	0,741	86.500	0,618	Sì
107	63.846	0,788	147.753	0,432	70.782	0,825	154.659	0,458	77.717	0,795	149.044	0,521	Sì
108	63.238	0,778	146.230	0,432	70.189	0,820	154.096	0,455	77.139	0,787	147.869	0,522	Sì
109	43.749	0,720	83.664	0,523	48.047	0,797	92.612	0,519	52.345	0,737	85.702	0,611	Sì
110	44.297	0,713	83.155	0,533	48.610	0,794	92.594	0,525	52.923	0,731	85.314	0,620	Sì
111	28.082	0,772	93.781	0,299	33.976	0,807	98.024	0,347	39.870	0,788	95.744	0,416	Sì
112	9.762	0,733	74.883	0,130	15.011	0,673	68.745	0,218	20.260	0,749	76.499	0,265	Sì
113	19.214	0,729	70.662	0,272	22.798	0,723	70.077	0,325	26.382	0,738	71.584	0,369	Sì
114	18.723	0,728	70.852	0,264	22.322	0,720	70.103	0,318	25.922	0,738	71.825	0,361	Sì
115	27.053	0,732	115.663	0,234	32.895	0,713	112.619	0,292	38.737	0,742	117.183	0,331	Sì
116	27.922	0,732	115.833	0,241	33.777	0,715	113.211	0,298	39.632	0,741	117.352	0,338	Sì
117	18.610	0,728	70.484	0,264	22.192	0,720	69.753	0,318	25.773	0,738	71.466	0,361	Sì
118	19.191	0,729	70.866	0,271	22.785	0,723	70.254	0,324	26.379	0,738	71.795	0,367	Sì
119	10.088	0,734	75.404	0,134	15.369	0,676	69.451	0,221	20.650	0,749	76.998	0,268	Sì

