



COMUNE DI RAVENNA  
AREA INFRASTRUTTURE CIVILI  
SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA



Sistema di Qualità certificato per  
Progettazione, programmazione,  
affidamento, direzione lavori  
dei lavori pubblici  
e delle manutenzioni ordinarie;  
gestione espropri.

SCUOLA PRIMARIA "Compagnoni"  
SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "V. da Feltre"  
San Pietro in Campiano

MIGLIORAMENTO SISMICO

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO



Segretario Generale Dott. PAOLO NERI		Assessore ai LL.PP.: ROBERTO GIOVANNI FAGNANI		Sindaco MICHELE DE PASCALE	
Capo Servizio: Ing. CLAUDIO BONDI			Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI		
Firme:					
<b>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Luca Leonelli</b>					
PROGETTISTA: Ing. Giuseppe Nucara					
0	EMISSIONE	G. Nucara	L. Leonelli	L. Leonelli	30/11/2018
Rev	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:

ELABORATO:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Codice Intervento:	Codice Edificio:	Codice Fase:	Codice Elaborato:
2017/381	G414	DE	RC_ST
Scala:	File:	Data:	Revisione:
//	G414-2017_381-DE-RC_ST-R0	30/11/2018	R0

# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1    NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2    DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3    ANALISI STORICO-CRITICA .....</b>	<b>7</b>
1.4    DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	7
1.4.1    Edificio in muratura.....	7
1.4.2    Edificio in calcestruzzo armato .....	12
<b>2    CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>15</b>
2.1    CORPO IN MURATURA DELL'EDIFICIO.....	15
2.2    CORPI IN CEMENTO ARMATO DELL'EDIFICIO.....	18
<b>3    ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>20</b>
3.1    PESI PROPRI, PORTATI E VARIABILI .....	20
3.2    NEVE.....	22
3.3    VENTO.....	22
3.4    AZIONE SISMICA .....	23
3.4.1    Pericolosità sismica .....	23
3.4.2    Spettri di risposta elastici.....	24
<b>4    COMBINAZIONI LINEARI.....</b>	<b>28</b>
<b>5    CORPO IN MURATURA .....</b>	<b>29</b>
5.1    CRITERI DI REGOLARITÀ E SEMPLICITÀ .....	29
5.1.1    Edificio A .....	29
5.1.2    Edificio B.....	30
5.2    MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	31
5.2.1    Edificio A .....	33
5.2.1.1    Descrizione numerica del modello-Edificio A.....	36
5.2.2    Edificio B.....	52
5.2.2.1    Descrizione numerica del modello-Edificio A.....	53
5.3    ANALISI.....	60
5.3.1    Verifica allo SLU per carichi statici.....	60
5.3.1.1    Verifiche eseguite .....	61
5.3.1.1.1    Snellezza delle murature.....	61
5.3.1.1.2    Eccentricità dei carichi .....	61
5.3.1.1.3    Verifica a carichi verticali .....	62
5.3.1.1.4    Edificio A .....	62
5.3.1.1.5    Edificio B.....	67
5.3.1.2    Sintesi dei risultati allo SLU .....	69
5.3.1.2.1    Edificio A .....	69

5.3.1.2.2	Edificio B.....	72
5.3.2	<b>Analisi Sismica.....</b>	<b>73</b>
5.3.2.1	Analisi Modale .....	74
5.3.2.1.1	Edificio A .....	75
5.3.2.1.2	Edificio B.....	76
5.3.2.2	Analisi incrementale a collasso (push-over).....	77
5.3.2.3	Verifiche eseguite .....	79
5.3.2.3.1	STATO LIMITE ULTIMO (SLV): .....	79
5.3.2.3.2	STATO LIMITE DI DANNO (SLD): .....	79
5.3.2.3.3	STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO): .....	79
5.3.2.3.4	O.P.C.M. 3362 dell' 8 luglio 2004: .....	79
5.3.2.4	<b>Edificio A .....</b>	<b>80</b>
5.3.2.5	Edificio B .....	83
5.3.3	<b>Verifica del telaio metallico di cerchiatura .....</b>	<b>87</b>
5.3.3.1	Dimensionamento telaio metallico.....	88
5.3.3.2	Verifiche di resistenza del telaio metallico .....	89
5.3.3.3	Verifiche di deformabilità del traverso .....	90
5.3.3.4	Verifica saldatura di collegamento .....	91
5.3.3.5	Verifica Collegamento Cerchiatura struttura esistente .....	92
6	<b>CORPI IN CA .....</b>	<b>93</b>
6.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RINFROZO IN COMPOSTI FIBRORINFORZATI IN ACCIAIO .....	94
6.2	MODELLAZIONE DELLA STRUTURA .....	95
6.2.1	<i>Suddivisione dell'edificio in modelli separati .....</i>	<i>96</i>
6.2.1.1	Corpo aula magna e mensa .....	96
6.2.1.2	Corpo aule posteriori .....	100
6.2.1.3	Palestra .....	104
6.3	ANALISI.....	108
6.3.1	<i>Verifica allo SLU per carichi statici .....</i>	<i>108</i>
6.3.1.1	Pressoflessione .....	108
6.3.1.2	Taglio .....	108
6.3.2	<i>Verifica allo SLV per azione sismica .....</i>	<i>109</i>
6.3.2.1	Analisi Sismica.....	109
6.3.2.2	Fattore di struttura .....	111
6.3.3	<i>Verifica allo SLU e SLV per elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio .....</i>	<i>111</i>
6.3.3.1	Pressoflessione .....	112
6.3.3.2	Taglio .....	112
6.3.3.3	Nodi Trave-Pilastro .....	113
6.4	CORPO MENSA E AULA MAGNA .....	114
6.4.1	<i>Verifiche allo SLU .....</i>	<i>114</i>
6.4.2	<i>Verifiche allo SLV.....</i>	<i>117</i>
6.4.2.1	Condizioni di regolarità .....	117
6.4.2.2	Analisi dinamica modale .....	118

6.4.3	Verifiche elementi strutturali .....	121
6.4.4	Verifiche esplicite degli elementi rinforzati mediante FRP.....	125
6.4.5	Conclusioni .....	138
6.5	CORPO AULE POSTERIORI .....	139
6.5.1	Verifiche allo SLV.....	139
6.5.1.1	Condizioni di regolarità .....	139
6.5.1.2	Analisi dinamica modale .....	139
6.5.2	Verifiche elementi strutturali .....	142
6.5.3	Verifiche esplicite degli elementi rinforzati mediante FRP.....	146
6.5.4	Conclusioni .....	148
6.6	PALESTRA.....	148



# 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive gli interventi progettuali, ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e delle NTC 2018, resi necessari al fine di conseguire un miglioramento delle condizioni di sicurezza della scuola di S. Pietro in Campiano, comune di Ravenna (RA), localizzata in via Due Giugno 1946.

## 1.1 Normativa di riferimento

- **D.M. 17.01.2018** "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- **Circolare n. 617/C.S.LL.PP. 02.02.2009** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- Parere del Comitato Tecnico Scientifico, Regione Emilia Romagna, **riunione del 27/07/2010**
- **FEMA 356/November 2000** "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings"
- **Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50** "Codice dei contratti pubblici"
- **Decreto legislativo 19 aprile 2017, n. 56** "Disposizioni integrative e correttive al D.Lgs. n° 50/2016"
- **D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»"
- **CNR-DT 200 R1/2013** "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Composti Fibrorinforzati"
- **Dipartimento Protezione Civile - ReLUIS** "Linee Guida per Riparazione e Rafforzamento di Elementi Strutturali, Tamponature e Partizioni"

## 1.2 Descrizione dell'edificio

La scuola di S. Pietro in Campiano è costituita da diversi corpi indipendenti, così come da figure a seguire.

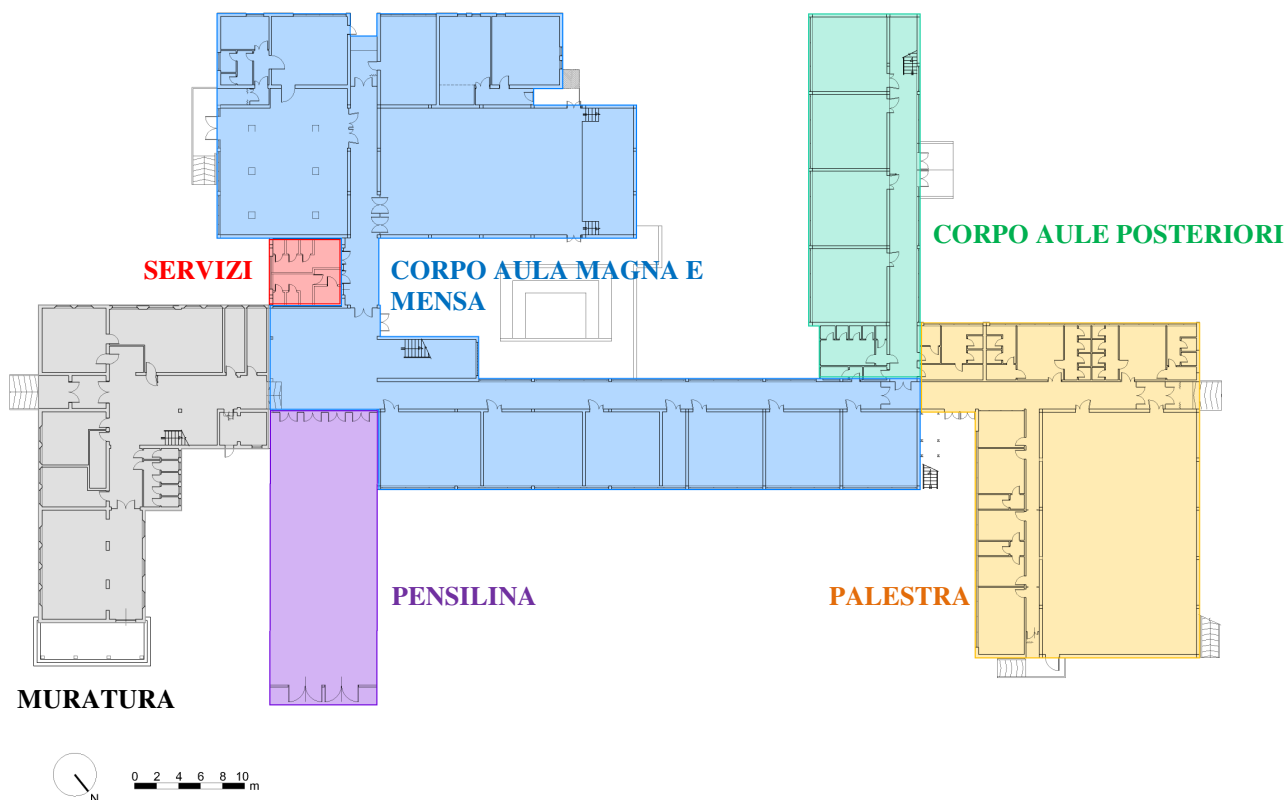


Figura 0.1: Pianta del piano terra, i colori evidenziano i diversi corpi strutturali

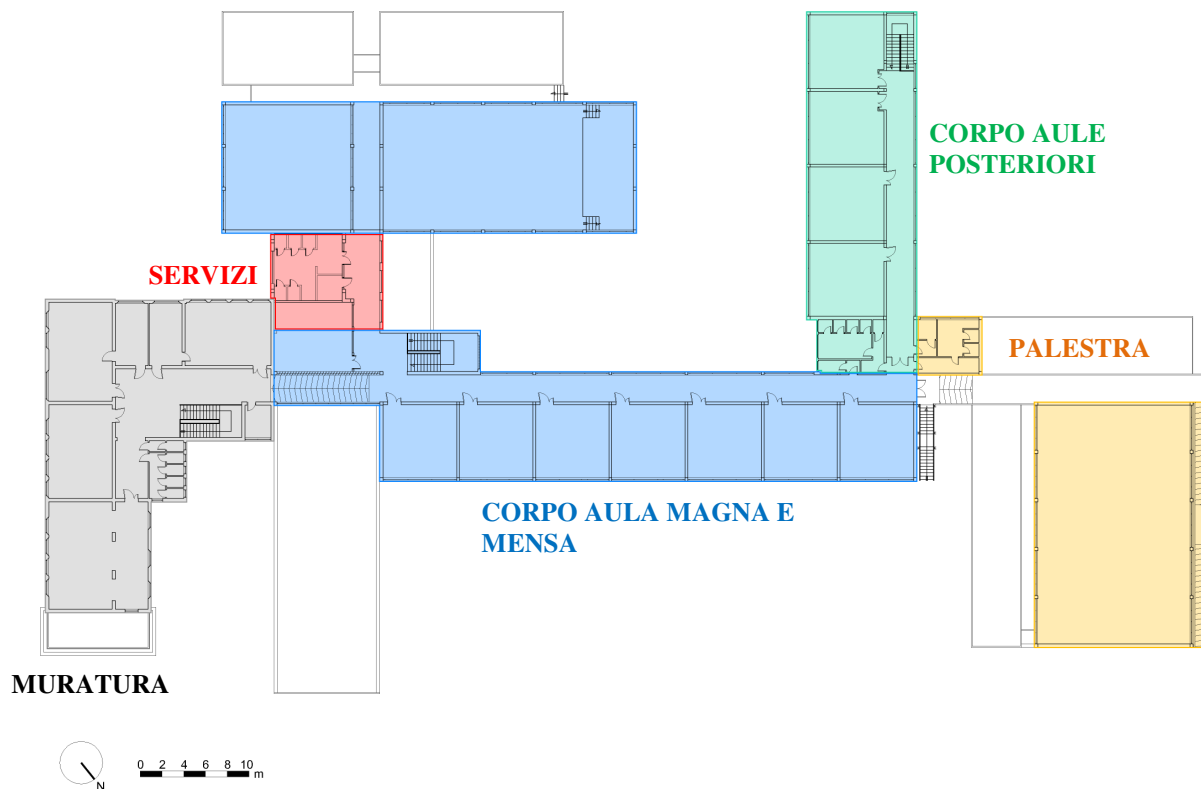


Figura 0.2: Pianta del piano primo, i colori evidenziano i diversi corpi strutturali

Il corpo aule (verde), l'aula magna e mensa (blu), la pensilina (viola) e la palestra (giallo) furono realizzati in calcestruzzo armato e parzialmente in muratura negli anni Settanta, a questi corpi si sommano il nucleo originario in muratura (grigio) e il corpo servizi (rosso) di recente realizzazione.

La palestra, la mensa e l'aula comune sono coperte da un sistema di capriate metalliche, i restanti spazi presentano orizzontamenti cementizi.

L'area realizzata in muratura, costituita a sua volta da due corpi, è separata dal resto da un giunto strutturale di 2,5 cm.

### **1.3 Analisi storico-critica**

L'edificio originario in muratura fu realizzato nel secondo Dopoguerra, ma già sul finire degli anni Sessanta risultava poco idoneo ad assorbire la crescita demografica locale e versava in cattivo stato di manutenzione. Per tale motivo, nel 1971 l'Amministrazione Comunale procedette all'affidamento di un incarico per l'ampliamento delle strutture esistenti: gli edifici in calcestruzzo armato sono stati progettati nel 1976 dagli arch. Danilo Naglia e Alessandro Gatti per la parte architettonica e dall'ing. Lamberto Zaccarelli, appartenente alla Cooperativa Ravennate Costruttori, per le strutture.

Il progetto del 1976 è stato rinvenuto nell'Archivio Comunale di Ravenna. E' composto da una relazione illustrativa generale, una relazione di calcolo delle strutture in calcestruzzo armato, una relazione di calcolo delle fondazioni, una relazione di calcolo delle capriate in acciaio, tre relazioni di calcolo relative ai solai latero cementizi, disegni costruttivi completi (32 tavole), elenco elaborati.

### **1.4 Descrizione dell'intervento**

Lo studio viene redatto sulla scorta dei risultati della valutazione di vulnerabilità sismica redatta in data 26/05/2014 a firma dell'Ing. Giuseppe Nucara, resasi necessaria ai sensi della normativa all'epoca vigente (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" par. 8.3 "Valutazione della sicurezza").

L'edificio rientra tra le opere rilevanti secondo l'allegato 7 della delibera GRT n°604 del 16/06/2003, livello di priorità 1, ai sensi della delibera GRT n.1114 del 7/10/2003 e in tal senso il complesso scolastico è stato oggetto della citata verifica di vulnerabilità sismica.

I risultati delle verifiche effettuate hanno accertato che l'edificio non garantisce i livelli di sicurezza richiesti dalle attuali normative.

#### **1.4.1 Edificio in muratura**

Nel nucleo originario in muratura, dal punto di vista statico, la verifica di molti maschi murari non risulta soddisfatta per via delle grandi luci dei solai, che si traducono in elevati pesi applicati alle murature, scarsa resistenza delle murature stesse e grandi e numerose aperture nei maschi, occasionalmente eccentriche da un piano all'altro.

Da un punto di vista dinamico, il comportamento del corpo che ospita la biblioteca e l'aula di educazione musicale (Corpo B) è diverso dal comportamento della parte restante dell'edificio (Corpo A): l'edificio A, caratterizzato da fenomeni di traslazione orizzontale, presenta un buon comportamento globale ma scarse riserve ai meccanismi locali; l'edificio B, di più recente realizzazione, presenta un comportamento globale caratterizzato da torsioni significative con capacità resistenti molto scarse.

Il complesso scolastico da un punto di vista statico e sismico presenta problematiche importanti nelle pareti sud-est e sud-ovest, laddove finestre di ampia dimensione sono intervallate da pilastri in muratura; inoltre, i solai in latero-cemento sono caratterizzati da luci di notevoli dimensioni, fino a 6 m.

Scopo del progetto di cui alla presente relazione è l'insieme di interventi atti a migliorare sismicamente il complesso scolastico, intervenendo sulle parti che presentano carenze dal punto di vista della sicurezza.

La progettazione degli interventi segue quanto prescritto dalla Circolare LLPP 617/2009 e dalle NTC '18.

Come prima scelta sono stati proposti i seguenti interventi:

- Tamponatura di cinque porte e sei finestre al piano terra, di una porta al piano primo e di una delle finestre di grande dimensione che danno luce al vano scala;
- Ridimensionamento di due finestre e due porte al piano terra;
- Nuova tamponatura ammorsata di una porta del piano terra;
- Apertura di una finestra e di tre porte nei divisori interni al piano terra;
- Demolizione di alcuni pilastri in muratura e sostituzione della muratura esistente con muratura di migliori caratteristiche meccaniche ( $f_{bk} \geq 40 \text{ N/mm}^2$  e malta M10);
- Introduzione di tre telai in acciaio;
- Consolidamento con intonaco armato di due pareti murarie.

Gli interventi sopra citati e sintetizzati nelle piante a seguire, sono stati valutati nel rispetto dei rapporti aeroilluminanti e della distribuzione in pianta dei locali scolastici.

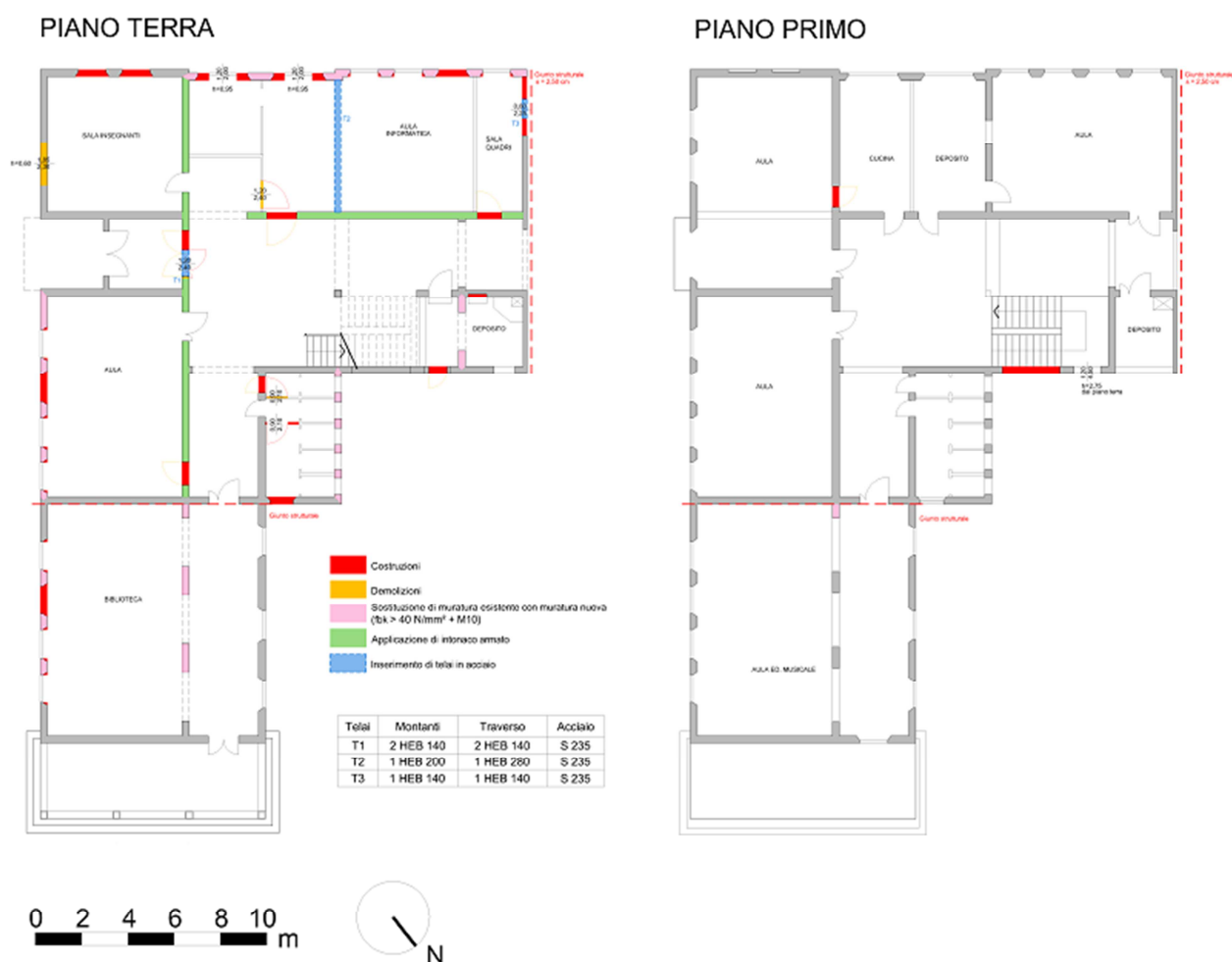


Figura 1.3: Prima proposta di intervento

Questa scelta imponeva la sostituzione degli infissi, di recente realizzazione: per questo, in accordo con l'Amministrazione committente, è stato comunque deciso di non adottare la soluzione proposta in prima scelta.

Ulteriori analisi, condotte in accordo con la committenza, hanno invece portato la scelta a prediligere un intervento basato sul rinforzo dei maschi murari con carenza di resistenza mediante inserimento di una testa ulteriore di pannello murario: con tale rinforzo si raggiunge l'adeguamento statico del corpo in esame ed il miglioramento sismico del complesso, e senza che si renda necessaria la sostituzione degli infissi.