Parete : 3

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
146	340	90	3,778	0,024	0,019	0,023	Sì
147	340	90	3,778	0,039	0,022	0,037	Sì
148	340	90	3,778	0,028	0,019	0,028	Sì
149	340	90	3,778	0,056	0,030	0,054	Sì
150	340	90	3,778	0,045	0,025	0,041	Sì
151	515	80	6,438	0,044	0,032	0,042	Sì
152	515	80	6,438	0,043	0,032	0,042	Sì
153	515	80	6,438	0,043	0,032	0,042	Sì
154	515	80	6,438	0,041	0,032	0,040	Sì
155	515	80	6,438	0,036	0,032	0,036	Sì
156	515	80	6,438	0,079	0,046	0,073	Sì
157	515	80	6,438	0,083	0,048	0,071	Sì
158	475	70	6,786	0,081	0,052	0,068	Sì
159	475	70	6,786	0,085	0,051	0,077	Sì
160	475	70	6,786	0,086	0,052	0,077	Sì
161	475	70	6,786	0,083	0,051	0,074	Sì
162	475	70	6,786	0,061	0,042	0,056	Sì
163	475	70	6,786	0,080	0,051	0,071	Sì
164	475	70	6,786	0,087	0,056	0,070	Sì
165	510	60	8,500	0,140	0,101	0,089	Sì
166	510	60	8,500	0,089	0,080	0,073	Sì
167	510	60	8,500	0,081	0,078	0,067	Sì
168	510	60	8,500	0,088	0,081	0,072	Sì
169	510	60	8,500	0,099	0,086	0,078	Sì
170	510	60	8,500	0,086	0,080	0,070	Sì
171	510	60	8,500	0,124	0,099	0,079	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
146	69.408	0,902	131.112	0,529	73.784	0,918	133.461	0,553	78.160	0,904	131.375	0,595	Sì
147	198.868	0,857	362.992	0,548	205.998	0,909	385.188	0,535	213.128	0,861	364.737	0,584	Sì
148	86.827	0,890	114.539	0,758	88.918	0,918	118.226	0,752	91.009	0,891	114.708	0,793	Sì
149	115.204	0,802	140.957	0,817	118.524	0,885	155.482	0,762	121.844	0,809	142.068	0,858	Sì
150	168.633	0,837	395.709	0,426	182.588	0,899	424.926	0,430	196.544	0,849	401.143	0,490	Sì
151	46.911	0,802	101.335	0,463	53.459	0,839	106.061	0,504	60.006	0,810	102.367	0,586	Sì
152	73.892	0,805	98.327	0,751	78.407	0,839	102.434	0,765	82.922	0,809	98.774	0,840	Sì
153	70.785	0,806	98.612	0,718	75.307	0,839	102.608	0,734	79.829	0,810	99.065	0,806	Sì
154	64.594	0,813	96.662	0,668	68.990	0,839	99.730	0,692	73.385	0,816	97.030	0,756	Sì
155	88.410	0,827	139.867	0,632	94.661	0,839	141.884	0,667	100.912	0,829	140.117	0,720	Sì
156	74.370	0,695	111.754	0,665	80.318	0,797	128.209	0,626	86.265	0,715	114.957	0,750	Sì
157	47.276	0,682	94.302	0,501	54.436	0,789	109.063	0,499	61.597	0,719	99.343	0,620	Sì
158	27.753	0,680	75.208	0,369	33.117	0,771	85.289	0,388	38.481	0,721	79.720	0,483	Sì
159	39.279	0,671	71.664	0,548	43.230	0,773	82.560	0,524	47.181	0,695	74.261	0,635	Sì
160	38.198	0,669	71.548	0,534	42.154	0,771	82.449	0,511	46.111	0,693	74.142	0,622	Sì
161	35.847	0,675	70.203	0,511	39.693	0,774	80.503	0,493	43.539	0,702	72.983	0,597	Sì
162	46.735	0,743	109.942	0,425	52.205	0,802	118.686	0,440	57.675	0,759	112.279	0,514	Sì
163	40.423	0,684	96.289	0,420	45.627	0,773	108.805	0,419	50.831	0,713	100.390	0,506	Sì
164	25.697	0,667	80.705	0,318	31.564	0,759	91.824	0,344	37.431	0,714	86.384	0,433	Sì
165	8.865	0,531	50.306	0,176	13.736	0,605	57.394	0,239	18.607	0,629	59.626	0,312	Sì
166	12.699	0,630	57.638	0,220	16.085	0,651	59.647	0,270	19.472	0,672	61.556	0,316	Sì
167	11.962	0,648	59.401	0,201	15.354	0,656	60.130	0,255	18.745	0,690	63.261	0,296	Sì
168	11.630	0,631	56.239	0,207	14.927	0,647	57.680	0,259	18.224	0,676	60.230	0,303	Sì
169	15.940	0,610	76.578	0,208	20.577	0,635	79.662	0,258	25.214	0,656	82.300	0,306	Sì
170	15.306	0,634	74.779	0,205	19.664	0,649	76.476	0,257	24.022	0,679	80.077	0,300	Sì
171	8.531	0,562	57.500	0,148	13.787	0,611	62.462	0,221	19.043	0,653	66.822	0,285	Sì