Gli interventi generali previsti risultano dunque essere:

- Ispessimento delle murature portanti mediante la posa di muratura di mattoni spessore cm.13
- Realizzazione di muratura portante a due teste – spessore cm. 30
- Realizzazione di giunto sismico
- Chiusura di porta su muratura portante
- Restringimento di apertura su muratura portante
- Apertura di porta su tramezzo
- Realizzazione di cerchiature con elementi metallici



Figura 1.4: Proposta di intervento definitiva

Il rinforzo delle pareti murarie, che prima dell'intervento non rispettavano le verifiche richieste dalla vigente norma, avviene mediante il rinforzo con un'ulteriore testa di mattoni di nuova produzione attraverso il metodo del "cuci e scuci": la nuova parete di muratura risulta pertanto addossata alla vecchia e collegata ad essa mediante l'ammorsamento di mattoni ogni 50cm.

Questo intervento necessita dell'ampliamento del cordolo di fondazione e dell'ancoraggio alla struttura esistente mediante aggrappante per riprese di getto con applicazione a pennello, su cls, di prodotto a base di resine epossidiche a due componenti predosati, previo scavo a sezione obbligata di 0,50 m dalla quota zero del manufatto con l'utilizzo di mezzi meccanici fino alla profondità di 1,5 m.

L'ampliamento del cordolo di interpiano in c.a. per dimensioni di 16x16 cm è previsto per tutte le strutture murarie su cui è stato definito l'intervento; le armature che devono essere inserite nelle riprese di getto dei cordoli di interpiano e di fondazione corrispondono a 4Ø16 di cui 2 superiori e 2 inferiori e staffe Ø8/15.

Il collegamento alla struttura in c.a. esistente avviene mediante inghisaggi di barre di acciaio (Ø12/15) compreso di esecuzione del foro, bloccaggio delle barre e pulizia del foro con aria compressa.

Al fine di avere un comportamento dinamico della struttura più favorevole in occasione di un'azione sismica, si prevede di separare i corpi di fabbrica A e B attraverso la realizzazione di un giunto sismico che porti ad una regolarizzazione in pianta dell'edificio scolastico: il giunto sismico è da realizzarsi con la posa in opera di un coprigiunto piatto in alluminio fittato mediante connessioni in acciaio inox.



Figura 1.5: Realizzazione giunto sismico e costruzione nuova parete in muratura

A seguito della realizzazione del giunto, si prevede la costruzione di una nuova muratura in mattoni con foratura <45% di tipo POROTON opportunamente confezionata e di spessore corrispondente a due teste. La costruzione della nuova struttura muraria sarà completata mediante la realizzazione di cordoli di interpiano da collegare a quelli esistenti attraverso aggrappante per riprese di getto con applicazione a pennello, su cls, di prodotto a base di resine epossidiche a due componenti predosati.

Al fine di poter realizzare l'ispessimento dei muri interni al manufatto, sarà necessario procedere alla demolizione di pavimenti, rivestimenti, del massetto e del solaio per una larghezza di 0,50m.

Vista la presenza di impianti elettrici ed antincendio esternamente alle murature oggetto di intervento, è da prevedersi la rimozione degli stessi e la conseguente nuova realizzazione.

Per poter beneficiare di una condizione di maggior sicurezza sismica, si chiude un'apertura interna, con spostamento dell'accesso al servizio igienico dal tramezzo adiacente, si chiude un'apertura esterna e si restringe l'apertura confinante con le scale.

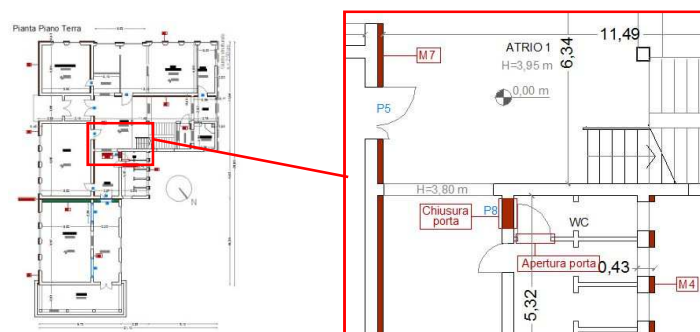


Figura 1.6: Realizzazione nuova apertura a seguito della chiusura della porta del maschio murario

Ulteriori interventi previsti sono la realizzazione di cerchiature mediante profili metallici di aperture già esistenti e valutate come le più critiche per la struttura, in particolare sei cerchiature nel corpo B: questo per ripristinare la rigidezza della muratura portante in assenza di apertura.

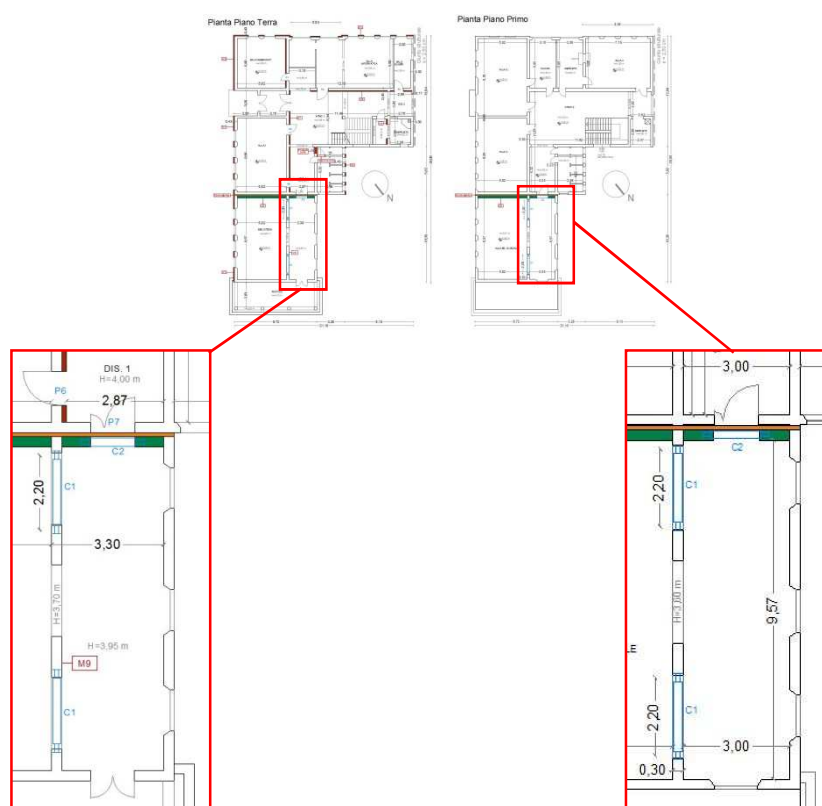


Figura 1.7: Realizzazione cerchiature di pareti murarie mediante profili metallici

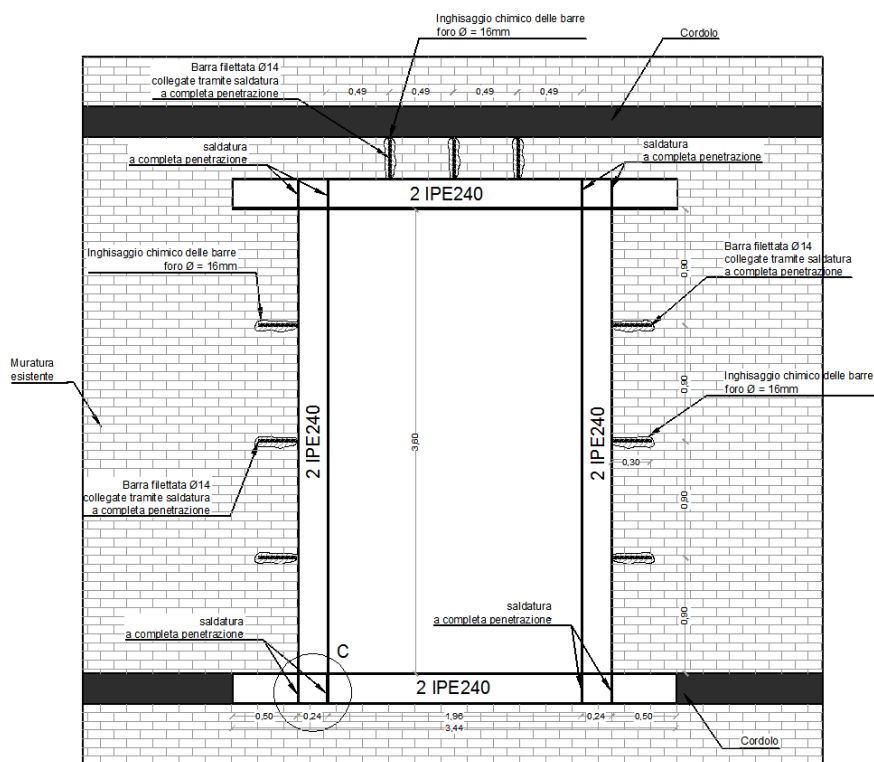


Figura 1.8: Cerchiatura realizzata mediante 2 IPE 240

Per facilitare la redistribuzione degli sforzi alle azioni orizzontali, quindi sotto eccitazione della struttura dovuta all'azione sismica, si prevede la realizzazione di una soletta sul solaio del sottotetto del corpo B: questo intervento permetterà di poter ipotizzare il solaio come un diaframma rigido e di redistribuire l'azione esterna in base alla rigidezza degli elementi verticali.

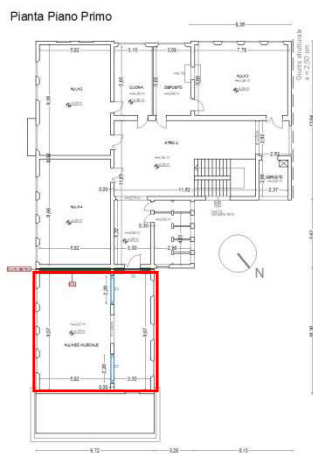


Figura 1.9: Zona di realizzazione della nuova soletta

#### 1.4.2 Edificio in calcestruzzo armato

Un aspetto critico dell'edificio in oggetto risulta essere il corpo aula magna e mensa, il quale presenta carenze dal punto di vista statico degli elementi in cemento armato evidenziate a seguito dello svolgimento delle verifiche di vulnerabilità. Si è optato perciò di intervenire rinforzando travi e pilastri mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato al fine di aumentare rispettivamente la resistenza della sezione a taglio, a flessione ed a pressoflessione. Si è inoltre predisposto il rinforzo dei nodi trave-pilastro



per il corpo aula magna e mensa e quello corrispondente al corpo aule posteriori con l'obiettivo di aumentare la capacità in termini di accelerazione al suolo per la citata tipologia di rottura. Viene così raggiunto un adeguamento statico globale del complesso scolastico associato ad un miglioramento delle prestazioni per le azioni sismiche attese nella zona. Nella figura seguente si evidenziano gli elementi oggetto di intervento.

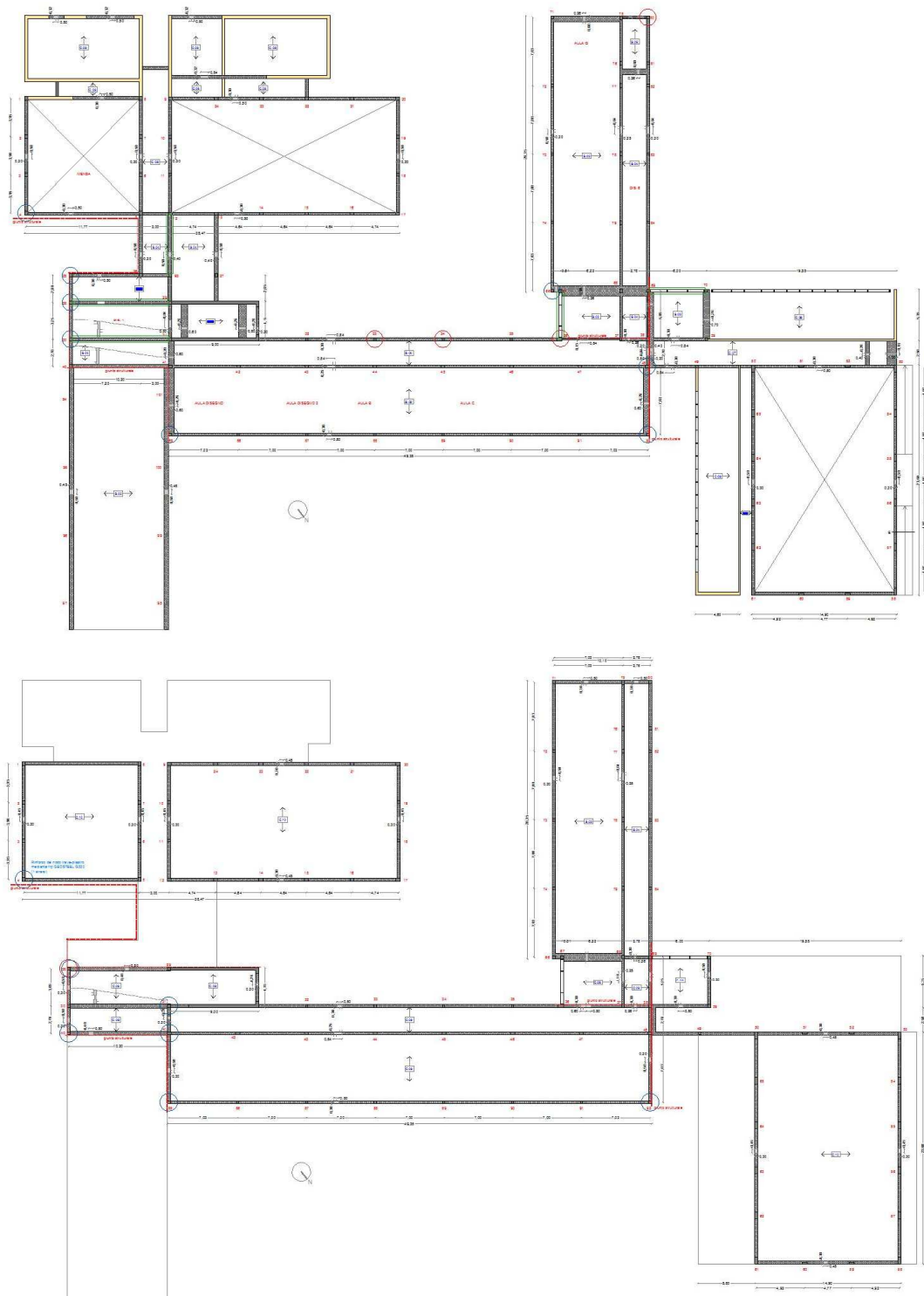


Figura 1.10: Individuazione degli elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato

A seguito della verifica di vulnerabilità sismica dei corpi dell'edificio scolastico, era stato individuato come ulteriore elemento critico la rampa a sbalzo in calcestruzzo che consente l'accesso alla palestra: in particolare, la verifica a taglio torsione della trave che sorregge l'intera rampa non soddisfaceva la verifica. Si

prevede perciò l'intervento su questo elemento, con demolizione del parapetto in cemento armato e sostituzione con un nuovo elemento più leggero.

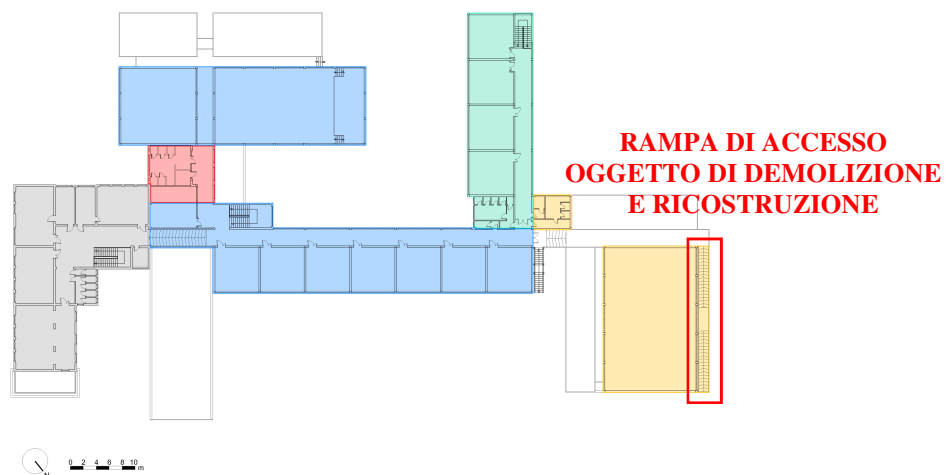


Figura 1.11: Zona di realizzazione del nuovo parapetto per la rampa di accesso alla palestra

## 2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La modellazione e successiva verifica degli edifici, presuppone che si acquisiscano informazioni relative allo stato di fatto mediante indagini sulla geometria del fabbricato, sui dettagli costruttivi e sulle proprietà dei materiali. In base al tipo ed alla quantità di prove effettuate, si attingono diversi livelli di conoscenza e, di conseguenza, si possono adottare diversi valori delle resistenze e rigidezze dei materiali (§C8A.1.A Circolare LLPP 617/2009).

### 2.1 Corpo in muratura dell'edificio

Nel caso in esame, le indagini eseguite hanno permesso di raggiungere il livello di conoscenza *accurato* LC3, nonché di mantenere immutate le resistenze dei materiali ( $FC = 1,00$ ) in campo statico, ed il livello di conoscenza *adeguato* LC2 ( $FC=1,20$ ) in campo sismico. A tal proposito si veda il Resoconto della Campagna di Indagine del 20/05/2014.

Le proprietà dei materiali e la fattura dei dettagli costruttivi sono state verificate mediante specifiche indagini eseguite nei giorni 05-09-10/05/2014:

I dati raccolti *in situ* hanno rivelato che la struttura muraria è composta da mattoni pieni di spessore 28,8 cm al netto dell'intonaco, eccezion fatta per la parete di confine con l'edificio in calcestruzzo armato, di spessore pari a 17 cm al lordo dell'intonaco (muratura ad una testa di 14 cm).

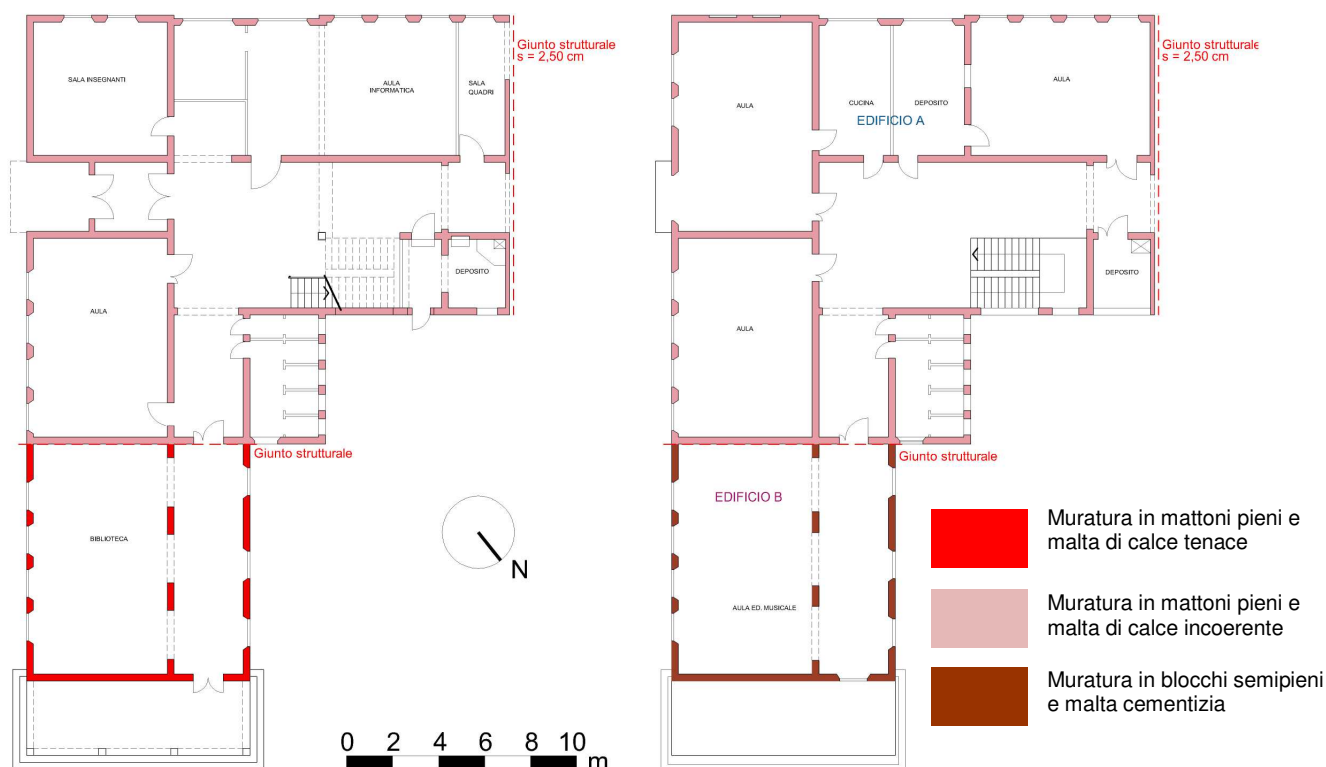


Figura 2.1: abaco delle tipologie murarie

In funzione del livello di conoscenza attinto, la stima delle caratteristiche meccaniche può essere condotta con metodi differenti.

Nel caso in questione, in campo statico si adottano le seguenti caratteristiche (livello di conoscenza LC3).

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce incoerente	240.00	6.00	2781.30	1112.50	18.00

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce tenace	320.00	7.60	1500.00	500.00	18.00

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Blocchi laterizi semipieni	400.00	30.00	2781.30	1112.50	12.00

Tabella 2.1: Parametri meccanici utilizzati nel calcolo statico

In campo sismico, si adottano invece le seguenti caratteristiche meccaniche (livello di conoscenza LC2).

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce incoerente	200.00	5.00	2317.75	927.08	18.00

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce tenace	266.67	6.33	1250.00	416.67	18.00

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Blocchi laterizi semipieni	333.33	25.00	2317.75	927.08	12.00

Tabella 2.2 Parametri meccanici utilizzati nel calcolo sismico

Come descritto al Capitolo 1.4 gli interventi generali previsti sul corpo in esame riguardano l'ispessimento delle murature portanti mediante la posa di muratura di mattoni spessore cm.13 attraverso la tecnica del "cuci e scuci". Al fine di simulare in maniera più veritiera le caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata la caratteristica viene assunta come media ponderata sullo spessore dei valori della muratura nuova ed esistente secondo la seguente relazione:

$$a = (a_{mur,vecchia} t_{mur,vecchia} + a_{mur,nuova} t_{mur,nuova}) / t_{tot}$$

con:

$a$	caratteristica meccanica della muratura rinforzata
$a_{mur,vecchia}$	caratteristica meccanica della muratura vecchia
$t_{mur,vecchia}$	spessore della muratura vecchia
$a_{mur,nuova}$	caratteristica meccanica della muratura nuova
$t_{mur,nuova}$	spessore della muratura nuova
$t_{tot}$	spessore totale della muratura rinforzata

Per la muratura nuova viene utilizzata la tipologia a mattoni pieni e malta di calce con le seguenti caratteristiche meccaniche.

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce	1000.00	30.00	10000.00	4000.00	20.00

Tabella 2.3 Parametri meccanici della muratura nuova utilizzata per il rinforzo

Suddividendo la tipologia di muratura e combinando i valori della muratura nuova con quella esistente secondo quanto descritto in precedenza si ottiene:

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce incoerente rinforzata (tot=41cm)	506.00	14.40	5307.85	2123.13	18.70

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce tenace rinforzata (tot=41cm)	558.00	15.44	4475.00	1725.00	18.70

Tabella 2.4 Parametri meccanici della muratura ( $t_{tot}=41cm$ ) rinforzata nel calcolo statico

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce incoerente rinforzata (tot=41cm)	480.00	13.75	5006.54	2002.60	18.70

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni pieni e malta di calce tenace rinforzata (tot=41cm)	523.33	14.62	4312.50	1670.83	18.70

Tabella 2.5 Parametri meccanici della muratura ( $t_{tot}=41cm$ ) rinforzata nel calcolo sismico

Nella realizzazione della parete in muratura portante a due teste di spessore 30 cm, da effettuarsi nella zona di esecuzione del giunto sismico tra il corpo A ed il corpo B, si utilizzano blocchi Poroton con le seguenti caratteristiche:

Tipologia di muratura	$f_m$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	w [kN/m <sup>3</sup> ]
Mattoni Poroton e malta di calce	2000.00	20.00	8000.00	3200.00	8.20

Tabella 2.6 Parametri meccanici della muratura Poroton di nuova realizzazione

Le Cerchiature con cui vengono rinforzate i maschi murari vengono realizzate attraverso profili metallici in acciaio S235 con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Caratteristica	Valore [MPa]
$f_{yk}$	235
$f_{tk}$	360

Tabella 2.7 Parametri meccanici S235

## 2.2 Corpi in cemento armato dell'edificio

Le indagini eseguite in una prima fase, hanno permesso di raggiungere il livello di conoscenza *limitato* LC1, consentendo di procedere all'analisi dei fabbricati con metodi lineari e di abbattere le resistenze dei materiali del valore pari ad  $FC = 1,35$ .

Nella seconda fase, invece, le indagini effettuate hanno dato modo di raggiungere il livello di conoscenza *adeguata* LC2, consentendo di procedere all'analisi dei fabbricati con metodi lineari e di abbattere le resistenze dei materiali del valore pari ad  $FC = 1,20$ .

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono calcolate come media ponderata dei risultati delle prove eseguite in laboratorio sui campioni estratti nella scuola (si veda a tal proposito la relazione *Elaborazione dati della campagna d'indagine* dell' 08/05/2015).

Per quanto riguarda quelle dell'acciaio, sono calcolate come media ponderata dei risultati delle prove eseguite in laboratorio sui campioni estratti nella scuola (si veda a tal proposito la relazione *Elaborazione dati della campagna d'indagine* del 04/11/2013).

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo adottate nella modellazione, corpo per corpo, sono elencate nelle Tabella 2.9.

Palestra			
Caratteristica		Valore	Unità di misura
Massa volumica	$\rho$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	430.70	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	357.48	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	43.75	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c$	1.50	
Fattore di confidenza	FC	1.20	
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd}$	168.81	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di progetto per elementi piani ( $s \leq 50$ mm)	$f_{cd}$	135.05	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	32.56	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}$	22.79	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto a trazione semplice	$f_{ctd}$	12.66	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	39.07	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico normale	$E_{cm}$	34'254.38	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson (calcestruzzo fessurato)	$\nu$	0.12	
Modulo elastico tangenziale	G	15'292.13	N/mm <sup>2</sup>

Aula magna e mensa			
Caratteristica		Valore	Unità di misura
Massa volumica	$\rho$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	331.30	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	274.98	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	35.50	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c$	1.50	
Fattore di confidenza	FC	1.20	
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd}$	129.85	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di progetto per elementi piani ( $s \leq 50$ mm)	$f_{cd}$	103.88	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	27.33	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}$	19.13	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto a trazione semplice	$f_{ctd}$	10.63	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	32.80	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico normale	$E_{cm}$	32'172.97	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson (calcestruzzo fessurato)	$\nu$	0.12	
Modulo elastico tangenziale	G	14'362.93	N/mm <sup>2</sup>

Corpo aule			
Caratteristica		Valore	Unità di misura
Massa volumica	$\rho$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	413.00	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	342.79	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	42.28	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c$	1.50	
Fattore di confidenza	FC	1.20	
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd}$	161.87	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di progetto per elementi piani ( $s \leq 50$ mm)	$f_{cd}$	129.50	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	31.66	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}$	22.16	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto a trazione semplice	$f_{ctd}$	12.31	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	37.99	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico normale	$E_{cm}$	33'904.96	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Poisson (calcestruzzo fessurato)	$\nu$	0.12	
Modulo elastico tangenziale	G	15'136.14	N/mm <sup>2</sup>

Tabella 2.8: caratteristiche meccaniche del calcestruzzo

Per tener conto della fessurazione degli elementi strutturali (§7.2.6 NTC 2018), si sceglie di abbattere le rigidzze flessionali e tangenziali del 20% nei pilastri e del 50% nelle travi.

Di seguito sono riportati i relativi valori di calcolo per i vari blocchi considerati:

<b>Corpo aule</b>		
	<b>Travi</b>	<b>Pilastrri</b>
<b>E [N/mm<sup>2</sup>]</b>	16'952.48	27'123.97
<b>G [N/mm<sup>2</sup>]</b>	7'568.07	12'108.91

Tabella 2.9: abbattimento delle rigidezze del calcestruzzo Corpo Aule

<b>Palestra</b>		
	<b>Travi</b>	<b>Pilastrri</b>
<b>E [N/mm<sup>2</sup>]</b>	17'127.19	27'403.50
<b>G [N/mm<sup>2</sup>]</b>	7'646.07	12'233.70

Tabella 2.10: abbattimento delle rigidezze del calcestruzzo Palestra

<b>Aula magna e mensa</b>		
	<b>Travi</b>	<b>Pilastrri</b>
<b>E [N/mm<sup>2</sup>]</b>	16'086.49	25'738.38
<b>G [N/mm<sup>2</sup>]</b>	7'181.47	11'490.34

Tabella 2.11: abbattimento delle rigidezze del calcestruzzo Aula Magna e Mensa

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio da cemento armato adottate nella modellazione e risultanti dalle prove (Fe B 44 k o B450), sono esplicitate nella tabella a seguire.

<b>Caratteristica</b>	<b>Valore</b>
$f_{y \text{ nom}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	450
$f_{t \text{ nom}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	540

Tabella 2.12: caratteristiche meccaniche dell'acciaio da cemento armato

### 3 ANALISI DEI CARICHI

Sulla struttura agiscono i pesi propri, i pesi portati, i pesi variabili, l'azione della neve, l'azione vento e l'azione sismica.

#### 3.1 Pesi propri, portati e variabili

- **Corpo in muratura**

Solaio interpiano:	$G_1 = 196,67 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 196,00 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 300,00 \text{ daN/m}^2$ (cat. C1)
Controsoffitto:	$G_1 = 150,00 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 0,00 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 0,00 \text{ daN/m}^2$ (cat. H1)
Copertura:	$G_1 = 196,67 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 40,00 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 50,00 \text{ daN/m}^2$ (cat. H1)
Scale:	$G_1 = 477,81 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 96,00 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 400,00 \text{ daN/m}^2$ (cat. C2)

- **Corpi in c.a.**

I **solai**, comprese le coperture, sono realizzati in latero cemento gettato in opera ed hanno spessore strutturale pari a 26 cm (22+4 cm). Le specifiche della relazione di calcolo indicano che il calcestruzzo appartiene alla classe C20/25 e l'acciaio alla Fe B 44, coerentemente con i valori riscontrati nella campagna d'indagine per la sovrastruttura. Non si hanno informazioni relative all'armatura di ripartizione nella soletta, a favore di sicurezza si assume che i solai siano flessibili.

Dall'analisi dei carichi condotta all'epoca, si ricavano i seguenti pesi:

- Solaio  $190 \text{ daN/m}^2$
- Soletta 4 cm  $100 \text{ daN/m}^2$
- Muretti e tavelloni  $100 \text{ daN/m}^2$
- Impermeabilizzazione e intonaco  $110 \text{ daN/m}^2$
- Sovraccarico accidentale (interpiano)  $350 \text{ daN/m}^2$  (DM 18/12/1975)
- Sovraccarico accidentale (copertura)  $150 \text{ daN/m}^2$  (DM 18/12/1975)
- Divisori circa  $500 \text{ daN/m}$
- Controsoffitto corridoi  $70 \text{ daN/mq}$
- Impermeabilizzazione e isolante  $30 \text{ daN/m}^2$



In definitiva, nel modello di calcolo si adotta:

Solai interpiano (aule):	$G_1 = 290 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 310 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 300 \text{ daN/m}^2$ (cat. C1 - NTC 2018)
Solai interpiano (ballatoi):	$G_1 = 290 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 318 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 400 \text{ daN/m}^2$ (cat. C2 - NTC 2018)
Coperture non praticabili (aule):	$G_1 = 290 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 210 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 50 \text{ daN/m}^2$ (cat. H - NTC 2018) $Q_{k \text{ neve}} = 120 \text{ daN/m}^2$
Coperture non praticabili (ballatoi):	$G_1 = 290 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 280 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 50 \text{ daN/m}^2$ (cat. H - NTC 2018) $Q_{k \text{ neve}} = 120 \text{ daN/m}^2$
Coperture praticabili:	$G_1 = 290 \text{ daN/m}^2$ $G_2 = 210 \text{ daN/m}^2$ $Q_k = 400 \text{ daN/m}^2$ (cat. I - NTC 2018) $Q_{k \text{ neve}} = 120 \text{ daN/m}^2$

La **scala principale** è realizzata in latero cemento gettato in opera ed ha uno spessore strutturale di 18 cm (16+2 cm). In questo caso si adotta:

$$G_1 = 165 \text{ daN/m}^2$$
$$G_2 = 110 \text{ daN/m}^2$$
$$Q_k = 400 \text{ daN/m}^2 \text{ (cat. C2 - NTC 2018)}$$

La **scala secondaria** è realizzata in latero cemento gettato in opera ed ha uno spessore strutturale di 22 cm (20+2 cm). In questo caso si adotta:

$$G_1 = 262 \text{ daN/m}^2$$
$$G_2 = 110 \text{ daN/m}^2$$
$$Q_k = 400 \text{ daN/m}^2 \text{ (cat. C2 - NTC 2018)}$$

Le tamponature, così come descritte nella relazione di calcolo, sono realizzate a camera d'aria, con una testa di mattoni pieni, una di forati da 8 cm ed intonaco. Il peso è pari a:

$$G_2 = 365 \text{ daN/m}$$

### 3.2 Neve

Altitudine s.l.m.: 7,0 m

Zona Neve = I Mediterranea

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo ( $q_{sk} C_e$ ) = 150 daN/m<sup>2</sup>

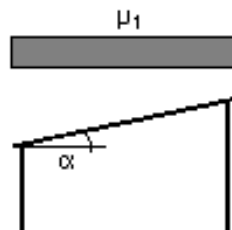
Copertura ad una falda:

Angolo d'inclinazione della falda = 0,0°

- Falda con presenza di barriera o impedimento allo scivolamento della neve.

$\mu_1 = 0,80 \rightarrow Q = 120 \text{ daN/m}^2$

Schema di carico:



### 3.3 Vento

Altitudine s.l.m.: 7,0 m

Zona vento = 2

( $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ ;  $A_o = 750 \text{ m}$ ;  $K_a = 0,015 \text{ 1/s}$ )

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Categoria esposizione: tipo III

( $K_r = 0,20$ ;  $Z_o = 0,10 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 5 \text{ m}$ )

Velocità di riferimento = 25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento ( $q_b$ ) = 39 daN/m<sup>2</sup>

Coefficiente di forma ( $C_p$ ) = 1,00

Coefficiente dinamico ( $C_d$ ) = 1,00

Coefficiente di esposizione ( $C_e$ ) = 1,70; 1,84

Coefficiente di esposizione topografica ( $C_t$ ) = 1,00

Altezza dell'edificio = 7,00 m

Pressione del vento ( $p = q_b C_e C_p C_d$ ) = **66,40 daN/m<sup>2</sup> (h = 5,00 m)**

**72,00 daN/m<sup>2</sup> (h = 6,30 m)**

## 3.4 Azione sismica

### 3.4.1 Pericolosità sismica

La vita nominale ( $V_N$ ) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata. Per l'edificio in esame, *opera ordinaria*, la vita nominale si può assumere pari a 50 anni.

Per poter determinare il periodo di riferimento dell'azione sismica ( $V_R$ ) si moltiplica la vita nominale per un coefficiente d'uso, dipendente dalla classe d'uso considerata. L'edificio in esame si considera *rilevante*, perciò ricade nella Classe III, cui corrisponde  $C_u=1,5$  e quindi  $V_R=75$  anni.

Allo stato limite ultimo, si valuta il solo **Stato Limite di Salvaguardia della Vita**<sup>1</sup>, al quale corrisponde una probabilità di superamento  $P_{Vr}$  pari al 10%: *“a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali”*.

Assumendo una legge di ricorrenza di tipo poissoniano, si calcola il periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln((1-P_{Vr}))} = 712 \text{ anni}$$

Per quanto riguarda gli stati limite di esercizio, si debbono analizzare lo Stato Limite di Danno nei confronti degli elementi strutturali e lo Stato Limite di Operatività nei confronti degli elementi non strutturali.

Lo **Stato Limite di Danno** corrisponde ad una probabilità di superamento  $P_{Vr}$  del 63%: *“a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature”*.

Assumendo una legge di ricorrenza di tipo poissoniano, si calcola il periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln((1-P_{Vr}))} = 101 \text{ anni}$$

Lo **Stato Limite di Operatività** corrisponde ad una probabilità di superamento  $P_{Vr}$  del 81%: *“a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non devono subire danni ed interruzioni d'uso significativi”*.

Assumendo una legge di ricorrenza di tipo poissoniano, si calcola il periodo di ritorno dell'azione sismica:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln((1-P_{Vr}))} = 60 \text{ anni}$$

Grazie ai dati calcolati ed a quelli messi a disposizione dall'INGV, pubblicati in allegato alle NTC 2008, si possono ricavare in modo semplificato i parametri  $a_g$  (accelerazione di picco al suolo),  $F_0$  (fattore di

---

<sup>1</sup> §7.1 NTC 2018

amplificazione dello spettro in direzione orizzontale),  $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante), per le condizioni di campo libero e suolo rigido.

La scuola in esame ha le seguenti coordinate:

**GPS:**

Longitudine 12,179577  
Latitudine 44,290096

**UTM:**

Est 274977,37 m  
Nord 4907963,05 m

Stato Limite	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c$ [s]
SLO	45	0,066	2,437	0,275
SLD	75	0,082	2,439	0,285
SLV	712	0,211	2,435	0,301
SLC	1462	0,273	2,413	0,311

Tabella 3.1: Parametri della pericolosità sismica per i vari stati limite

### 3.4.2 Spettri di risposta elastici

Le condizioni di suolo rigido in genere non corrispondono alla realtà e vanno alterate perché lo spettro tenga conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche.

I geologi incaricati hanno determinato la categoria di sottosuolo del sito mediante la misura della velocità di propagazione delle onde sismiche, ottenuta mediante n° 1 prospezione in sismica attiva M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

A seguito di tali prove, i geologi incaricati hanno ritenuto l'intervallo di velocità ottenuto ascrivibile a un sottosuolo di **Categoria C** di cui alla Tabella 3.2.II, delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Ritengono inoltre che il sito ricada nella **Categoria Topografica T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ " (Tabella 3.2.III delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018), in quanto in area sub-pianeggiante.

Per il calcolo dello spettro vanno definiti i parametri  $S_s$  e  $C_c$ :

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \cdot 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \cdot 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \cdot 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \cdot 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \cdot 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \cdot 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \cdot 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \cdot 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2: Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$  (tab. 3.2.IV NTC 2018)

Quindi si possono calcolare tutti i restanti parametri dello spettro:

$S=S_S S_T$	Parametro che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
$\mu = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55$	Fattore che altera lo spettro di risposta elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali $\xi$ diversi dal 5%;
$T_C = T_C^* C_C$	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
$T_B = T_C/3$	Periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro;
$T_D = \frac{4,0 \cdot a_g}{g} + 1,6$	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Si ottiene in definitiva lo spettro elastico in accelerazione:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_s$	0,211 g
$F_o$	2,435
$T_b$	0,301 s
$S_b$	1,392
$C_o$	1,560
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,392
$\eta$	1,000
$T_b$	0,157 s
$T_c$	0,470 s
$T_D$	2,443 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_b \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 - \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_o \cdot T_b \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

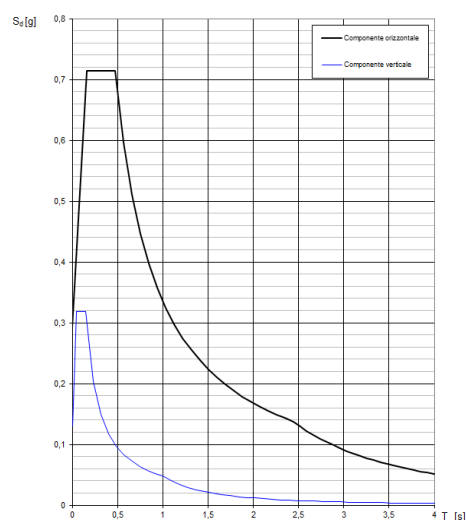
$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c T_D}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_s(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $Wq$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,233
$T_b$	0,157	0,715
$T_c$	0,470	0,715
	0,564	0,536
	0,658	0,510
	0,752	0,447
	0,846	0,397
	0,940	0,357
	1,034	0,325
	1,128	0,298
	1,222	0,275
	1,316	0,255
	1,410	0,238
	1,504	0,223
	1,598	0,210
	1,692	0,199
	1,785	0,188
	1,879	0,179
	1,973	0,170
	2,067	0,162
	2,161	0,155
	2,255	0,149
	2,349	0,143
$T_D$	2,443	0,137
	2,517	0,129
	2,592	0,122
	2,666	0,115
	2,740	0,109
	2,814	0,104
	2,888	0,098
	2,962	0,094
	3,036	0,089
	3,110	0,085
	3,185	0,081
	3,259	0,077
	3,333	0,074
	3,407	0,071
	3,481	0,068
	3,555	0,065
	3,629	0,062
	3,703	0,060
	3,778	0,057
	3,852	0,055
	3,926	0,053
	4,000	0,051

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLO

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0,066 g
$F_0$	2,437
$T_0$	0,275 s
$S_a$	1,500
$C_0$	1,608
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_s$	0,147 s
$T_c$	0,442 s
$T_d$	1,863 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_s = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_0 \cdot T_0 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_d = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_s \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_0} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_0} \right) \right]$$

$$T_s \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_d \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

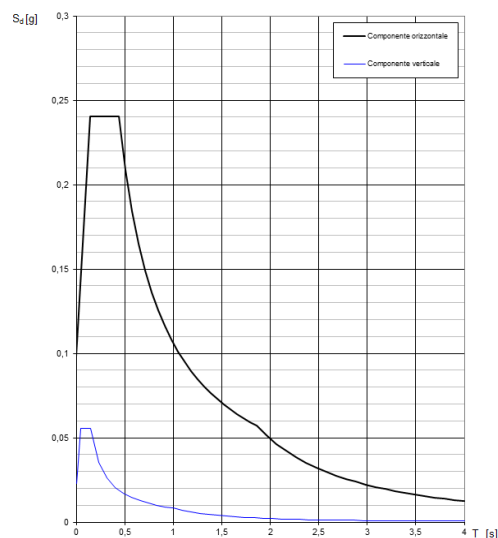
$$T_d \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c T_d}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $\eta/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	$T$ [s]	$S_e$ [g]
	0,000	0,039
$T_s$	0,147	0,241
$T_c$	0,442	0,241
	0,510	0,209
	0,577	0,184
	0,645	0,165
	0,713	0,149
	0,780	0,136
	0,848	0,125
	0,916	0,116
	0,983	0,108
	1,051	0,101
	1,119	0,095
	1,186	0,090
	1,254	0,085
	1,322	0,080
	1,390	0,077
	1,457	0,073
	1,525	0,070
	1,593	0,067
	1,660	0,064
	1,728	0,062
	1,796	0,059
$T_d$	1,863	0,057
	1,965	0,051
	2,067	0,046
	2,168	0,042
	2,270	0,038
	2,372	0,035
	2,474	0,032
	2,575	0,030
	2,677	0,028
	2,779	0,026
	2,881	0,024
	2,982	0,022
	3,084	0,021
	3,186	0,020
	3,288	0,018
	3,389	0,017
	3,491	0,016
	3,593	0,015
	3,695	0,015
	3,796	0,014
	3,898	0,013
	4,000	0,012

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



## 4 COMBINAZIONI LINEARI

Le combinazioni dei diversi tipi di casi di carico (CDC) sono state effettuate secondo le regole previste dalla normativa vigente e consentono il controllo di sicurezza della struttura ed la verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

### Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
<b>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,60</b>
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
<b>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...</b>	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,80</b>
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30$ kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30$ kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture accessibili per sola manutenzione	0,00	0,00	0,00
Categoria I Coperture praticabili	Da valutarsi caso per caso		
Categoria K Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,60	0,20	0,00
<b>Neve a quota <math>\leq 1000</math> m</b>	<b>0,50</b>	<b>0,20</b>	<b>0,00</b>
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente $\gamma_F$	<b>EQU</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Avendo eseguito un accurato rilievo geometrico, strutturale e dei materiali, è possibile adottare coefficienti parziali modificati, assegnando valori massimi di  $\gamma_G$  adeguatamente motivati (**§8.5.5 NTC 2018**). Nel caso in esame, avendo eseguito un accurato rilievo geometrico-strutturale, si sceglie di porre  $\gamma_G = 1,1$ .



## 5 CORPO IN MURATURA

L'edificio è composto da due unità strutturali indipendenti, edifici A e B, distribuite come da figura a seguire:



Figura 5.1: suddivisione del fabbricato in unità strutturali indipendenti, edifici A e B, e localizzazione dei giunti strutturali

### 5.1 Criteri di regolarità e semplicità

#### 5.1.1 Edificio A

L'edificio non può definirsi regolare in altezza né in pianta.

Una costruzione, infatti, si definisce regolare in pianta se:

1. La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione della massa e della rigidezza → **NON rispettato**
2. Il rapporto tra i lati del rettangolo in cui la costruzione risulta iscritta è inferiore a 4 → rispettato (1,13)
3. Nessuna dimensione di sporgenze e rientranze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione → **NON Rispettato (38%)**
4. Gli orizzontamenti possono considerarsi infinitamente rigidi nel proprio piano → **NON rispettato**

Una costruzione può definirsi regolare in altezza se:

1. Tutti i sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza della costruzione → Rispettato
2. Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione → **NON Rispettato**

3. Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo → Rispettato

L'edificio non può inoltre definirsi semplice, in quanto non sono rispettate sia le condizioni di regolarità (§7.8.1.9 NTC 2008) sia una delle condizioni di cui al §7.8.3.1 NTC 2008, ovvero:

1. **Le pareti sono efficacemente connesse da solai tali da costituire diaframmi rigidi → NON rispettato**
2. **L'insieme strutturale è in grado di reagire alle azioni esterne orizzontali con un comportamento di tipo globale, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti nel loro piano → NON Rispettato**

### **5.1.2 Edificio B**

L'edificio può definirsi regolare in altezza ma non in pianta.