Parete : 4

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
179	340	90	3,778	0,019	0,019	0,019	Sì
180	340	90	3,778	0,044	0,024	0,043	Sì
181	340	90	3,778	0,044	0,024	0,042	Sì
182	340	90	3,778	0,045	0,025	0,041	Sì
183	515	80	6,438	0,071	0,044	0,061	Sì
184	515	80	6,438	0,094	0,052	0,087	Sì
185	515	80	6,438	0,081	0,047	0,070	Sì
186	475	70	6,786	0,062	0,046	0,053	Sì
187	475	70	6,786	0,092	0,054	0,085	Sì
188	475	70	6,786	0,080	0,051	0,068	Sì
189	510	60	8,500	0,055	0,078	0,048	Sì
190	510	60	8,500	0,043	0,050	0,043	Sì
191	510	60	8,500	0,042	0,065	0,042	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
179	18.244	0,918	65.371	0,279	20.705	0,918	65.371	0,317	23.166	0,918	65.371	0,354	Sì
180	343.807	0,840	446.502	0,770	353.388	0,903	480.252	0,736	362.969	0,844	448.717	0,809	Sì
181	596.100	0,840	996.590	0,598	617.465	0,902	1.069.597	0,577	638.830	0,845	1.002.788	0,637	Sì
182	80.550	0,837	162.448	0,496	87.268	0,901	174.821	0,499	93.986	0,849	164.711	0,571	Sì
183	296.779	0,718	675.078	0,440	348.002	0,803	755.539	0,461	399.225	0,749	704.336	0,567	Sì
184	400.218	0,661	469.052	0,853	425.797	0,778	552.533	0,771	451.376	0,674	478.610	0,943	Sì
185	63.938	0,690	118.972	0,537	72.633	0,793	136.867	0,531	81.328	0,722	124.483	0,653	Sì
186	222.497	0,741	791.610	0,281	274.564	0,790	844.246	0,325	326.631	0,768	820.664	0,398	Sì
187	157.055	0,658	236.469	0,664	168.525	0,766	275.382	0,612	179.995	0,672	241.586	0,745	Sì
188	39.565	0,684	103.281	0,383	46.596	0,774	116.757	0,399	53.626	0,721	108.904	0,492	Sì
189	74.809	0,726	664.919	0,113	122.001	0,657	601.243	0,203	169.194	0,747	684.239	0,247	Sì
190	64.830	0,763	235.291	0,276	74.625	0,740	228.107	0,327	84.420	0,763	235.341	0,359	Sì
191	14.258	0,764	98.843	0,144	20.717	0,695	89.935	0,230	27.175	0,764	98.843	0,275	Sì

Parete : 5

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
200	340	60	5,667	0,048	0,028	0,044	Sì
201	340	60	5,667	0,044	0,028	0,043	Sì
202	340	60	5,667	0,077	0,037	0,071	Sì
203	515	40	12,875	0,086	0,064	0,081	Sì
204	515	40	12,875	0,120	0,064	0,112	Sì
205	475	40	11,875	0,077	0,059	0,072	Sì
206	475	40	11,875	0,101	0,059	0,097	Sì
207	475	40	11,875	0,138	0,067	0,129	Sì
208	475	40	11,875	0,158	0,074	0,140	Sì
209	510	40	12,750	0,065	0,064	0,064	Sì
210	510	40	12,750	0,066	0,064	0,065	Sì
211	510	40	12,750	0,066	0,064	0,066	Sì
212	510	40	12,750	0,065	0,064	0,065	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
200	146.594	0,807	379.696	0,386	162.947	0,867	408.156	0,399	179.300	0,818	384.887	0,466	Sì
201	96.166	0,818	112.891	0,852	99.794	0,867	119.738	0,833	103.422	0,821	113.372	0,912	Sì
202	94.793	0,716	140.485	0,675	101.585	0,841	165.003	0,616	108.376	0,735	144.217	0,751	Sì
203	192.480	0,531	282.907	0,680	221.521	0,587	312.925	0,708	250.561	0,542	289.067	0,867	Sì
204	70.020	0,465	110.033	0,636	75.745	0,587	138.785	0,546	81.470	0,480	113.568	0,717	Sì
205	90.539	0,579	212.518	0,426	108.630	0,629	230.898	0,470	126.722	0,593	217.766	0,582	Sì
206	39.751	0,527	77.645	0,512	41.974	0,629	92.601	0,453	44.197	0,535	78.830	0,561	Sì
207	31.916	0,456	65.890	0,484	34.038	0,609	87.872	0,387	36.160	0,474	68.446	0,528	Sì
208	4.215	0,419	8.737	0,482	4.668	0,588	12.257	0,381	5.121	0,452	9.432	0,543	Sì
209	29.327	0,587	215.703	0,136	48.382	0,592	217.410	0,223	67.436	0,590	216.667	0,311	Sì
210	16.515	0,587	42.703	0,387	18.990	0,592	43.079	0,441	21.465	0,588	42.790	0,502	Sì
211	17.098	0,586	37.656	0,454	19.238	0,592	38.048	0,506	21.378	0,587	37.734	0,567	Sì