Una costruzione, infatti, si definisce regolare in pianta se:

1. **La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione della massa e della rigidezza → NON rispettato**
2. Il rapporto tra i lati del rettangolo in cui la costruzione risulta iscritta è inferiore a 4 → rispettato (1,06)
3. Nessuna dimensione di sporgenze e rientranze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione → rispettato (0%)
4. **Gli orizzontamenti possono considerarsi infinitamente rigidi nel proprio piano → NON rispettato**

Una costruzione può definirsi regolare in altezza se:

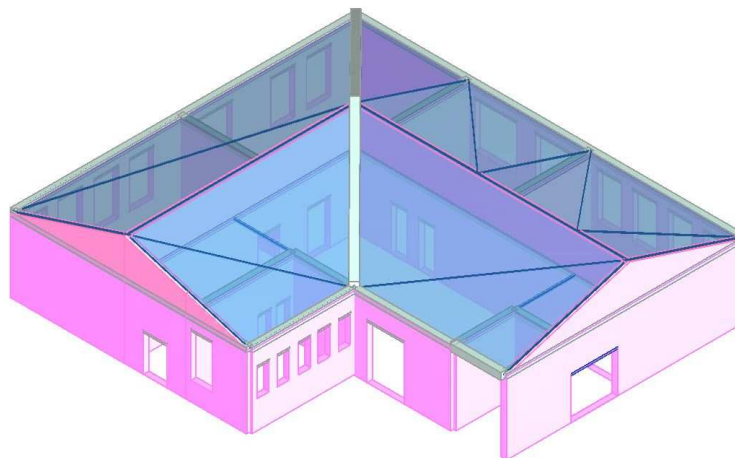
4. Tutti i sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza della costruzione → Rispettato
5. Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione → Rispettato
6. Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo → Rispettato

L'edificio non può inoltre definirsi semplice, in quanto non sono rispettate sia le condizioni di regolarità (§7.8.1.9 NTC 2008) sia una delle condizioni di cui al §7.8.3.1 NTC 2008, ovvero:



3. **Le pareti sono efficacemente connesse da solai tali da costituire diaframmi rigidi → NON rispettato**
4. **L'insieme strutturale è in grado di reagire alle azioni esterne orizzontali con un comportamento di tipo globale, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti nel loro piano → NON Rispettato**

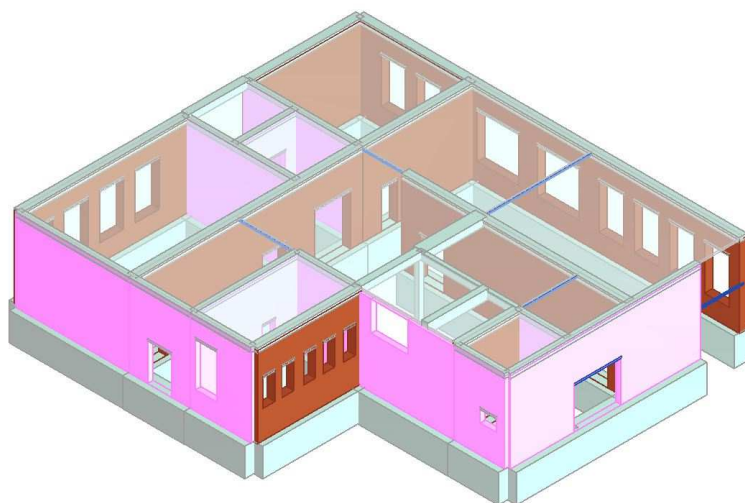
## 5.2 Modellazione della struttura

Gli edifici oggetto di analisi sono stati modellati con l'uso del programma 3Muri®, distribuito da S.T.A. DATA s.r.l., programma specifico per l'analisi e la verifica di edifici in muratura.



PIANO PRIMO

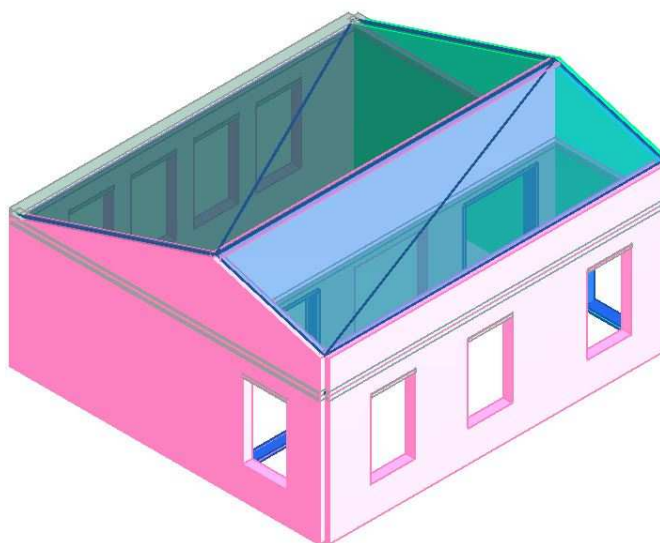
-  Muratura in mattoni pieni e malta di calce incoerente
-  Muratura in mattoni pieni e malta di calce rinforzata



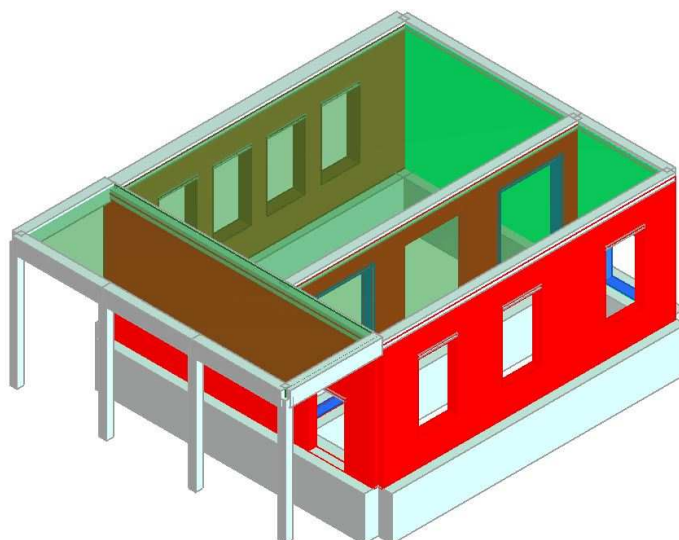
PIANO TERRA

*Figura5.2: Vista 3d del modello strutturale relativo al corpo A*

-  Muratura in mattoni pieni e malta di calce tenace
-  Muratura in blocchi di laterizzi semipieni
-  Muratura in mattoni pieni e malta di calce tenace
-  Muratura in blocchi Poroton di nuova realizzazione



PIANO PRIMO



PIANO TERRA

*Figura 5.3: Vista 3d del modello strutturale relativo al corpo B*

La modellazione 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 rigidità assiale, ma nessuna rigidità flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Si riportano di seguito i telai equivalenti bidimensionali corrispondenti a ciascuna parete che compone gli edifici (modellazione 3Muri®).

## 5.2.1 Edificio A

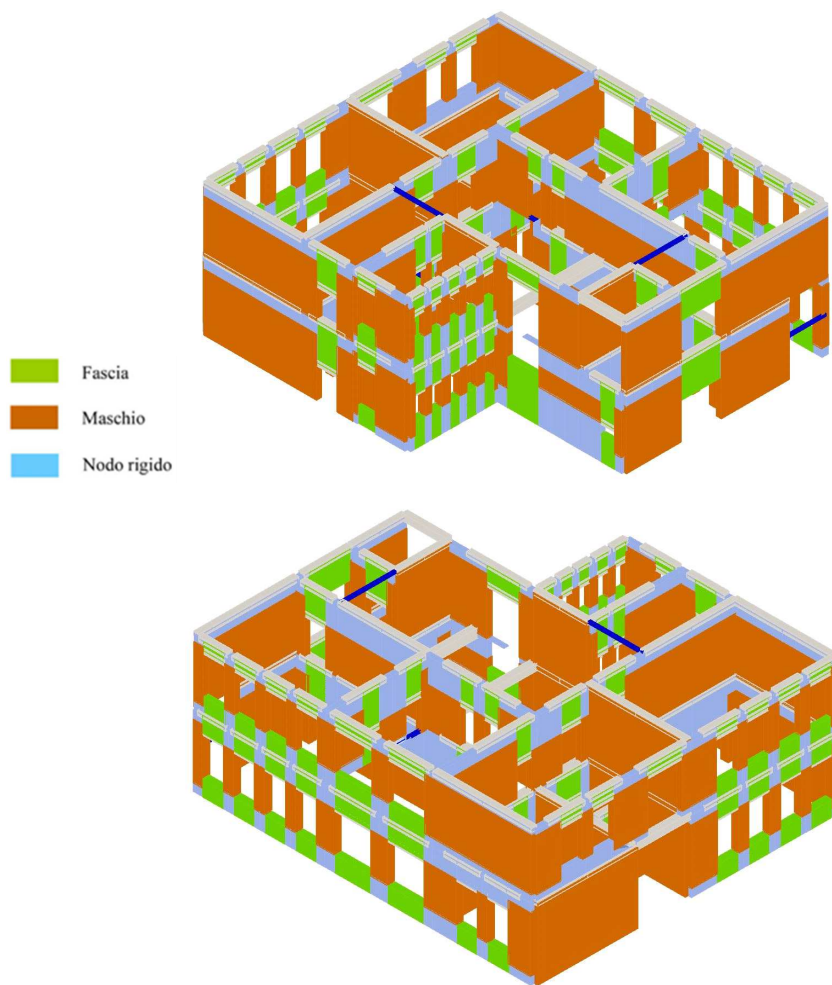


Figura 5.4: Schematizzazione a telaio equivalente dell'intero edificio A

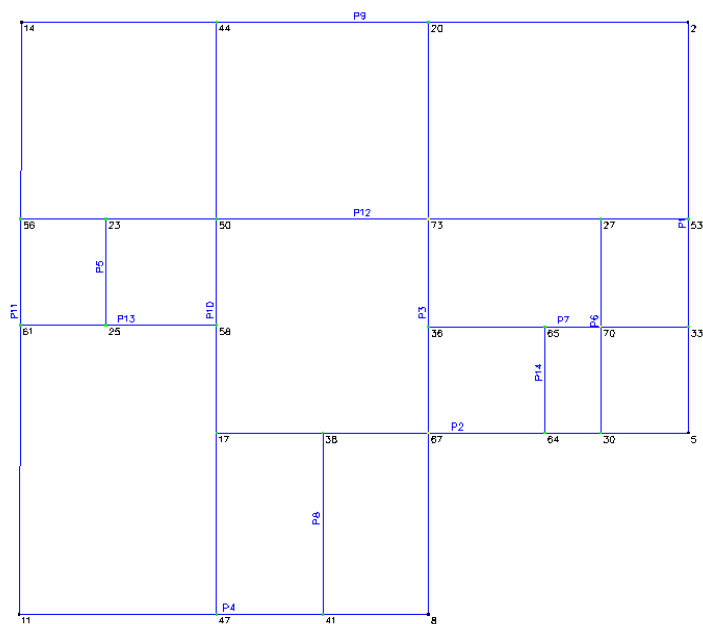
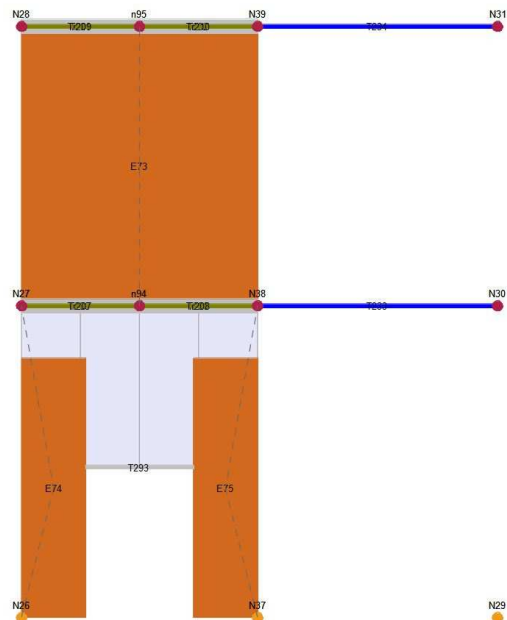
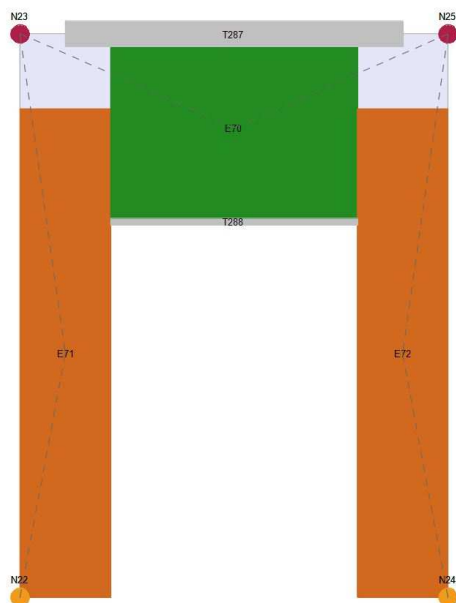
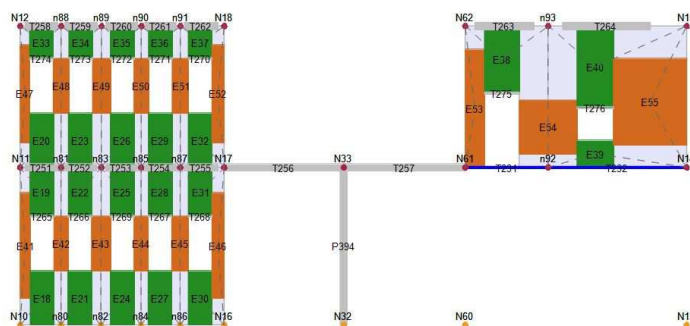
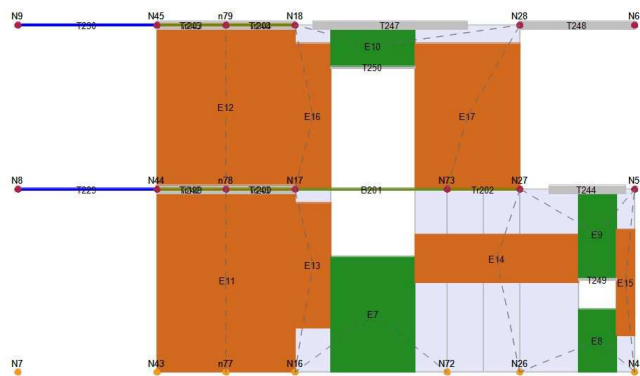
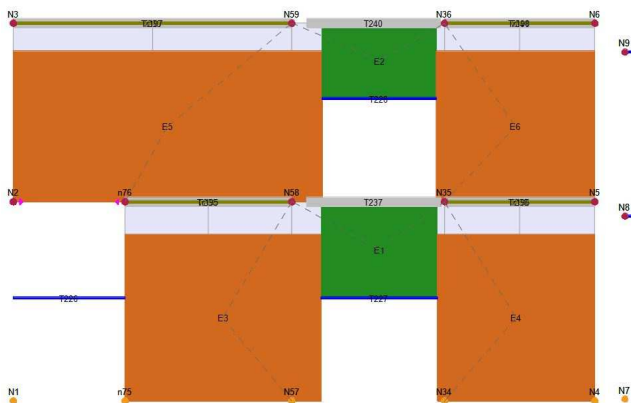


Figura 5.4: Pianta con indicazione dei maschi murari





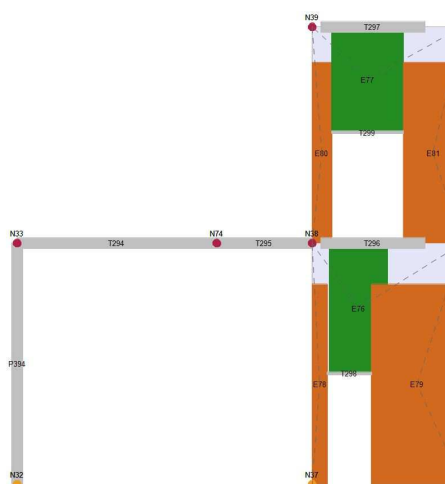


Figura 5.12: Parete 7, Corpo A

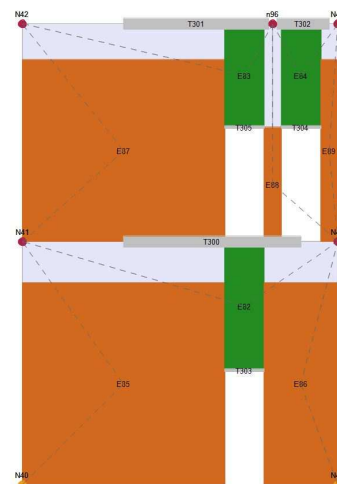


Figura 5.13: Parete 8, Corpo A

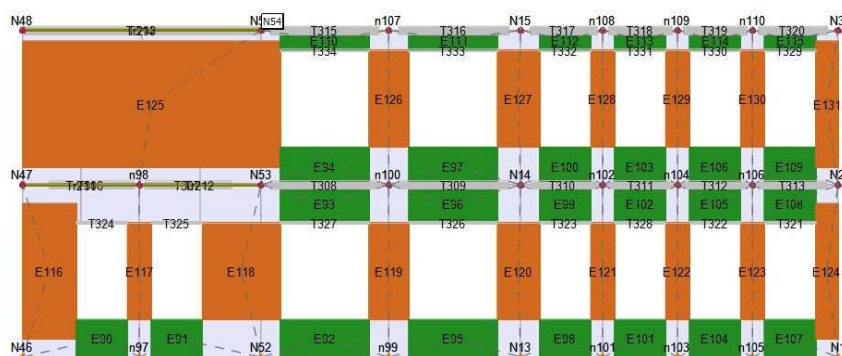


Figura 5.14: Parete 9, Corpo A

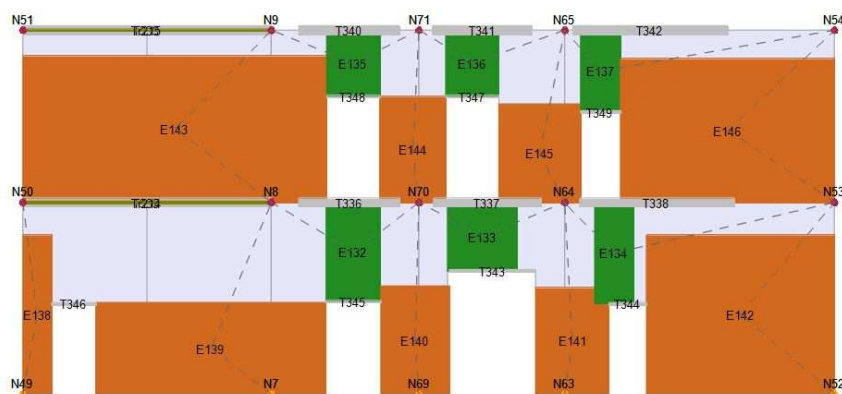


Figura 5.15: Parete 10, Corpo A

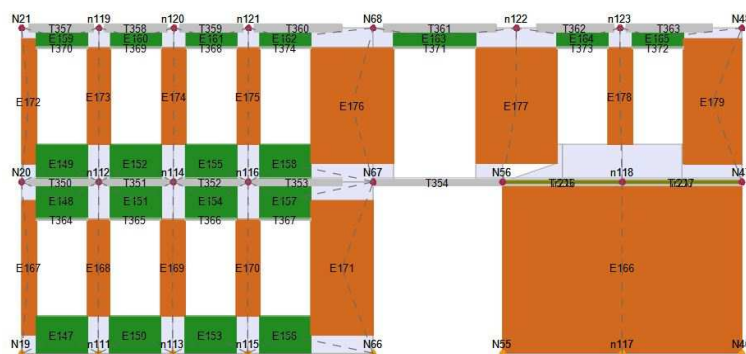


Figura 5.16: Parete 11, Corpo A

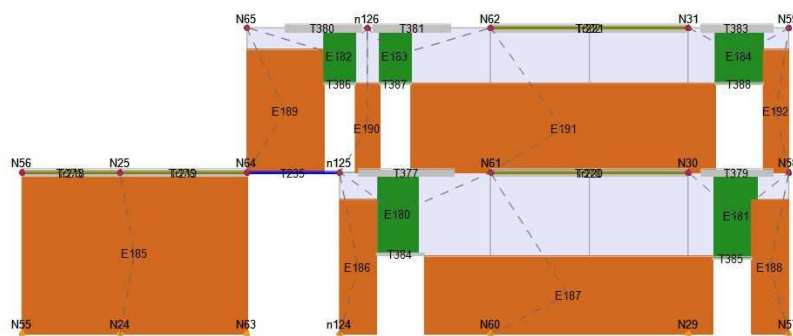


Figura 5.17: Parete 12, Corpo A

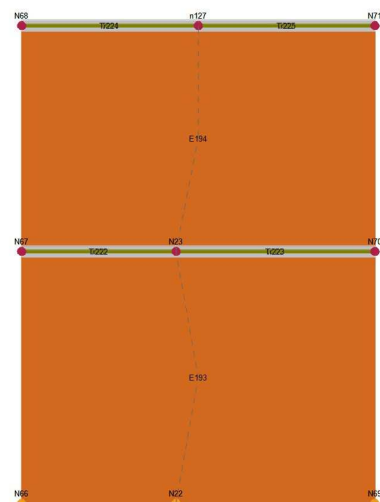


Figura 5.18: Parete 13, Corpo A

### 5.2.1.1 Descrizione numerica del modello-Edificio A

#### Materiali

##### Muratura

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	f <sub>m</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	Resistenza taglio [N/cm <sup>2</sup> ]
mattoni pieni malta incoerente LC3	2 781,00	1 112,00	18	240,00	6,00
Mattoni pieni e malta incoerente LC2	1 500,00	500,00	18	266,67	6,33
14 esistente + 13 nuovo	5 592,00	2 185,00	19	434,00	18,00
28 esistente + 13 nuovo	5 308,00	2 123,00	19	506,00	14,40

##### Calcestruzzo

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	f <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
C12/15	27 085,00	11 285,00	25	20,00	12,00

##### Acciaio armatura

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	f <sub>ym</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
B450	206 000,00	79 231,00	79	484,00	450,00

##### Acciaio strutturale

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	f <sub>ym</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
S 235	210 000,00	80 769,00	79	231,00	215,00

#### Elementi di struttura

##### Livello 1

##### Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
177	3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435	28,8

##### Pannello + Cordolo C.A. (1)

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
176	2	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,8	22,0
82	3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0



178	3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
45	8	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
40	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
122	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
123	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
13	14	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
47	15	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
113	17	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
128	18	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
138	28	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
160	31	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
151	32	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
152	32	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
158	33	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
162	33	28 esistente + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
148	34	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0

#### Pannello + Cordolo C.A. (2)

N.	Parete	Area [cm2]	J [cm4]	Af intrad. [cm2]	Af estrad. [cm2]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]	Porzione deformabile
176	2	633,60	25 732,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
82	3	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
178	3	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
45	8	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
40	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
122	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
123	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
13	14	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
47	15	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
113	17	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
128	18	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
138	28	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
160	31	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
151	32	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
152	32	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
158	33	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
162	33	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
148	34	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50

#### Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
56	8	C12/15	B450	435	435	35,0	35,0	125 052,08

69	8	C12/15	B450	435	435	60,0	35,0	214 375,00
112	17	C12/15	B450	435	435	20,0	35,0	71 458,33
153	32	C12/15	B450	435	435	35,0	35,0	125 052,08
170	37	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00

#### Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
56	8	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57
69	8	8,04	8,04	4	4	2,0	25	0,57
112	17	1,57	1,57	2	2	2,0	30	0,57
153	32	4,62	4,62	3	3	2,0	25	0,57
170	37	7,63	7,63	3	3	2,0	25	0,57

#### Trave Acciaio / Legno

N.	Parete	Materiale	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Area [cm2]	J [cm4]	W plastico [cm3]
81	3	S 235	435	435	91,04	8 091,00	827,00
70	8	S 235	435	435	91,04	8 091,00	827,00
48	15	S 235	435	435	91,04	8 091,00	827,00
161	33	S 235	435	435	91,04	8 091,00	827,00

#### Pilastro C.A. (1)

N.	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	Area [cm2]	Angolo [°]	Altezza [cm]
58	C12/15	B450	435	25,0	25,0	625,00	0	435,0

#### Pilastro C.A. (2)

N.	Af lato b [cm2]	Af lato h [cm2]	N. barre lato b	N. barre lato h	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
58	1,57	1,57	2	2	2,0	10	0,57

#### Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
1	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	435	4,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
8	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
9	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
10	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
11	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
12	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
23	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
24	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
25	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
26	435	10,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento

#### Livello 2

#### Pannello + Cordolo C.A. (1)

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
17	2	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,8	22,0
87	3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
89	3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,8	22,0
85	8	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0

99	8	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
105	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
118	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
119	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
91	15	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
115	17	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,0	C12/15	B450	825	28,0	22,0
129	18	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
139	28	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
165	31	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
166	31	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
145	32	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
168	33	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
149	34	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	825	390,0	28,0	C12/15	B450	825	28,0	22,0

#### Pannello + Cordolo C.A. (2)

N.	Parete	Area [cm2]	J [cm4]	Af intrad. [cm2]	Af estrad. [cm2]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]	Porzione deformabile
17	2	633,60	25 732,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
87	3	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
89	3	633,60	25 732,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
85	8	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
99	8	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
105	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
118	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
119	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
91	15	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
115	17	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
129	18	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
139	28	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
165	31	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
166	31	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
145	32	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
168	33	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
149	34	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50

#### Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
90	3	C12/15	B450	825	825	30,0	35,0	107 187,50

**Trave C.A. (2)**

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
90	3	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57

**Trave Acciaio / Legno**

N.	Parete	Materiale	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Area [cm2]	J [cm4]	W plastico [cm3]
83	3	S 235	825	825	91,04	8 091,00	827,00
92	15	S 235	825	825	91,04	8 091,00	827,00

**Solaio**

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm2]	Ex [N/mm2]	Ey [N/mm2]	Scarico masse	Tipo
14	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
16	825	4,0	1 000,00	34 788,86	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
18	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
19	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
20	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
21	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
22	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
27	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento
28	825	4,0	1 000,00	34 823,57	0,00	Monodirezionale	Latero cemento

**Balconi**

N.	Parete	Dist. dal livello inf. [cm]	Lunghezza [cm]	Larghezza [cm]
1	32	0	310	70

**Elementi di copertura****Livello 2****Pannello murario**

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
1	2	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0
9	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0
10	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0
11	9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0
19	31	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0
23	33	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0

**Trave C.A. (1)**

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
25	35	C12/15	B450	38,0	60,0	684 000,00
26	36	C12/15	B450	38,0	60,0	684 000,00

**Trave C.A. (2)**

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
25	35	4,02	4,02	2	2	3,0	25	1,01
26	36	4,02	4,02	2	2	3,0	25	1,01

## Telaio equivalente

Parete : 1

### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	2 075	3 191	0	0
52	2 076	2 581	0	0
32	2 076	2 246	0	0
4	2 077	1 917	0	0
2	2 075	3 191	435	1
53	2 076	2 581	435	1
33	2 076	2 246	435	1
5	2 077	1 917	435	1
3	2 075	3 191	825	2
54	2 076	2 581	825	2
34	2 076	2 246	825	2
6	2 077	1 917	825	2

### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
75	245	0	0
76	245	435	1

### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	.
3	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	429,3	363,4	459	182	52	53	1,00
4	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	345,0	363,4	1 102	182	32	33	1,00
5	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	676,5	329,6	338	600	76	54	1,00
6	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	347,5	329,6	1 100	600	33	34	1,00

### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	252,5	210,0	802	330	53	33
2	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	250,0	165,0	802	743	54	34

Parete : 2

### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
16	612	1 917	0	0
37	942	1 917	0	0
66	1 270	1 917	0	0
63	1 631	1 917	0	0
29	1 804	1 917	0	0
4	2 077	1 917	0	0
17	612	1 917	435	1
38	942	1 917	435	1
67	1 270	1 917	435	1
64	1 631	1 917	435	1
30	1 804	1 917	435	1
5	2 077	1 917	435	1
18	612	1 917	825	2
39	942	1 917	825	2
68	1 270	1 917	825	2
31	1 804	1 917	825	2
6	2 077	1 917	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
77	494	0	0
78	494	435	1
79	494	825	2
80	1 000	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	h
16	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	184,5	252,5	1 239	201	29	30	1,00
17	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	43,5	252,5	1 443	213	4	5	1,00
12	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	328,1	435,0	494	218	77	78	1,00
14	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	59,9	297,5	688	254	66	67	1,00
15	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	63,5	297,5	1 000	286	63	64	1,00
19	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	63,5	290,0	1 000	580	64	80	1,00
18	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	59,9	347,4	688	609	67	68	1,00
20	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	45,5	347,4	1 169	609	30	31	1,00
13	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	328,1	390,0	494	630	78	79	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
8	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	90,0	150,0	1 376	75	29	4
7	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	250,0	275,0	843	138	66	63
9	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	90,0	215,0	1 376	328	30	5
10	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	250,0	100,0	843	775	68	80
11	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	115,0	100,0	1 089	775	80	31

**Parete : 3****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	1 270	1 355	0	0
66	1 270	1 917	0	0
35	1 270	2 246	0	0
72	1 270	2 581	0	0
19	1 270	3 191	0	0
8	1 270	1 355	435	1
67	1 270	1 917	435	1
36	1 270	2 246	435	1
73	1 270	2 581	435	1
20	1 270	3 191	435	1
9	1 270	1 355	825	2
68	1 270	1 917	825	2
74	1 270	2 581	825	2
21	1 270	3 191	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
81	112	0	0
83	223	0	0
85	333	0	0
87	441	0	0

82	113	435	1
84	223	435	1
86	333	435	1
88	441	435	1
93	1 454	435	1
89	113	825	2
90	224	825	2
91	334	825	2
92	441	825	2
94	1 454	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	□
44	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	28,2	292,5	14	219	7	8	1,00
49	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	33,5	292,5	545	219	66	67	1,00
45	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	38,4	150,0	112	225	81	82	1,00
46	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	51,9	150,0	223	225	83	84	1,00
47	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	39,4	150,0	333	225	85	86	1,00
48	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	45,6	150,0	441	225	87	88	1,00
57	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	159,7	147,5	1 454	546	93	94	1,00
56	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	53,4	326,3	1 253	598	73	74	1,00
58	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	201,8	240,0	1 735	616	20	21	1,00
50	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	26,3	270,0	13	638	8	9	1,00
55	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	33,5	270,0	545	638	67	68	1,00
51	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	43,3	150,0	113	660	82	89	1,00
52	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	48,9	150,0	224	660	84	90	1,00
53	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	40,4	150,0	334	660	86	91	1,00
54	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	44,6	150,0	441	660	88	92	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
21	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	65,0	150,0	61	75	7	81
24	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	65,0	150,0	164	75	81	83
27	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	65,0	150,0	281	75	83	85
30	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	65,0	150,0	385	75	85	87
33	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	65,0	150,0	496	75	87	66
22	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	135,0	60	368	8	82
25	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	135,0	166	368	82	84
28	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	135,0	281	368	84	86
31	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	135,0	386	368	86	88
34	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	135,0	496	368	88	67
42	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	100,0	75,0	1 584	473	93	20
23	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	150,0	60	510	8	82
26	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	150,0	166	510	82	84
29	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	150,0	281	510	84	86
32	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	150,0	386	510	86	88
35	mattoni pieni malta	-	28,8	65,0	150,0	496	510	88	67

	incoerente LC3								
43	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	100,0	225,0	1 584	713	94	21
41	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	95,0	185,0	1 327	733	74	94
36	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	90,0	59	780	9	89
37	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	90,0	167	780	89	90
38	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	90,0	281	780	90	91
39	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	90,0	386	780	91	92
40	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	90,0	496	780	92	68

**Parete : 4**

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	0	1 355	0	0
46	612	1 355	0	0
40	942	1 355	0	0
7	1 270	1 355	0	0
11	0	1 355	435	1
47	612	1 355	435	1
41	942	1 355	435	1
8	1 270	1 355	435	1
12	0	1 355	825	2
48	612	1 355	825	2
42	942	1 355	825	2
9	1 270	1 355	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	ϕ
65	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	712,0	361,3	356	181	46	47	1,00
66	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	100,0	361,3	892	181	40	41	1,00
67	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	27,5	337,5	956	218	40	41	1,00
68	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	185,5	337,5	1 177	218	7	8	1,00
69	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	714,5	325,6	357	598	47	48	1,00
70	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	102,5	325,6	891	598	41	42	1,00
71	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	27,5	312,5	956	638	41	42	1,00
72	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	185,5	312,5	1 177	638	8	9	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
60	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	14,0	115,0	100,0	1 027	50	40	7
59	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	127,5	230,0	777	320	47	41
61	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	115,0	95,0	1 027	388	41	8
62	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	115,0	100,0	1 027	485	41	8
63	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	125,0	190,0	777	730	48	42
64	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	115,0	55,0	1 027	798	42	9



**Parete : 5****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
24	270	2 251	0	0
22	270	2 581	0	0
25	270	2 251	435	1
23	270	2 581	435	1

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	ϕ
74	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	70,0	377,0	35	189	24	25	1,00
75	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	70,0	377,0	295	189	22	23	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
73	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0	190,0	145,0	165	363	25	23

**Parete : 6****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
29	1 804	1 917	0	0
69	1 804	2 246	0	0
26	1 804	2 581	0	0
30	1 804	1 917	435	1
70	1 804	2 246	435	1
27	1 804	2 581	435	1
31	1 804	1 917	825	2
71	1 804	2 246	825	2
28	1 804	2 581	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
95	165	435	1
96	165	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	ϕ
77	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	89,7	361,7	45	181	29	30	1,00
78	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	89,7	361,7	284	181	69	70	1,00
76	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	329,3	390,0	165	630	95	96	1,00

**Parete : 7****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
35	1 270	2 246	0	0
69	1 804	2 246	0	0
32	2 076	2 246	0	0
36	1 270	2 246	435	1
65	1 631	2 246	435	1
70	1 804	2 246	435	1
33	2 076	2 246	435	1
71	1 804	2 246	825	2
34	2 076	2 246	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	∅
81	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	27,0	361,0	547	180	69	70	1,00
82	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	165,1	361,0	723	180	32	33	1,00
83	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0	35,0	325,6	551	598	70	71	1,00
84	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0	107,1	325,6	752	598	33	34	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
79	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	105,0	235,0	617	318	70	33
80	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0	130,0	190,0	634	730	71	34

**Parete : 8****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
40	942	1 355	0	0
37	942	1 917	0	0
41	942	1 355	435	1
38	942	1 917	435	1
42	942	1 355	825	2
39	942	1 917	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
97	446	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	∅
88	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	360,5	361,3	180	181	40	41	1,00
89	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	131,5	361,3	496	181	37	38	1,00
91	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	31,0	205,0	446	538	38	97	1,00
90	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	360,5	326,3	180	598	41	42	1,00
92	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	30,5	326,3	547	598	38	39	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
85	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	70,0	230,0	396	320	41	38
86	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	70,0	185,0	396	733	42	97
87	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	70,0	185,0	497	733	97	39

**Parete : 9****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	7	3 191	0	0
43	612	3 191	0	0
19	1 270	3 191	0	0
1	2 075	3 191	0	0
14	7	3 191	435	1
44	612	3 191	435	1
20	1 270	3 191	435	1

2	2 075	3 191	435	1
15	7	3 191	825	2
45	612	3 191	825	2
21	1 270	3 191	825	2
3	2 075	3 191	825	2

#### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
98	296	0	0
100	929	0	0
102	1 471	0	0
104	1 661	0	0
106	1 851	0	0
99	296	435	1
101	929	435	1
103	1 471	435	1
105	1 661	435	1
107	1 851	435	1
108	929	825	2
109	1 471	825	2
110	1 661	825	2
111	1 851	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	ϕ
119	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	136,1	340,0	68	218	13	14	1,00
120	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	60,0	245,0	296	218	98	99	1,00
121	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	197,0	245,0	555	218	43	44	1,00
122	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	101,0	245,0	929	218	100	101	1,00
123	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	107,0	245,0	1 258	218	19	20	1,00
124	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	60,0	245,0	1 471	218	102	103	1,00
125	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	60,0	245,0	1 661	218	104	105	1,00
126	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	60,0	245,0	1 851	218	106	107	1,00
127	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	56,5	340,0	2 039	218	1	2	1,00
128	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	653,1	317,5	327	639	99	45	1,00
134	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	56,5	317,5	2 039	639	2	3	1,00
129	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	101,0	245,0	929	653	101	108	1,00
130	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	107,0	245,0	1 258	653	20	21	1,00
131	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	60,0	245,0	1 471	653	103	109	1,00
132	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	60,0	245,0	1 661	653	105	110	1,00
133	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	60,0	245,0	1 851	653	107	111	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
93	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	201	48	13	98
94	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	391	48	98	43
95	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	225,0	95,0	766	48	43	100
98	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	225,0	95,0	1 092	48	100	19
101	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 376	48	19	102
104	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 566	48	102	104
107	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 756	48	104	106
110	14 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 946	48	106	1
96	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	225,0	95,0	766	388	44	101
99	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	225,0	95,0	1 092	388	101	20
102	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 376	388	20	103
105	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 566	388	103	105
108	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 756	388	105	107

111	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	1 946	388	107	2
97	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	225,0	95,0	766	483	44	101
100	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	225,0	95,0	1 092	483	101	20
103	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	1 376	483	20	103
106	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	1 566	483	103	105
109	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	1 756	483	105	107
112	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	1 946	483	107	2
113	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	225,0	50,0	766	800	45	108
114	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	225,0	50,0	1 092	800	108	21
115	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 376	800	21	109
116	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 566	800	109	110
117	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 756	800	110	111
118	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 946	800	111	3

Parete : 10

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
46	612	1 355	0	0
16	612	1 917	0	0
57	612	2 251	0	0
49	612	2 581	0	0
43	612	3 191	0	0
47	612	1 355	435	1
17	612	1 917	435	1
58	612	2 251	435	1
50	612	2 581	435	1
44	612	3 191	435	1
48	612	1 355	825	2
18	612	1 917	825	2
59	612	2 251	825	2
51	612	2 581	825	2
45	612	3 191	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	□
142	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	520,0	207,5	425	104	16	17	1,00
144	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	166,0	242,5	1 243	121	49	50	1,00
143	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	155,0	245,0	887	123	57	58	1,00
141	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	65,0	361,3	32	181	46	47	1,00
145	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	425,0	361,3	1 623	181	43	44	1,00
148	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	185,0	222,5	1 170	546	50	51	1,00
147	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	149,5	240,0	882	555	58	59	1,00
149	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	484,0	326,3	1 594	598	44	45	1,00
146	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	687,5	332,9	344	601	17	18	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
137	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	87,5	230,0	1 338	320	50	44
135	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	122,5	225,0	747	323	17	58
136	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	157,5	155,0	1 040	358	58	50
140	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	90,0	185,0	1 307	733	51	45
138	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	120,0	150,0	747	750	18	59

139	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	120,0	150,0	1 017	750	59	51
-----	------------------------------------	---	------	-------	-------	-------	-----	----	----

Parete : 11

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	0	1 355	0	0
60	4	2 251	0	0
55	5	2 581	0	0
13	7	3 191	0	0
11	0	1 355	435	1
61	4	2 251	435	1
56	5	2 581	435	1
14	7	3 191	435	1
12	0	1 355	825	2
62	4	2 251	825	2
15	7	3 191	825	2

#### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
112	195	0	0
114	385	0	0
116	577	0	0
118	1 531	0	0
113	196	435	1
115	387	435	1
117	577	435	1
119	1 531	435	1
120	197	825	2
121	388	825	2
122	578	825	2
123	1 261	825	2
124	1 525	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	Q
170	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	37,2	340,0	19	218	10	11	1,00
171	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	56,7	245,0	195	218	112	113	1,00
172	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	62,5	245,0	385	218	114	115	1,00
173	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	60,6	245,0	577	218	116	117	1,00
174	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	159,1	340,0	816	218	60	61	1,00
169	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	610,0	435,0	1 531	218	118	119	1,00
179	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	210,7	292,5	843	629	61	62	1,00
180	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	206,2	292,5	1 261	629	56	123	1,00
175	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	37,4	317,5	19	639	11	12	1,00
182	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	149,4	317,5	1 761	639	14	15	1,00
176	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	59,6	245,0	197	653	113	120	1,00
177	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	62,4	245,0	388	653	115	121	1,00
178	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	58,0	245,0	578	653	117	122	1,00
181	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	62,4	245,0	1 525	653	119	124	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
150	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	130,0	95,0	102	48	10	112
153	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	130,0	95,0	289	48	112	114
156	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	130,0	95,0	481	48	114	116
159	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	41,0	130,0	95,0	672	48	116	60
151	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	102	388	11	113
154	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	290	388	113	115
157	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	483	388	115	117
160	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	130,0	95,0	672	388	117	61
152	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	102	483	11	113
155	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	290	483	113	115
158	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	483	483	115	117
161	14 esistente + 13 nuovo	-	27,0	130,0	95,0	672	483	117	61
162	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	102	800	12	120
163	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	292	800	120	121
164	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	484	800	121	122
165	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	672	800	122	62
166	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	210,0	50,0	1 053	800	62	123
167	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 429	800	123	124
168	Mattoni pieni e malta incoerente LC2	-	28,0	130,0	50,0	1 622	800	124	15

**Parete : 12****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	5	2 581	0	0
22	270	2 581	0	0
49	612	2 581	0	0
72	1 270	2 581	0	0
26	1 804	2 581	0	0
52	2 076	2 581	0	0
56	5	2 581	435	1
23	270	2 581	435	1
50	612	2 581	435	1
73	1 270	2 581	435	1
27	1 804	2 581	435	1
53	2 076	2 581	435	1
51	612	2 581	825	2
74	1 270	2 581	825	2
28	1 804	2 581	825	2
54	2 076	2 581	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
125	858	0	0
126	858	435	1
127	933	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	□
190	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	778,0	210,0	1 476	105	72	73	1,00
191	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	100,7	361,3	2 020	181	52	53	1,00
189	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	99,5	362,2	907	181	125	126	1,00

188	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	607,0	435,0	304	218	22	23	1,00
193	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	65,0	240,0	933	555	126	127	1,00
194	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	822,1	240,0	1 461	555	73	74	1,00
192	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	208,0	332,9	711	601	50	51	1,00
195	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	68,6	332,9	2 036	601	53	54	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
184	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	117,5	230,0	1 927	320	27	53
183	28 esistente + 13 nuovo	-	41,0	107,5	220,0	1 015	325	126	73
185	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	85,0	150,0	858	750	51	127
186	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	85,0	150,0	1 008	750	127	74
187	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	130,0	150,0	1 937	750	28	54

Parete : 13

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
60	4	2 251	0	0
24	270	2 251	0	0
57	612	2 251	0	0
61	4	2 251	435	1
25	270	2 251	435	1
58	612	2 251	435	1
62	4	2 251	825	2
59	612	2 251	825	2

#### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
128	304	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	ϕ
196	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,8	608,4	435,0	304	218	24	25	1,00
197	mattoni pieni malta incoerente LC3	-	28,0	608,4	390,0	304	630	25	128	1,00

Parete : 14

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
63	1 631	1 917	0	0
64	1 631	1 917	435	1
65	1 631	2 246	435	1