212	1.396	0,588	5.453	0,256	1.874	0,592	5.489	0,341	2.353	0,590	5.468	0,430	Sì

Parete : 6

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
221	340	60	5,667	0,138	0,063	0,116	Sì
222	340	60	5,667	0,126	0,061	0,120	Sì
223	340	60	5,667	0,108	0,053	0,103	Sì
224	340	60	5,667	0,068	0,032	0,061	Sì
225	515	40	12,875	0,078	0,064	0,075	Sì
226	515	40	12,875	0,075	0,064	0,075	Sì
227	515	40	12,875	0,071	0,064	0,070	Sì
228	515	40	12,875	0,099	0,064	0,092	Sì
229	475	40	11,875	0,079	0,059	0,073	Sì
230	475	40	11,875	0,078	0,059	0,077	Sì
231	475	40	11,875	0,070	0,059	0,069	Sì
232	475	40	11,875	0,118	0,059	0,102	Sì
233	510	40	12,750	0,070	0,064	0,066	Sì
234	510	40	12,750	0,066	0,064	0,065	Sì
235	510	40	12,750	0,080	0,064	0,071	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
221	72.137	0,591	161.798	0,446	81.525	0,760	208.087	0,392	90.912	0,635	173.720	0,523	Sì
222	254.147	0,614	499.410	0,509	263.328	0,764	621.818	0,423	272.509	0,627	509.730	0,535	Sì
223	307.725	0,649	578.957	0,532	318.032	0,791	706.153	0,450	328.338	0,658	587.556	0,559	Sì
224	63.539	0,745	136.187	0,467	69.867	0,856	156.476	0,447	76.196	0,765	139.917	0,545	Sì
225	134.658	0,551	201.253	0,669	153.106	0,587	214.369	0,714	171.555	0,559	204.074	0,841	Sì
226	90.511	0,557	98.574	0,918	92.740	0,587	103.805	0,893	94.969	0,559	98.819	0,961	Sì
227	102.327	0,570	114.205	0,896	104.851	0,587	117.552	0,892	107.374	0,571	114.363	0,939	Sì
228	137.090	0,505	181.907	0,754	155.277	0,587	211.330	0,735	173.464	0,519	186.926	0,928	Sì
229	84.019	0,573	209.296	0,401	101.109	0,629	229.681	0,440	118.198	0,589	215.191	0,549	Sì
230	52.922	0,575	85.898	0,616	54.804	0,629	93.890	0,584	56.685	0,579	86.429	0,656	Sì
231	57.711	0,600	103.605	0,557	59.888	0,629	108.597	0,551	62.065	0,602	103.955	0,597	Sì
232	89.932	0,495	175.132	0,514	106.479	0,629	222.365	0,479	123.026	0,525	185.787	0,662	Sì
233	34.496	0,575	278.990	0,124	60.113	0,592	287.438	0,209	85.729	0,585	284.039	0,302	Sì
234	20.479	0,587	44.108	0,464	23.036	0,592	44.488	0,518	25.593	0,588	44.184	0,579	Sì
235	28.567	0,546	193.224	0,148	46.221	0,592	209.375	0,221	63.875	0,572	202.152	0,316	Sì

Parete : 7

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
248	340	60	5,667	0,053	0,028	0,050	Sì
249	340	60	5,667	0,052	0,028	0,051	Sì
250	340	60	5,667	0,044	0,028	0,042	Sì
251	515	40	12,875	0,067	0,064	0,066	Sì
252	515	40	12,875	0,078	0,064	0,077	Sì
253	515	40	12,875	0,107	0,064	0,104	Sì
254	515	40	12,875	0,109	0,064	0,103	Sì