### 5.2.2 Edificio B

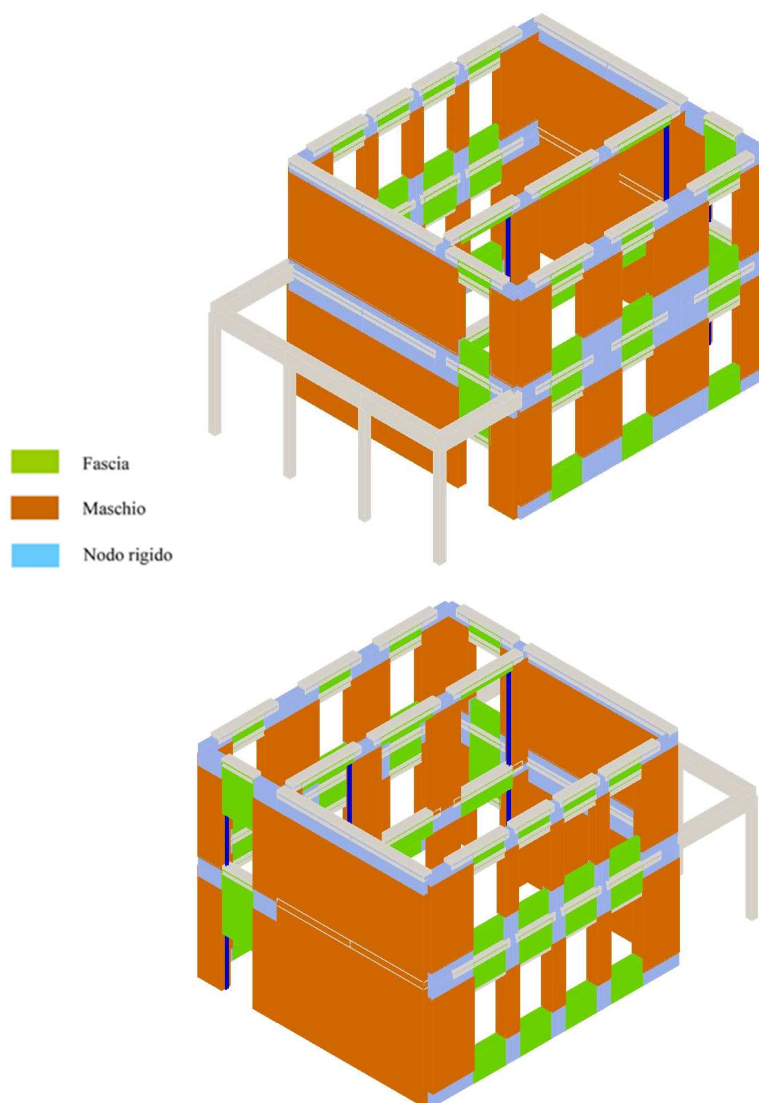


Figura 5.19: Schematizzazione a telaio equivalente dell'intero edificio A

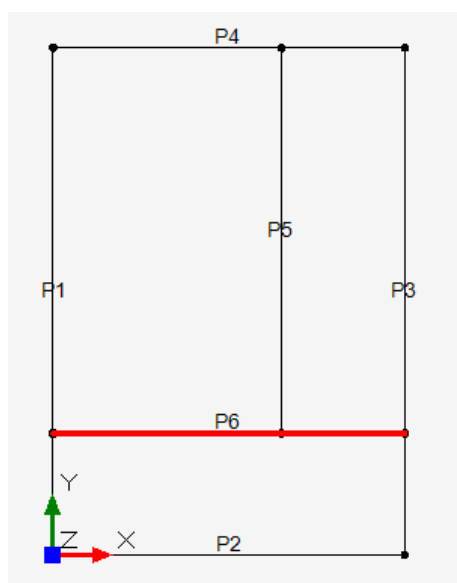
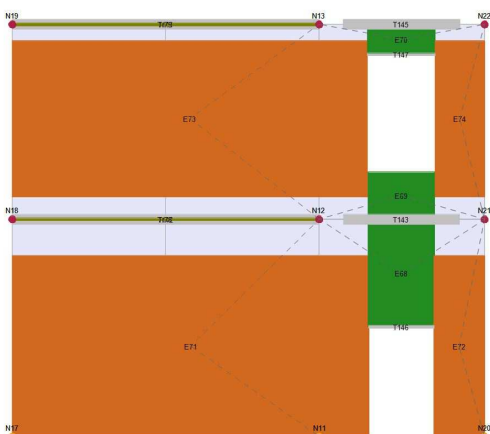
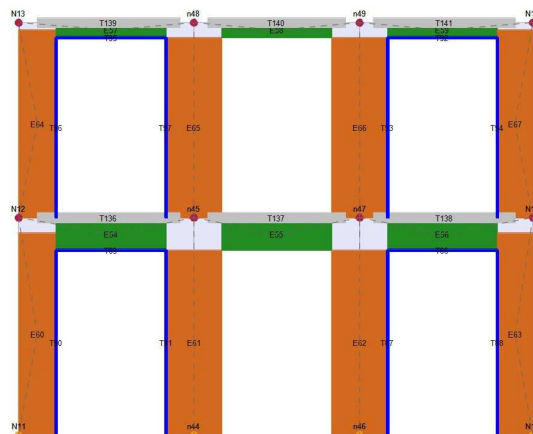
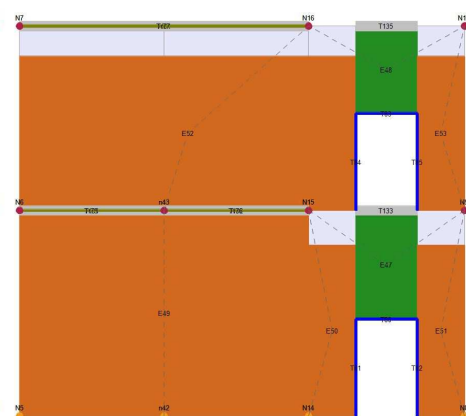
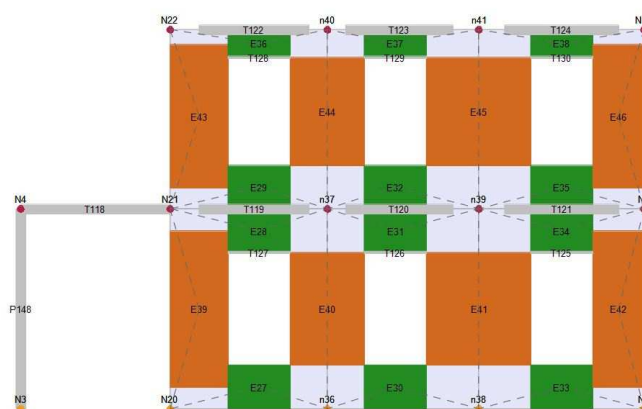
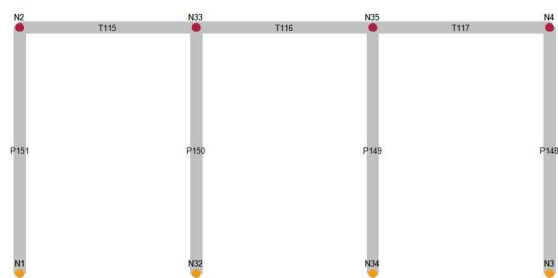
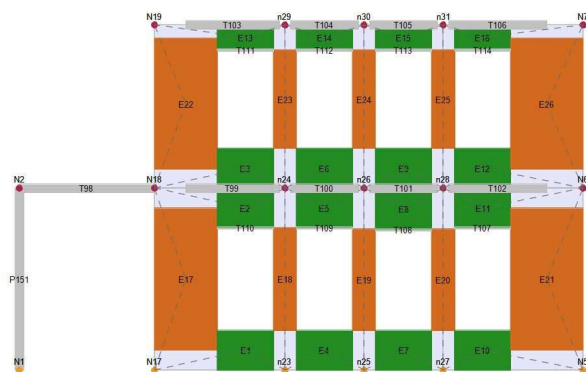


Figura 5.20: Pianta con indicazione dei maschi murari





**Calcestruzzo**

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	fcm [N/mm <sup>2</sup> ]	fck [N/mm <sup>2</sup> ]
C12/15	27 085,00	11 285,00	25	20,00	12,00

**Acciaio armatura**

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	fym [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]
B450	206 000,00	79 231,00	79	484,00	450,00

**Acciaio strutturale**

Nome	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	fym [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]
S 235	210 000,00	80 769,00	79	231,00	215,00

**Elementi di struttura****Livello 1****Pannello + Cordolo C.A. (1)**

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
126	4	28 esist + 13 nuovo	-	435	435,0	41,0	C12/15	B450	435	41,0	22,0
41	6	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
122	9	Mattoni forati (por)	-	435	435,0	28,0	C12/15	B450	435	28,0	22,0
123	9	Mattoni forati (por)	-	435	435,0	30,0	C12/15	B450	435	28,0	22,0
124	10	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0
10	11	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	435	435,0	28,8	C12/15	B450	435	28,0	22,0

**Pannello + Cordolo C.A. (2)**

N.	Parete	Area [cm <sup>2</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	Af intrad. [cm <sup>2</sup> ]	Af estrad. [cm <sup>2</sup> ]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm <sup>2</sup> ]	Porzione deformabile
126	4	902,00	36 380,67	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
41	6	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
122	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,00
123	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,00
124	10	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
10	11	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50

**Trave C.A. (1)**

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm <sup>4</sup> ]
35	4	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00
60	5	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00
61	5	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00
62	5	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00
37	6	C12/15	B450	435	435	30,0	50,0	312 500,00

**Trave C.A. (2)**

N.	Parete	Af intradosso [cm <sup>2</sup> ]	Af estradosso [cm <sup>2</sup> ]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm <sup>2</sup> ]
35	4	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57
60	5	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57
61	5	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57
62	5	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57
37	6	3,08	3,08	2	2	2,0	25	0,57

**Pilastro C.A. (1)**

N.	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Angolo [°]	Altezza [cm]
63	C12/15	B450	435	25,0	25,0	625,00	0	435,0
64	C12/15	B450	435	25,0	25,0	625,00	0	435,0
65	C12/15	B450	435	25,0	25,0	625,00	0	435,0
66	C12/15	B450	435	25,0	25,0	625,00	0	435,0

**Pilastro C.A. (2)**

N.	Af lato b [cm <sup>2</sup> ]	Af lato h [cm <sup>2</sup> ]	N. barre lato b	N. barre lato h	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm <sup>2</sup> ]
63	1,57	1,57	2	2	2,0	10	0,57
64	1,57	1,57	2	2	2,0	10	0,57
65	1,57	1,57	2	2	2,0	10	0,57
66	1,57	1,57	2	2	2,0	10	0,57

**Solaio**

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Ex [N/mm <sup>2</sup> ]	Ey [N/mm <sup>2</sup> ]	Scarico masse	Tipo
15	435	4,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
16	435	4,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
18	435	-	-	-	-	Monodirezionale	Impalcato rigido

**Livello 2****Pannello + Cordolo C.A. (1)**

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
116	4	Mattoni forati LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
107	6	Mattoni forati LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
120	9	Mattoni forati (por)	-	825	390,0	30,0	C12/15	B450	825	28,0	22,0
121	9	Mattoni forati (por)	-	825	390,0	30,0	C12/15	B450	825	28,0	22,0
118	10	Mattoni forati LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0
25	11	Mattoni forati LC3	-	825	390,0	28,8	C12/15	B450	825	28,0	22,0

**Pannello + Cordolo C.A. (2)**

N.	Parete	Area [cm <sup>2</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	Af intrad. [cm <sup>2</sup> ]	Af estrad. [cm <sup>2</sup> ]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm <sup>2</sup> ]	Porzione deformabile
116	4	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
107	6	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
120	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,00
121	9	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,00
118	10	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50
25	11	616,00	24 845,33	3,08	3,08	2	2	3,0	50	0,57	0,50

**Solaio**

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	Ex [N/mm <sup>2</sup> ]	Ey [N/mm <sup>2</sup> ]	Scarico masse	Tipo
19	825	4,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento
20	825	4,0	11 285,42	54 170,00	27 085,00	Monodirezionale	Latero cemento

**Elementi di copertura****Livello 2****Pannello murario**

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
12	6	Mattoni forati LC3	-	28,0
17	9	Mattoni forati (por)	-	28,0
18	9	Mattoni forati (por)	-	28,0
20	10	Mattoni forati LC3	-	28,0
22	11	Mattoni forati LC3	-	28,0

## Telaio equivalente

Parete : 1

### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	0	0	0	0
14	0	325	0	0
5	0	1 355	0	0
2	0	0	435	1
15	0	325	435	1
6	0	1 355	435	1
16	0	325	825	2
7	0	1 355	825	2

### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
23	639	0	0
25	829	0	0
27	1 019	0	0
24	639	435	1
26	829	435	1
28	1 019	435	1
29	639	825	2
30	829	825	2
31	1 019	825	2

### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	r
19	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	55,0	242,5	829	216	25	26	1,00
20	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	55,0	242,5	1 019	216	27	28	1,00
17	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	151,0	340,0	401	218	14	15	1,00
18	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	55,0	245,0	639	218	23	24	1,00
21	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	174,0	340,0	1 268	218	5	6	1,00
22	Mattoni forati LC3	-	28,8	151,0	312,5	401	637	15	16	1,00
26	Mattoni forati LC3	-	28,8	174,0	312,5	1 268	637	6	7	1,00
23	Mattoni forati LC3	-	28,8	55,0	235,0	639	648	24	29	1,00
24	Mattoni forati LC3	-	28,8	55,0	235,0	829	648	26	30	1,00
25	Mattoni forati LC3	-	28,8	55,0	235,0	1 019	648	28	31	1,00

### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	544	48	14	23
4	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	734	48	23	25
7	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	924	48	25	27
10	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	1 114	48	27	5
8	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	100,0	924	385	26	28
2	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	544	388	15	24
5	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	734	388	24	26
11	28 esist + 13 nuovo	-	41,0	135,0	95,0	1 114	388	28	6
3	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	544	483	15	24
6	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	734	483	24	26
9	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	924	483	26	28
12	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	1 114	483	28	6
13	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	544	795	16	29
14	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	734	795	29	30
15	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	924	795	30	31
16	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	1 114	795	31	7

**Parete : 2****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	0	0	0	0
32	314	0	0	0
34	628	0	0	0
3	942	0	0	0
2	0	0	435	1
33	314	0	435	1
35	628	0	435	1
4	942	0	435	1

**Parete : 3****Nodi 3D**

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
3	942	0	0	0
11	942	325	0	0
17	942	1 355	0	0
4	942	0	435	1
12	942	325	435	1
18	942	1 355	435	1
13	942	325	825	2
19	942	1 355	825	2

**Nodi 2D**

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
36	667	0	0
38	996	0	0
37	667	435	1
39	996	435	1
40	667	825	2
41	996	825	2

**Macroelementi Maschi**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	r
39	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	126,0	340,0	388	218	11	12	1,00
40	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	161,0	245,0	667	218	36	37	1,00
41	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	227,0	245,0	996	218	38	39	1,00
42	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	111,0	340,0	1 300	218	17	18	1,00
43	Mattoni forati LC3	-	28,8	126,0	312,5	388	637	12	13	1,00
46	Mattoni forati LC3	-	28,8	111,0	312,5	1 300	637	18	19	1,00
44	Mattoni forati LC3	-	28,8	161,0	235,0	667	648	37	40	1,00
45	Mattoni forati LC3	-	28,8	227,0	235,0	996	648	39	41	1,00

**Macroelementi Fasce**

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
27	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	519	48	11	36
30	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	815	48	36	38
33	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	1 177	48	38	17
28	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	519	388	12	37
31	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	815	388	37	39
34	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	135,0	95,0	1 177	388	39	18
29	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	519	483	12	37
32	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	815	483	37	39

35	Mattoni forati LC3	-	14,0	135,0	95,0	1 177	483	39	18
36	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	519	795	13	40
37	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	815	795	40	41
38	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	1 177	795	41	19

Parete : 4

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
5	0	1 355	0	0
20	612	1 355	0	0
17	942	1 355	0	0
6	0	1 355	435	1
21	612	1 355	435	1
18	942	1 355	435	1
7	0	1 355	825	2
22	612	1 355	825	2
19	942	1 355	825	2

#### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
42	306	0	0
43	306	435	1

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	r
50	Mattoni forati (por)	-	30,0	100,0	361,3	662	181	20	21	1,00
51	Mattoni forati (por)	-	30,0	100,0	361,3	892	181	17	18	1,00
49	Mattoni forati (por)	-	28,0	612,0	435,0	306	218	42	43	1,00
52	Mattoni forati (por)	-	30,0	712,0	326,3	356	598	43	22	1,00
53	Mattoni forati (por)	-	30,0	100,0	326,3	892	598	18	19	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
47	Mattoni forati (por)	-	30,0	130,0	230,0	777	320	21	18
48	Mattoni forati (por)	-	30,0	130,0	185,0	777	733	22	19

Parete : 5

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
8	612	325	0	0
20	612	1 355	0	0
9	612	325	435	1
21	612	1 355	435	1
10	612	325	825	2
22	612	1 355	825	2

#### Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
44	351	0	0
46	683	0	0
45	351	435	1
47	683	435	1
48	351	825	2
49	683	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	r
61	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	112,0	370,0	351	185	44	45	1,00
62	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	112,0	370,0	683	185	46	47	1,00
60	Mattoni pieni e malta	-	28,8	75,0	405,1	38	203	8	9	1,00

	tenace LC3									
63	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	71,0	405,1	995	203	20	21	1,00
65	Mattoni forati LC3	-	28,8	112,0	360,0	351	615	45	48	1,00
66	Mattoni forati LC3	-	28,8	112,0	360,0	683	615	47	49	1,00
64	Mattoni forati LC3	-	28,8	75,0	375,6	38	623	9	10	1,00
67	Mattoni forati LC3	-	28,8	71,0	375,6	995	623	21	22	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
54	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	220,0	65,0	185	403	9	45
55	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	220,0	65,0	517	403	45	47
56	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	220,0	65,0	849	403	47	21
57	Mattoni forati LC3	-	28,8	220,0	30,0	185	810	10	48
58	Mattoni forati LC3	-	28,8	220,0	30,0	517	810	48	49
59	Mattoni forati LC3	-	28,8	220,0	30,0	849	810	49	22

Parete : 6

#### Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
14	0	325	0	0
8	612	325	0	0
11	942	325	0	0
15	0	325	435	1
9	612	325	435	1
12	942	325	435	1
16	0	325	825	2
10	612	325	825	2
13	942	325	825	2

#### Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto	r
71	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	711,0	362,8	356	181	8	9	1,00
72	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,8	101,0	362,8	892	181	11	12	1,00
73	Mattoni forati LC3	-	28,8	708,5	312,5	354	637	9	10	1,00
74	Mattoni forati LC3	-	28,8	98,5	312,5	893	637	12	13	1,00

#### Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
68	Mattoni pieni e malta tenace LC3	-	28,0	132,5	215,0	776	328	9	12
69	Mattoni forati LC3	-	14,0	132,5	95,0	776	483	9	12
70	Mattoni forati LC3	-	28,0	135,0	60,0	776	795	10	13

## 5.3 Analisi

### 5.3.1 Verifica allo SLU per carichi statici

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici è stata condotta secondo le prescrizioni riportate nelle norme vigenti.

È stata eseguita la seguente combinazione dei carichi:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{G\_agg} G_{kagg} + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

assumendo:

$\gamma_G$ ;  $\gamma_{G\_agg}$ ;  $\gamma_Q$ : coefficienti parziali di sicurezza

$G_k$ : carichi permanenti

$Q_k$ : carichi accidentali

$\psi_0$ : coefficiente di combinazione per i carichi variabili:

N. Solaio	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	y 0
1	197	196	300	No	0,70
2	197	196	300	No	0,70
3	197	196	300	No	0,70
6	197	196	300	No	0,70
7	197	196	300	No	0,70
8	197	196	300	No	0,70
9	197	196	300	No	0,70
10	197	196	300	No	0,70
11	197	196	300	No	0,70
12	197	196	300	No	0,70
14	150	0	0	No	0,00
16	150	0	0	No	0,00
18	150	0	0	No	0,00
19	150	0	0	No	0,00
20	150	0	0	No	0,00
21	150	0	0	No	0,00
22	150	0	0	No	0,00
23	478	96	400	No	0,70
24	250	96	400	No	0,70
25	197	196	300	No	0,70
26	197	196	300	No	0,70
27	150	0	0	No	0,00
28	150	0	0	No	0,00

N. Balconi	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Neve	y 0
1	197	196	120	Sì	0,50

N. Falda	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	y 0
1	122	30	120	Sì	0,50
2	122	30	120	Sì	0,50
4	122	30	120	Sì	0,50
5	122	30	120	Sì	0,50
6	122	30	120	Sì	0,50

Tabella 5.1: Carichi degli orizzontamenti afferenti all'edificio A



N. Solaio	Gk [daN/m <sup>2</sup> ]	Gk agg. [daN/m <sup>2</sup> ]	Qk [daN/m <sup>2</sup> ]	Copertura	y 0
15	197	196	300	No	0,70
16	197	196	300	No	0,70
18	100	0	120	Sì	0,50
19	197	196	50	No	0,70
20	197	196	50	No	0,70

N. Falda	Gk [daN/m <sup>2</sup> ]	Gk agg. [daN/m <sup>2</sup> ]	Qk [daN/m <sup>2</sup> ]	Copertura	y 0
1	122	40	120	Sì	0,50
2	122	40	120	Sì	0,50

Tabella 5.2: Carichi degli orizzontamenti afferenti all'edificio B

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

- Snellezza della muratura
- Eccentricità dei carichi
- Verifica a carichi verticali

### 5.3.1.1 Verifiche eseguite

#### 5.3.1.1.1 Snellezza delle murature

La verifica di snellezza è stata eseguita in accordo con quanto riportato al §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  $r \cdot h$ ;

$t$ : spessore del muro.

$h$ : l'altezza interna di piano;

$r$ : il fattore laterale di vincolo.

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

$$h_0/t < 20$$

#### 5.3.1.1.2 Eccentricità dei carichi

La verifica di eccentricità è stata eseguita in accordo con quanto riportato al §4.5.6.2. del D.M.2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risultino verificate le seguenti condizioni:

$$e_1/t \leq 0.33$$

$$e_2/t \leq 0.33$$

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  $e_v = M_v / N$

### 5.3.1.1.3 Verifica a carichi verticali

La verifica ai carichi verticali è stata eseguita in accordo con quanto riportato al §4.5.6.2. del D.M.2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risulti verificata la seguente condizione:

$$N_d \leq N_r$$

in cui:

$N_d$ : carico verticale agente

$N_r$ : carico verticale resistente;  $N_r = F f_d A$

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

$f_d$ : resistenza di calcolo della muratura;

F: 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 sono calcolabili solamente se le verifiche di snellezza ed eccentricità dei carichi risultano soddisfatte. Si riportano nel seguito i dettagli di verifica per le singole pareti.

### 5.3.1.1.4 Edificio A

#### Parete : 1

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
3	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
4	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
5	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
6	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
3	26.141	0,497	54.628	0,479	30.589	0,497	54.628	0,560	35.037	0,497	54.628	0,641	Si
4	12.144	0,497	43.905	0,277	15.719	0,497	43.905	0,358	19.294	0,497	43.905	0,439	Si
5	20.413	0,559	96.893	0,211	26.771	0,559	96.893	0,276	33.128	0,559	96.893	0,342	Si
6	7.684	0,559	49.771	0,154	10.950	0,559	49.771	0,220	14.216	0,559	49.771	0,286	Si

#### Parete : 2

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
11	435	29	15,104	0,167	0,076	0,136	Sì
12	390	29	13,542	0,212	0,081	0,138	Sì
13	435	29	15,104	0,130	0,153	0,115	Sì
14	435	29	15,104	0,116	0,127	0,112	Sì
15	435	29	15,104	0,094	0,162	0,089	Sì
16	390	29	13,542	0,094	0,138	0,085	Sì
17	390	29	13,542	0,109	0,174	0,090	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
11	16.404	0,000	n / d	n / d	20.473	0,497	41.751	0,490	24.543	0,376	31.572	0,777	No
12	6.965	0,271	22.737	0,306	10.614	0,523	43.943	0,242	14.262	0,412	34.620	0,412	Sì
13	3.750	0,388	8.424	0,445	4.471	0,343	7.466	0,599	5.191	0,417	9.057	0,573	Sì
14	25.939	0,415	41.229	0,629	27.211	0,395	39.210	0,694	28.483	0,422	41.916	0,680	Sì
15	1.514	0,457	5.092	0,297	1.827	0,328	3.652	0,500	2.140	0,468	5.207	0,411	Sì
16	3.042	0,497	10.804	0,282	3.883	0,413	8.985	0,432	4.724	0,515	11.198	0,422	Sì
17	6.012	0,469	29.927	0,201	8.478	0,344	21.927	0,387	10.944	0,505	32.180	0,340	Sì

### Parete : 3

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
41	435	41	10,610	0,074	0,065	0,070	Sì
42	435	41	10,610	0,089	0,061	0,087	Sì
43	435	41	10,610	0,106	0,069	0,103	Sì
44	435	41	10,610	0,120	0,073	0,117	Sì
45	435	41	10,610	0,130	0,075	0,127	Sì
46	435	41	10,610	0,066	0,053	0,065	Sì
47	390	29	13,542	0,075	0,191	0,072	Sì
48	390	29	13,542	0,144	0,162	0,131	Sì
49	390	29	13,542	0,141	0,158	0,129	Sì
50	390	29	13,542	0,150	0,149	0,138	Sì
51	390	29	13,542	0,164	0,138	0,153	Sì
52	390	29	13,542	0,076	0,116	0,074	Sì
53	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
54	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
55	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì

	Superiore				Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
41	2.891	0,623	12.007	0,241	3.244	0,647	12.466	0,260	3.597	0,635	12.235	0,294	Sì
42	7.570	0,583	15.308	0,495	7.817	0,660	17.337	0,451	8.064	0,587	15.419	0,523	Sì
43	10.267	0,550	19.486	0,527	10.600	0,636	22.538	0,470	10.934	0,556	19.708	0,555	Sì
44	9.398	0,523	14.088	0,667	9.651	0,624	16.795	0,575	9.904	0,530	14.265	0,694	Sì
45	14.580	0,505	15.745	0,926	14.873	0,620	19.323	0,770	15.166	0,511	15.923	0,952	Sì
46	7.552	0,644	14.739	0,512	7.972	0,683	15.629	0,510	8.392	0,648	14.828	0,566	Sì
47	525	0,540	3.640	0,144	728	0,311	2.097	0,347	930	0,549	3.696	0,252	Sì
48	1.796	0,401	4.445	0,404	1.981	0,367	4.066	0,487	2.167	0,426	4.724	0,459	Sì
49	2.088	0,407	5.091	0,410	2.297	0,374	4.680	0,491	2.506	0,431	5.385	0,465	Sì
50	2.067	0,390	4.031	0,513	2.240	0,392	4.052	0,553	2.413	0,413	4.264	0,566	Sì
51	3.048	0,363	4.143	0,736	3.238	0,413	4.712	0,687	3.429	0,383	4.378	0,783	Sì
52	1.564	0,536	4.601	0,340	1.822	0,455	3.901	0,467	2.080	0,542	4.650	0,447	Sì
53	1.276	0,559	7.654	0,167	1.773	0,559	7.654	0,232	2.269	0,559	7.654	0,296	Sì
54	190	0,559	22.877	0,008	190	0,559	22.877	0,008	861	0,559	22.877	0,038	Sì
55	2.612	0,559	28.908	0,090	3.993	0,559	28.908	0,138	5.374	0,559	28.908	0,186	Sì

### Parete : 4

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
62	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
63	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
64	435	29	15,104	0,076	0,127	0,076	Sì
65	435	29	15,104	0,076	0,191	0,076	Sì
66	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
67	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
68	390	29	13,542	0,068	0,196	0,068	Sì
69	390	29	13,542	0,068	0,216	0,068	Sì

Maschio	Superiore				Centrale				Inferiore				Verificato
	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
62	26.005	0,497	90.609	0,287	33.339	0,497	90.609	0,368	40.674	0,497	90.609	0,449	Sì
63	4.194	0,497	12.726	0,330	5.225	0,497	12.726	0,411	6.255	0,497	12.726	0,491	Sì
64	1.231	0,497	3.500	0,352	1.496	0,393	2.768	0,540	1.761	0,497	3.500	0,503	Sì
65	4.120	0,497	23.607	0,175	5.905	0,000	n / d	n / d	7.690	0,497	23.607	0,326	No
66	22.465	0,559	102.335	0,220	29.099	0,559	102.335	0,284	35.732	0,559	102.335	0,349	Sì
67	1.715	0,559	14.681	0,117	2.666	0,559	14.681	0,182	3.618	0,559	14.681	0,246	Sì
68	478	0,559	3.939	0,121	723	0,301	2.120	0,341	968	0,559	3.939	0,246	Sì
69	2.714	0,559	26.569	0,102	4.367	0,265	12.573	0,347	6.020	0,559	26.569	0,227	Sì

#### Parete : 5

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
71	435	29	15,104	0,084	0,183	0,080	Sì
72	435	29	15,104	0,076	0,194	0,076	Sì

Maschio	Superiore				Centrale				Inferiore				Verificato
	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
71	1.643	0,476	8.527	0,193	2.395	0,000	n / d	n / d	3.147	0,486	8.704	0,362	No
72	1.432	0,497	8.908	0,161	2.185	0,000	n / d	n / d	2.937	0,497	8.908	0,330	No

#### Parete : 6

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
73	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
74	435	41	10,610	0,143	0,065	0,122	Sì
75	435	41	10,610	0,074	0,053	0,071	Sì

Maschio	Superiore				Centrale				Inferiore				Verificato
	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
73	4.806	0,559	47.165	0,102	8.468	0,559	47.165	0,180	12.129	0,559	47.165	0,257	Sì
74	8.965	0,480	29.402	0,305	10.355	0,647	39.633	0,261	11.745	0,521	31.901	0,368	Sì
75	22.085	0,622	38.134	0,579	23.475	0,683	41.856	0,561	24.865	0,629	38.550	0,645	Sì

#### Parete : 7

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
78	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
79	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
80	390	28	13,929	0,070	0,070	0,070	Sì
81	390	28	13,929	0,070	0,070	0,070	Sì

Maschio	Superiore				Centrale				Inferiore				Verificato
	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
78	1.664	0,495	3.422	0,486	1.942	0,497	3.436	0,565	2.220	0,496	3.426	0,648	Sì
79	9.090	0,496	20.973	0,433	10.789	0,497	21.012	0,513	12.489	0,496	20.984	0,595	Sì
80	557	0,543	4.729	0,118	873	0,544	4.737	0,184	1.189	0,543	4.733	0,251	Sì
81	2.112	0,542	14.450	0,146	3.078	0,544	14.496	0,212	4.045	0,543	14.472	0,279	Sì

#### Parete : 8

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
85	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
86	435	29	15,104	0,076	0,076	0,076	Sì
87	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
88	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì
89	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
85	20.238	0,497	45.833	0,442	23.952	0,497	45.877	0,522	27.666	0,497	45.845	0,603	Sì
86	11.066	0,496	16.713	0,662	12.420	0,497	16.735	0,742	13.775	0,497	16.717	0,824	Sì
87	6.160	0,559	51.552	0,119	9.514	0,559	51.633	0,184	12.868	0,559	51.594	0,249	Sì
88	1.314	0,559	4.435	0,296	1.495	0,559	4.440	0,337	1.676	0,559	4.436	0,378	Sì
89	656	0,559	4.362	0,150	940	0,559	4.368	0,215	1.224	0,559	4.365	0,280	Sì

#### Parete : 9

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
116	435	41	10,610	0,094	0,077	0,084	Sì
117	435	41	10,610	0,107	0,077	0,099	Sì
118	435	41	10,610	0,130	0,090	0,117	Sì
119	435	41	10,610	0,162	0,097	0,150	Sì
120	435	41	10,610	0,146	0,086	0,137	Sì
121	435	41	10,610	0,156	0,092	0,145	Sì
122	435	41	10,610	0,157	0,093	0,146	Sì
123	435	41	10,610	0,143	0,085	0,135	Sì
124	435	41	10,610	0,125	0,078	0,115	Sì
125	390	29	13,542	0,193	0,219	0,135	Sì
126	390	29	13,542	0,136	0,170	0,115	Sì
127	390	29	13,542	0,106	0,144	0,096	Sì
128	390	29	13,542	0,125	0,164	0,108	Sì
129	390	29	13,542	0,144	0,170	0,122	Sì
130	390	29	13,542	0,165	0,145	0,145	Sì
131	390	29	13,542	0,076	0,078	0,074	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
116	11.926	0,574	53.400	0,223	13.908	0,611	56.849	0,245	15.891	0,594	55.208	0,288	Sì
117	7.420	0,548	22.485	0,330	8.050	0,613	25.124	0,320	8.680	0,563	23.103	0,376	Sì
118	21.282	0,505	68.015	0,313	23.350	0,581	78.172	0,299	25.418	0,529	71.235	0,357	Sì
119	16.907	0,444	30.630	0,552	17.967	0,568	39.211	0,458	19.028	0,467	32.233	0,590	Sì
120	21.882	0,475	34.714	0,630	23.005	0,588	43.007	0,535	24.128	0,491	35.922	0,672	Sì
121	11.174	0,456	18.676	0,598	11.804	0,577	23.642	0,499	12.434	0,475	19.493	0,638	Sì
122	11.253	0,454	18.594	0,605	11.883	0,576	23.611	0,503	12.513	0,474	19.415	0,645	Sì
123	12.682	0,479	19.627	0,646	13.312	0,591	24.226	0,549	13.942	0,494	20.270	0,688	Sì
124	9.845	0,514	19.846	0,496	10.669	0,610	23.556	0,453	11.492	0,534	20.611	0,558	Sì
125	13.910	0,308	51.435	0,270	19.823	0,259	43.245	0,458	25.735	0,418	69.855	0,368	Sì
126	3.282	0,418	10.801	0,304	3.988	0,351	9.085	0,439	4.693	0,457	11.813	0,397	Sì
127	4.154	0,474	12.982	0,320	4.901	0,402	11.019	0,445	5.649	0,494	13.519	0,418	Sì
128	1.987	0,437	6.718	0,296	2.406	0,362	5.567	0,432	2.825	0,470	7.222	0,391	Sì
129	2.042	0,402	6.177	0,331	2.461	0,352	5.410	0,455	2.880	0,445	6.829	0,422	Sì
130	3.368	0,362	5.553	0,607	3.787	0,400	6.143	0,617	4.206	0,399	6.124	0,687	Sì
131	5.469	0,538	7.784	0,703	5.981	0,532	7.699	0,777	6.492	0,542	7.833	0,829	Sì

#### Parete : 10

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
138	435	41	10,610	0,068	0,053	0,065	Sì
139	435	41	10,610	0,086	0,053	0,083	Sì
140	435	41	10,610	0,117	0,057	0,110	Sì
141	435	41	10,610	0,053	0,053	0,053	Sì
142	435	41	10,610	0,053	0,053	0,053	Sì
143	390	29	13,542	0,090	0,068	0,082	Sì
144	390	29	13,542	0,102	0,068	0,095	Sì
145	390	29	13,542	0,079	0,068	0,078	Sì

146	390	29	13,542	0,178	0,071	0,124	Sì
-----	-----	----	--------	-------	-------	-------	----

Superiore					Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
138	9.534	0,640	28.432	0,335	10.540	0,683	30.347	0,347	11.546	0,648	28.766	0,401	Sì
139	93.222	0,588	208.978	0,446	97.845	0,683	242.773	0,403	102.468	0,594	211.036	0,486	Sì
140	26.268	0,529	56.004	0,469	27.895	0,672	71.190	0,392	29.522	0,542	57.446	0,514	Sì
141	38.034	0,683	77.501	0,491	39.759	0,683	77.501	0,513	41.483	0,683	77.501	0,535	Sì
142	36.454	0,683	198.421	0,184	43.033	0,683	198.421	0,217	49.612	0,683	198.421	0,250	Sì
143	21.636	0,504	88.762	0,244	28.161	0,559	98.468	0,286	34.687	0,522	91.839	0,378	Sì
144	7.426	0,482	18.445	0,403	8.449	0,559	21.412	0,395	9.472	0,496	18.990	0,499	Sì
145	15.218	0,528	25.019	0,608	16.392	0,559	26.497	0,619	17.565	0,532	25.217	0,697	Sì
146	9.180	0,335	41.558	0,221	13.683	0,551	68.232	0,201	18.186	0,441	54.586	0,333	Sì

#### Parete : 11

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
166	435	41	10,610	0,053	0,070	0,053	Sì
167	435	41	10,610	0,096	0,062	0,091	Sì
168	435	41	10,610	0,133	0,080	0,126	Sì
169	435	41	10,610	0,159	0,094	0,148	Sì
170	435	41	10,610	0,162	0,097	0,151	Sì
171	435	41	10,610	0,133	0,085	0,120	Sì
172	390	29	13,542	0,077	0,122	0,074	Sì
173	390	29	13,542	0,162	0,159	0,139	Sì
174	390	29	13,542	0,144	0,166	0,122	Sì
175	390	29	13,542	0,131	0,170	0,112	Sì
176	390	29	13,542	0,101	0,271	0,081	Sì
177	390	29	13,542	0,141	0,217	0,107	Sì
178	390	29	13,542	0,146	0,180	0,121	Sì
179	390	29	13,542	0,094	0,135	0,086	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
166	36.909	0,683	284.793	0,130	48.278	0,634	264.227	0,183	59.647	0,683	284.793	0,209	Sì
167	7.550	0,569	14.459	0,522	8.092	0,656	16.652	0,486	8.634	0,580	14.724	0,586	Sì
168	12.437	0,499	19.322	0,644	13.032	0,605	23.440	0,556	13.627	0,512	19.840	0,687	Sì
169	11.278	0,450	19.210	0,587	11.934	0,573	24.480	0,487	12.590	0,471	20.112	0,626	Sì
170	10.521	0,442	18.306	0,575	11.158	0,568	23.530	0,474	11.794	0,465	19.244	0,613	Sì
171	22.486	0,498	54.161	0,415	24.803	0,591	64.266	0,386	27.121	0,525	57.023	0,476	Sì
172	1.557	0,535	5.124	0,304	1.896	0,444	4.247	0,446	2.234	0,543	5.194	0,430	Sì
173	2.600	0,366	5.580	0,466	3.017	0,372	5.677	0,531	3.433	0,410	6.253	0,549	Sì
174	2.234	0,402	6.421	0,348	2.670	0,360	5.749	0,464	3.105	0,443	7.074	0,439	Sì
175	1.844	0,425	6.314	0,292	2.249	0,351	5.210	0,432	2.655	0,463	6.869	0,386	Sì
176	2.201	0,483	26.070	0,084	3.958	0,000	n / d	n / d	5.715	0,525	28.318	0,202	No
177	3.882	0,407	21.479	0,181	5.602	0,262	13.853	0,404	7.322	0,473	24.979	0,293	Sì
178	1.898	0,398	6.353	0,299	2.333	0,332	5.310	0,439	2.769	0,445	7.109	0,390	Sì
179	5.719	0,497	19.004	0,301	7.072	0,419	16.016	0,442	8.424	0,513	19.631	0,429	Sì

#### Parete : 12

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
185	435	29	15,104	0,103	0,076	0,086	Sì
186	435	41	10,610	0,057	0,053	0,056	Sì
187	435	41	10,610	0,083	0,053	0,080	Sì
188	435	41	10,610	0,064	0,053	0,062	Sì
189	390	29	13,542	0,069	0,068	0,069	Sì
190	390	29	13,542	0,069	0,068	0,069	Sì
191	390	29	13,542	0,069	0,068	0,069	Sì

192	390	29	13,542	0,070	0,068	0,070	Sì
-----	-----	----	--------	-------	-------	-------	----

Superiore					Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
185	9.143	0,441	68.501	0,133	16.671	0,497	77.251	0,216	24.200	0,473	73.494	0,329	Sì
186	13.830	0,671	45.633	0,303	15.375	0,683	46.454	0,331	16.919	0,673	45.783	0,370	Sì
187	121.676	0,594	315.986	0,385	128.676	0,683	363.226	0,354	135.676	0,604	320.861	0,423	Sì
188	18.357	0,652	44.850	0,409	19.916	0,683	47.023	0,424	21.475	0,656	45.165	0,475	Sì
189	8.250	0,556	29.606	0,279	10.225	0,559	29.791	0,343	12.199	0,557	29.666	0,411	Sì
190	3.971	0,556	9.257	0,429	4.416	0,559	9.310	0,474	4.861	0,557	9.267	0,525	Sì
191	38.068	0,556	117.004	0,325	43.694	0,559	117.743	0,371	49.319	0,557	117.173	0,421	Sì
192	3.517	0,552	9.708	0,362	4.168	0,559	9.831	0,424	4.819	0,554	9.741	0,495	Sì

#### Parete : 13

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
193	435	29	15,104	0,154	0,076	0,108	Sì
194	390	28	13,929	0,200	0,070	0,114	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
193	10.448	0,342	53.273	0,196	17.994	0,497	77.421	0,232	25.540	0,431	67.113	0,381	Sì
194	6.913	0,286	43.272	0,160	13.490	0,544	82.335	0,164	20.067	0,448	67.850	0,296	Sì

### 5.3.1.1.5 Edificio B

#### Parete : 1

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
17	435	41	10,610	0,118	0,081	0,107	Sì
18	435	41	10,610	0,153	0,091	0,143	Sì
19	435	41	10,610	0,160	0,095	0,150	Sì
20	435	41	10,610	0,161	0,097	0,150	Sì
21	435	41	10,610	0,162	0,129	0,119	Sì
22	390	29	13,542	0,132	0,068	0,115	Sì
23	390	29	13,542	0,198	0,095	0,183	Sì
24	390	29	13,542	0,198	0,095	0,184	Sì
25	390	29	13,542	0,199	0,095	0,183	Sì
26	390	29	13,542	0,145	0,068	0,115	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Verificato
17	18.761	0,527	54.343	0,345	20.845	0,602	62.077	0,336	22.929	0,549	56.699	0,404	Sì
18	10.359	0,460	17.300	0,599	10.906	0,579	21.755	0,501	11.452	0,479	17.989	0,637	Sì
19	10.508	0,446	16.763	0,627	11.050	0,572	21.512	0,514	11.591	0,465	17.487	0,663	Sì
20	9.163	0,445	16.723	0,548	9.705	0,568	21.349	0,455	10.246	0,467	17.546	0,584	Sì
21	7.328	0,443	52.697	0,139	9.730	0,507	60.260	0,161	12.131	0,526	62.539	0,194	Sì
22	4.877	0,425	23.261	0,210	5.774	0,559	30.657	0,188	6.671	0,458	25.079	0,266	Sì
23	3.729	0,298	5.946	0,627	3.975	0,495	9.888	0,402	4.220	0,327	6.523	0,647	Sì
24	3.934	0,297	5.936	0,663	4.179	0,495	9.876	0,423	4.425	0,325	6.488	0,682	Sì
25	3.618	0,296	5.913	0,612	3.864	0,495	9.877	0,391	4.110	0,326	6.510	0,631	Sì
26	3.328	0,400	25.254	0,132	4.362	0,559	35.326	0,123	5.395	0,457	28.833	0,187	Sì

**Parete : 3**

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
39	435	29	15,104	0,110	0,130	0,100	Sì
40	435	29	15,104	0,120	0,117	0,113	Sì
41	435	29	15,104	0,125	0,140	0,115	Sì
42	435	29	15,104	0,150	0,486	0,096	No
43	390	29	13,542	0,119	0,068	0,103	Sì
44	390	29	13,542	0,158	0,073	0,138	Sì
45	390	29	13,542	0,162	0,074	0,136	Sì
46	390	29	13,542	0,127	0,068	0,095	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
39	6.713	0,427	16.540	0,406	7.934	0,389	15.055	0,527	9.156	0,445	17.212	0,532	Sì
40	12.152	0,408	20.193	0,602	13.277	0,413	20.427	0,650	14.402	0,421	20.843	0,691	Sì
41	12.151	0,397	27.700	0,439	13.736	0,368	25.687	0,535	15.322	0,417	29.074	0,527	Sì
42	652	0,349	11.915	0,055	1.263	0,000	n / d	n / d	2.339	0,453	15.432	0,152	No
43	3.461	0,449	20.552	0,168	4.209	0,559	25.581	0,165	4.957	0,479	21.911	0,226	Sì
44	4.935	0,374	21.879	0,226	5.654	0,545	31.822	0,178	6.373	0,414	24.165	0,264	Sì
45	5.468	0,367	30.266	0,181	6.482	0,544	44.816	0,145	7.496	0,416	34.289	0,219	Sì
46	952	0,435	17.514	0,054	1.367	0,559	22.536	0,061	2.027	0,495	19.929	0,102	Sì

**Parete : 4**

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
49	435	28	15,536	0,107	0,078	0,101	Sì
50	435	30	14,500	0,072	0,072	0,072	Sì
51	435	30	14,500	0,072	0,072	0,072	Sì
52	390	30	13,000	0,065	0,065	0,065	Sì
53	390	30	13,000	0,065	0,065	0,065	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
49	26.510	0,422	112.419	0,236	29.790	0,481	128.114	0,233	33.070	0,433	115.357	0,287	Sì
50	4.483	0,521	24.281	0,185	4.959	0,521	24.281	0,204	5.436	0,521	24.281	0,224	Sì
51	5.340	0,521	24.281	0,220	5.817	0,521	24.281	0,240	6.294	0,521	24.281	0,259	Sì
52	15.087	0,582	193.093	0,078	18.154	0,582	193.093	0,094	21.221	0,582	193.093	0,110	Sì
53	2.401	0,582	27.120	0,089	2.832	0,582	27.120	0,104	3.263	0,582	27.120	0,120	Sì

**Parete : 5**

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
60	435	29	15,104	0,091	0,076	0,084	Sì
61	435	29	15,104	0,107	0,076	0,097	Sì
62	435	29	15,104	0,106	0,076	0,096	Sì
63	435	29	15,104	0,101	0,076	0,083	Sì
64	390	29	13,542	0,087	0,068	0,079	Sì
65	390	29	13,542	0,108	0,068	0,098	Sì
66	390	29	13,542	0,108	0,068	0,098	Sì
67	390	29	13,542	0,086	0,068	0,077	Sì

Superiore					Centrale				Inferiore				Verificato
Maschio	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
60	1.898	0,462	10.651	0,178	2.764	0,497	11.453	0,241	3.631	0,477	10.983	0,331	Sì
61	3.394	0,431	14.839	0,229	3.853	0,497	17.104	0,225	5.035	0,451	15.525	0,324	Sì
62	3.678	0,433	14.908	0,247	4.452	0,497	17.104	0,260	5.634	0,454	15.614	0,361	Sì



63	427	0,443	9.670	0,044	607	0,497	10.843	0,056	1.428	0,478	10.422	0,137	Sì
64	1.274	0,510	13.891	0,092	1.720	0,559	15.227	0,113	2.256	0,530	14.427	0,156	Sì
65	4.178	0,470	19.120	0,218	4.799	0,559	22.739	0,211	5.565	0,490	19.905	0,280	Sì
66	4.248	0,470	19.120	0,222	4.890	0,559	22.739	0,215	5.656	0,490	19.904	0,284	Sì
67	600	0,512	13.198	0,045	726	0,559	14.415	0,050	1.232	0,535	13.795	0,089	Sì

#### Parete : 6

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
71	435	29	15,104	0,112	0,170	0,097	Sì
72	435	29	15,104	0,111	0,136	0,100	Sì
73	390	29	13,542	0,071	0,068	0,070	Sì
74	390	29	13,542	0,068	0,068	0,068	Sì

Maschio	Superiore				Centrale				Inferiore				Verificato
	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	Nd	F	Nr	Nd/Nr	
71	21.895	0,422	92.254	0,237	29.249	0,000	n / d	n / d	36.604	0,451	98.404	0,372	No
72	4.855	0,425	13.195	0,368	5.900	0,377	11.707	0,504	6.945	0,445	13.822	0,502	Sì
73	13.854	0,551	141.665	0,098	18.063	0,559	143.842	0,126	22.271	0,554	142.488	0,156	Sì
74	2.732	0,559	19.998	0,137	3.318	0,559	19.998	0,166	3.903	0,559	19.998	0,195	Sì

### 5.3.1.2 Sintesi dei risultati allo SLU

#### 5.3.1.2.1 Edificio A

Si riporta nel seguito, una tabella di sintesi dei risultati dell'analisi statica e le immagini relative alle pareti che presentano elementi verificati. Si precisa inoltre che il colore rosso non corrisponde al non soddisfacimento della verifica, ma alla situazione per cui il programma di calcolo non ha raggiunto la convergenza della soluzione. Poiché il caso n/d è riferito alla parte centrale del maschio murario e visto il soddisfacimento della verifica sia nella sezione di base che nella sezione di testa si può ritenere la verifica soddisfatta.