255	475	40	11,875	0,063	0,059	0,062	Sì
256	475	40	11,875	0,080	0,059	0,079	Sì
257	475	40	11,875	0,126	0,062	0,121	Sì
258	475	40	11,875	0,135	0,062	0,116	Sì
259	510	40	12,750	0,074	0,064	0,069	Sì
260	510	40	12,750	0,065	0,064	0,065	Sì
261	510	40	12,750	0,073	0,064	0,072	Sì
262	510	40	12,750	0,076	0,064	0,070	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
248	74.424	0,791	126.653	0,588	79.963	0,867	138.875	0,576	85.501	0,801	128.237	0,667	Sì
249	141.829	0,793	154.804	0,916	146.905	0,867	169.384	0,867	151.981	0,798	155.778	0,976	Sì
250	38.207	0,820	71.803	0,532	41.237	0,867	75.978	0,543	44.266	0,826	72.374	0,612	Sì
251	60.131	0,580	123.610	0,486	70.892	0,587	125.037	0,567	81.653	0,582	123.986	0,659	Sì
252	72.391	0,551	83.961	0,862	74.312	0,587	89.480	0,830	76.233	0,553	84.239	0,905	Sì
253	41.549	0,490	56.776	0,732	43.009	0,587	67.965	0,633	44.469	0,496	57.394	0,775	Sì
254	19.176	0,486	31.870	0,602	20.649	0,587	38.489	0,536	22.123	0,497	32.618	0,678	Sì
255	62.117	0,618	131.571	0,472	72.085	0,629	133.968	0,538	82.053	0,620	132.153	0,621	Sì
256	53.391	0,570	80.990	0,659	55.181	0,629	89.320	0,618	56.971	0,574	81.514	0,699	Sì
257	31.705	0,480	45.624	0,695	32.903	0,623	59.155	0,556	34.101	0,489	46.472	0,734	Sì
258	7.246	0,463	11.351	0,638	8.394	0,621	15.230	0,551	9.542	0,498	12.204	0,782	Sì
259	25.544	0,564	120.064	0,213	36.179	0,592	126.142	0,287	46.814	0,577	122.825	0,381	Sì
260	22.465	0,589	38.262	0,587	24.258	0,592	38.474	0,631	26.050	0,589	38.292	0,680	Sì
261	13.427	0,566	26.000	0,516	14.768	0,592	27.190	0,543	16.108	0,570	26.198	0,615	Sì
262	2.942	0,559	14.743	0,200	4.265	0,592	15.615	0,273	5.587	0,575	15.156	0,369	Sì

Parete : 8

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
263	515	35	14,714	0,074	0,074	0,074	Sì
264	475	35	13,571	0,122	0,068	0,102	Sì
265	510	30	17,000	0,100	0,085	0,091	Sì
266	340	65	5,231	0,069	0,032	0,062	Sì
267	340	65	5,231	0,054	0,026	0,050	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
263	84.116	0,512	152.333	0,552	102.205	0,512	152.333	0,671	120.294	0,512	152.333	0,790	Sì
264	58.089	0,443	131.801	0,441	74.773	0,558	166.002	0,450	91.456	0,481	143.042	0,639	Sì
265	22.741	0,403	102.602	0,222	38.095	0,429	109.351	0,348	53.449	0,418	106.480	0,502	Sì
266	67.620	0,751	140.274	0,482	74.077	0,864	161.270	0,459	80.535	0,773	144.225	0,558	Sì
267	64.753	0,796	143.861	0,450	71.009	0,883	159.720	0,445	77.264	0,810	146.429	0,528	Sì

Parete : 9

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato

269	475	40	11,875	0,092	0,059	0,081	Sì
270	510	35	14,571	0,075	0,073	0,074	Sì
271	340	60	5,667	0,147	0,069	0,129	Sì
272	340	60	5,667	0,147	0,071	0,137	Sì
273	515	40	12,875	0,081	0,064	0,078	Sì
274	515	40	12,875	0,084	0,064	0,081	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
269	65.515	0,544	163.059	0,402	82.324	0,629	188.378	0,437	99.132	0,568	170.072	0,583	Sì
270	22.863	0,514	134.666	0,170	38.654	0,518	135.777	0,285	54.445	0,516	135.310	0,402	Sì
271	61.037	0,574	91.858	0,664	66.576	0,742	118.798	0,560	72.115	0,609	97.479	0,740	Sì
272	111.052	0,575	173.411	0,640	115.687	0,735	221.614	0,522	120.322	0,593	178.680	0,673	Sì
273	39.210	0,540	57.730	0,679	45.028	0,587	62.701	0,718	50.846	0,551	58.868	0,864	Sì
274	69.423	0,534	134.960	0,514	75.541	0,587	148.314	0,509	81.659	0,542	136.853	0,597	Sì

Parete : 10

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
276	515	40	12,875	0,064	0,064	0,064	Sì
277	475	40	11,875	0,106	0,059	0,090	Sì
278	340	60	5,667	0,070	0,033	0,064	Sì
279	340	60	5,667	0,056	0,028	0,051	Sì
280	510	35	14,571	0,084	0,073	0,080	Sì
281	510	35	14,571	0,085	0,073	0,079	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
276	98.537	0,587	199.445	0,494	119.210	0,587	199.445	0,598	139.883	0,587	199.445	0,701	Sì
277	68.870	0,517	175.783	0,392	87.938	0,629	213.691	0,412	107.005	0,549	186.681	0,573	Sì
278	65.022	0,737	128.606	0,506	71.056	0,852	148.565	0,478	77.089	0,758	132.152	0,583	Sì
279	49.288	0,781	131.917	0,374	55.134	0,867	146.552	0,376	60.980	0,797	134.723	0,453	Sì
280	3.510	0,489	11.036	0,318	4.637	0,518	11.682	0,397	5.763	0,500	11.280	0,511	Sì
281	28.763	0,488	115.457	0,249	40.564	0,518	122.437	0,331	52.366	0,501	118.486	0,442	Sì

Parete : 11

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
285	340	60	5,667	0,167	0,075	0,136	Sì
286	515	40	12,875	0,072	0,064	0,071	Sì
287	515	40	12,875	0,073	0,064	0,072	Sì
288	475	40	11,875	0,158	0,071	0,132	Sì
289	475	40	11,875	0,155	0,071	0,133	Sì
290	510	30	17,000	0,088	0,085	0,087	Sì
291	510	30	17,000	0,088	0,085	0,087	Sì

Superiore Centrale Inferiore

Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
285	124.601	0,535	240.592	0,518	142.648	0,723	324.870	0,439	160.695	0,595	267.535	0,601	Sì
286	96.619	0,565	126.421	0,764	106.599	0,587	131.340	0,812	116.579	0,569	127.263	0,916	Sì
287	9.219	0,563	11.433	0,806	10.126	0,587	11.927	0,849	11.033	0,567	11.514	0,958	Sì
288	54.838	0,418	93.552	0,586	64.660	0,595	133.084	0,486	74.481	0,468	104.719	0,711	Sì
289	5.929	0,424	8.611	0,689	6.822	0,595	12.099	0,564	7.714	0,466	9.474	0,814	Sì
290	15.427	0,423	71.030	0,217	23.866	0,429	72.011	0,331	32.305	0,426	71.543	0,452	Sì
291	1.330	0,423	6.447	0,206	2.097	0,429	6.539	0,321	2.864	0,426	6.496	0,441	Sì

Parete : 12

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
294	340	25	13,600	0,112	0,068	0,100	Sì
295	340	25	13,600	0,084	0,068	0,082	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Verificato
294	20.972	0,461	48.102	0,436	25.069	0,557	58.156	0,431	29.167	0,485	50.597	0,576	Sì
295	1.874	0,514	2.446	0,766	2.060	0,557	2.649	0,778	2.247	0,521	2.476	0,908	Sì

(*) Elementi di copertura

4 ALLEGATI ALLA RELAZIONE

Tavole Architettoniche
Tavola Strutturale