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
5	2	0,36	15,10	0,084	0,194
2	1	0,78	15,10	0,212	0,174
11	1	0,69	13,54	0,162	0,271
4	1	0,54	15,10	0,076	0,216
3	0	0,95	13,54	0,164	0,191
6	0	0,65	13,54	0,143	0,068
1	0	0,64	15,10	0,076	0,076
8	0	0,82	15,10	0,076	0,076
9	0	0,83	13,54	0,193	0,219
10	0	0,70	13,54	0,178	0,071
7	0	0,65	15,10	0,076	0,076
12	0	0,52	15,10	0,103	0,076
13	0	0,38	15,10	0,200	0,076

Tabella 5.3: Sintesi dei risultati dell'analisi statica



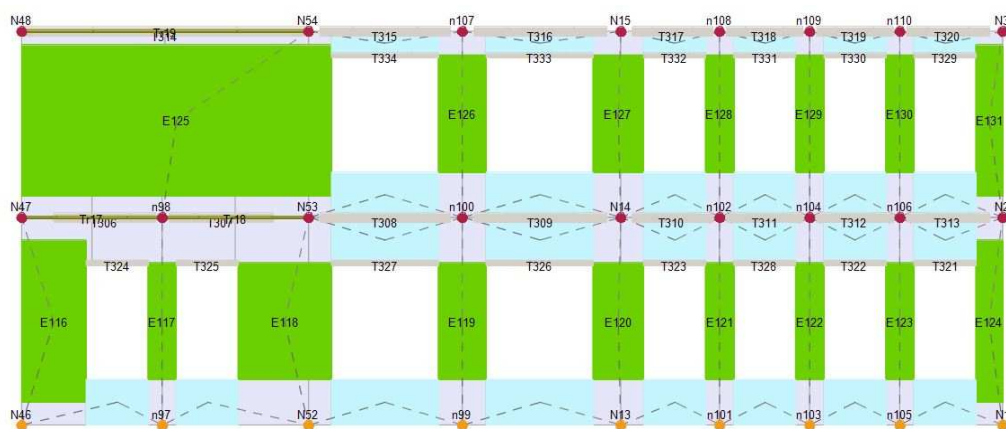


Figura 5.31: Verifica statica - Parete 9

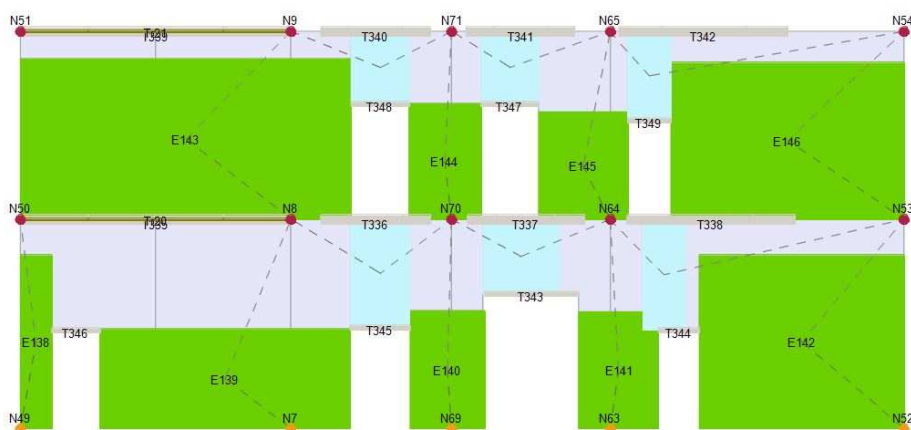


Figura 5.32: Verifica statica - Parete 10

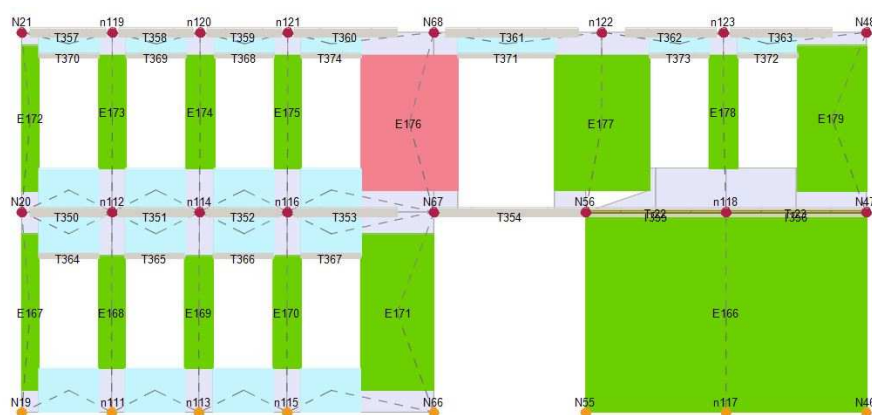
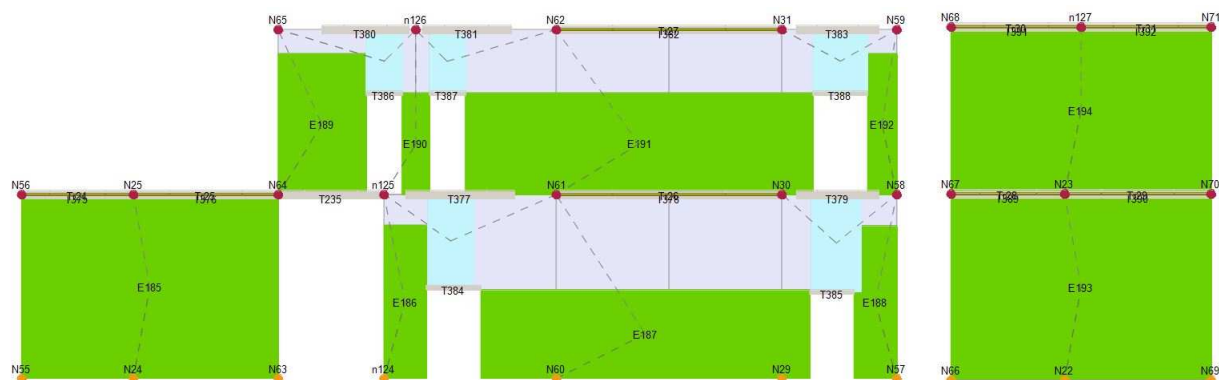


Figura 5.33: Verifica statica - Parete 11



### 5.3.1.2.2 Edificio B

Si riporta nel seguito, una tabella di sintesi dei risultati dell'analisi statica e le immagini relative alle pareti che presentano elementi verificati. Si precisa inoltre che il colore rosso non corrisponde al non soddisfacimento della verifica, ma alla situazione per cui il programma di calcolo non ha raggiunto la convergenza della soluzione. Poiché il caso n/d è riferito alla parte centrale del maschio murario e visto il soddisfacimento della verifica sia nella sezione di base che nella sezione di testa si può ritenere la verifica soddisfatta.

Parete	Maschi rotti	Nd/Nr Max	h0/t Max	e1/t Max	e2/t Max
6	1	0,50	15,10	0,112	0,170
3	1	0,69	15,10	0,162	0,486
4	0	0,29	15,54	0,107	0,078
5	0	0,36	15,10	0,108	0,076
1	0	0,68	13,54	0,199	0,129

Tabella 5.4: Sintesi dei risultati dell'analisi statica

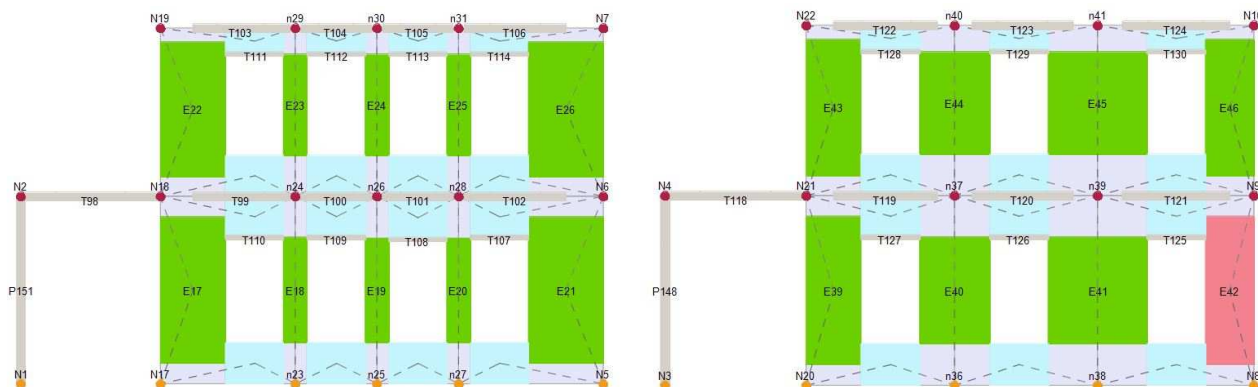


Figura 5.35: Verifica statica - Parete 1 e 3

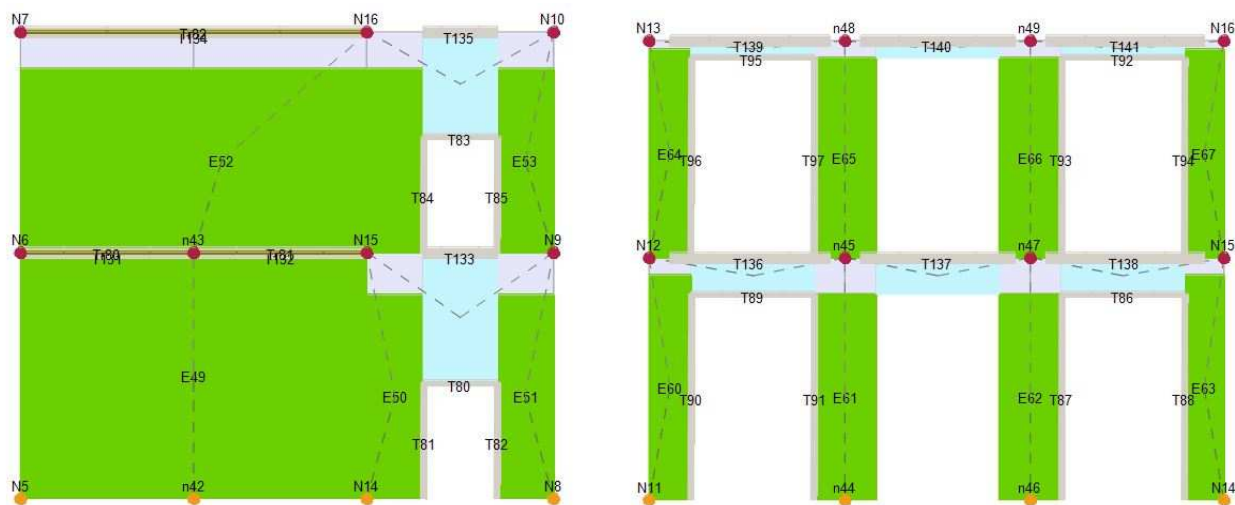


Figura 5.36: Verifica statica - Parete 4 e 5

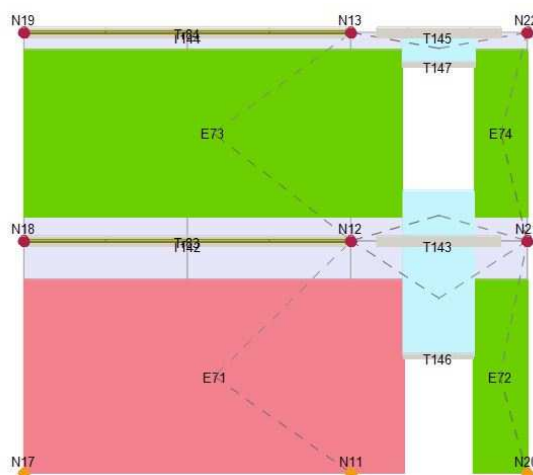


Figura 5.37: Verifica statica - Parete 6

Si osserva che la verifica risulta soddisfatta per tutte le pareti.

### 5.3.2 Analisi Sismica

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO) sono state effettuate per la seguente combinazione della azione sismica con le altre azioni [Norme Tecniche 2018 p.3.2.4].

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- $G_1$  peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $\Psi_{2i}$  coefficiente di combinazione;
- $Q_{Ki}$  valore caratteristico della azione variabile;

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

$$G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

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

N. Solaio	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Y2
1	197	196	300	0,60
2	197	196	300	0,60
3	197	196	300	0,60
6	197	196	300	0,60
7	197	196	300	0,60
8	197	196	300	0,60
9	197	196	300	0,60
10	197	196	300	0,60
11	197	196	300	0,60

12	197	196	300	0,60
14	150	0	0	0,00
16	150	0	0	0,00
18	150	0	0	0,00
19	150	0	0	0,00
20	150	0	0	0,00
21	150	0	0	0,00
22	150	0	0	0,00
23	478	96	400	0,60
24	250	96	400	0,60
25	197	196	300	0,60
26	197	196	300	0,60
27	150	0	0	0,00
28	150	0	0	0,00

N. Balconi	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Y2
1	197	196	120	0,00

N. Falda	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Y2
1	122	30	120	0,00
2	122	30	120	0,00
4	122	30	120	0,00
5	122	30	120	0,00
6	122	30	120	0,00

Tabella 5.5: carichi dei solai e coefficienti del carico, edificio A

N. Solaio	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Y2
15	197	196	300	0,60
16	197	196	300	0,60
18	100	0	120	0,00
19	197	196	50	0,60
20	197	196	50	0,60

N. Falda	Gk [daN/m2]	Gk agg. [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Y2
1	122	40	120	0,00
2	122	40	120	0,00

Tabella 5.6: carichi dei solai e coefficienti del carico, edificio B

### 5.3.2.1 Analisi Modale

Prima di procedere con la push-over, è stata eseguita un'analisi dinamica modale, per controllare sia le masse modali partecipanti associate a ciascun modo e, di conseguenza, quelle proprie del sistema equivalente ad un grado di libertà, sia le frequenze associate a ciascun modo.



### 5.3.2.1.1 Edificio A

Modo	T [s]	m <sub>x</sub> [kg]	M <sub>x</sub> [%]	m <sub>y</sub> [kg]	M <sub>y</sub> [%]	m <sub>z</sub> [kg]	M <sub>z</sub> [%]
1	0,18011	33.939	4,08	321.678	38,63	94	0,01
2	0,14432	454.378	54,56	157.441	18,91	0	0,00
3	0,12867	173.099	20,79	169.268	20,33	23	0,00
4	0,08974	299	0,04	733	0,09	762	0,09
5	0,08621	2.227	0,27	15.296	1,84	278	0,03
6	0,08362	1	0,00	16	0,00	5.400	0,65
7	0,07627	7.664	0,92	98	0,01	78	0,01
8	0,07419	1.085	0,13	38.120	4,58	229	0,03
9	0,06955	14.938	1,79	3.256	0,39	71	0,01
10	0,06635	99.571	11,96	18.035	2,17	25	0,00
11	0,06175	99	0,01	48.111	5,78	879	0,11
12	0,06001	33.666	4,04	49.080	5,89	141	0,02
13	0,05228	4.532	0,54	101	0,01	68.742	8,25
14	0,04763	16	0,00	1	0,00	8.145	0,98
15	0,04622	8	0,00	915	0,11	7.189	0,86
16	0,04490	31	0,00	1.019	0,12	82.398	9,89
17	0,04320	23	0,00	113	0,01	44.993	5,40
18	0,04293	165	0,02	106	0,01	201.228	24,16
19	0,04030	96	0,01	443	0,05	9.072	1,09
20	0,03952	0	0,00	1.038	0,12	10.208	1,23
21	0,03899	106	0,01	5	0,00	162	0,02
22	0,03834	285	0,03	137	0,02	1.080	0,13
23	0,03735	154	0,02	92	0,01	71.982	8,64
24	0,03634	1	0,00	200	0,02	1.352	0,16
25	0,03591	19	0,00	108	0,01	580	0,07
26	0,03507	378	0,05	3	0,00	14.483	1,74
27	0,03427	370	0,04	267	0,03	92.497	11,11
28	0,03283	50	0,01	90	0,01	4.920	0,59
29	0,03246	388	0,05	109	0,01	117	0,01
30	0,03212	0	0,00	732	0,09	9.077	1,09

Tabella 5.7: Risultati analisi modale, edificio A

Si riportano nel seguito le deformate modali relative ai modi di vibrare principali in direzione x e y.

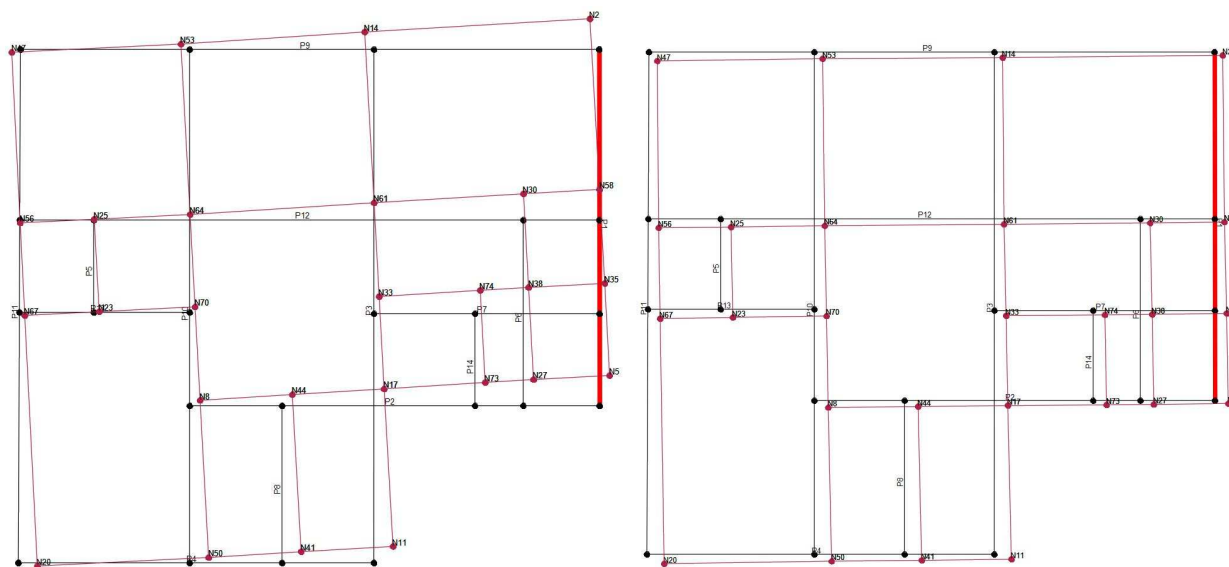


Figura 5.38: Deformata modale relativa al modo 1 e 2

Si nota che i modi principali sono di tipo traslazionale per il primo e torsionale per il secondo e coinvolgono parte della struttura, principalmente l'ala di collegamento con l'ampliamento in calcestruzzo armato. La concentrazione delle traslazioni in tale area è da imputarsi alla distribuzione non simmetrica delle masse ed alla presenza di solai flessibili.

### 5.3.2.1.2 Edificio B

Modo /	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0,24942	9.912	3,98	214.055	85,99	88	0,04
2	0,21757	107.360	43,13	21.567	8,66	125	0,05
3	0,09061	96.339	38,70	2.044	0,82	574	0,23
4	0,08892	20.764	8,34	10.978	4,41	2.460	0,99
5	0,06982	5.085	2,04	138	0,06	4.085	1,64
6	0,05532	122	0,05	0	0,00	55.513	22,30
7	0,05077	8	0,00	0	0,00	68.620	27,57
8	0,04637	0	0,00	1	0,00	208	0,08
9	0,04507	516	0,21	28	0,01	14.399	5,78
10	0,04257	50	0,02	0	0,00	24.968	10,03
11	0,03915	398	0,16	26	0,01	3.077	1,24
12	0,03624	2.766	1,11	14	0,01	4	0,00
13	0,03053	2.057	0,83	3	0,00	347	0,14
14	0,02906	691	0,28	1	0,00	2.852	1,15
15	0,02797	1.883	0,76	10	0,00	1.670	0,67
16	0,02686	212	0,09	9	0,00	1.301	0,52
17	0,02658	348	0,14	5	0,00	751	0,30
18	0,02487	130	0,05	19	0,01	305	0,12
19	0,02441	1	0,00	0	0,00	965	0,39
20	0,02339	1	0,00	0	0,00	2.717	1,09
21	0,02303	0	0,00	2	0,00	1.529	0,61
22	0,02246	22	0,01	0	0,00	6.581	2,64
23	0,02207	111	0,04	1	0,00	32.802	13,18
24	0,02092	9	0,00	0	0,00	1.671	0,67
25	0,01982	3	0,00	16	0,01	389	0,16
26	0,01913	4	0,00	3	0,00	338	0,14
27	0,01871	0	0,00	0	0,00	3	0,00
28	0,01863	0	0,00	3	0,00	2.310	0,93
29	0,01843	1	0,00	1	0,00	10	0,00
30	0,01812	9	0,00	0	0,00	5.985	2,40

Tabella 5.8: Risultati analisi modale, edificio B

Si riportano nel seguito le deformate modali relative ai modi di vibrare principali in direzione x e y.

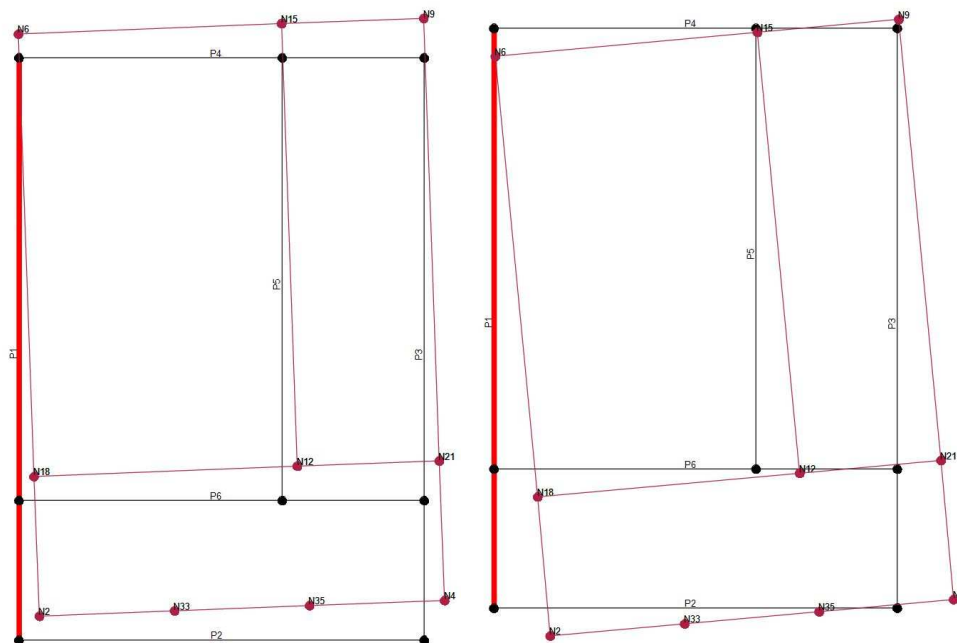


Figura 5.39: Deformata modale relativa al modo 1 e 2

Si nota che i modi principali sono di tipo traslazionale (modo 1, direzione y) e torsionale (modo 2, direzione x). Gli spostamenti coinvolgono la gran parte della struttura, specialmente in direzione y, anche se i solai sono di tipo flessibile. La torsione in direzione x è da imputarsi, principalmente, alla distribuzione non simmetrica delle masse.



### 5.3.2.2 Analisi incrementale a collasso (push-over)

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 [D.M. 14 gennaio 2018 p. 7.3.4.1.], le condizioni di carico che devono essere esaminate sono di due tipi:

- Distribuzione di forze proporzionale alle masse

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

- Distribuzione di forze proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrare.

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 del 20% 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.

La verifica di normativa prevede più di una curva di push-over per tenere conto di una:

- differente direzione dell'azione sismica (principalmente asse X o asse Y);
- differente verso dell'azione (verso positivo o negativo);
- differente distribuzione delle forze di spinta (modale o masse);
- eccentricità accidentale.

Combinando le varie possibilità si ottengono 16 analisi complessive; considerando poi anche il caso di assenza di eccentricità a queste 16 se ne aggiungono altre 8, per un totale di 24 analisi.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	65
2	+X	Forze statiche	0,0	2	65
3	-X	Uniforme	0,0	2	65
4	-X	Forze statiche	0,0	2	65
5	+Y	Uniforme	0,0	2	65
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	65
7	-Y	Uniforme	0,0	2	65
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	65
9	+X	Uniforme	91,8	2	65
10	+X	Uniforme	-91,8	2	65
11	+X	Forze statiche	91,8	2	65
12	+X	Forze statiche	-91,8	2	65
13	-X	Uniforme	91,8	2	65
14	-X	Uniforme	-91,8	2	65
15	-X	Forze statiche	91,8	2	65
16	-X	Forze statiche	-91,8	2	65
17	+Y	Uniforme	103,8	2	65
18	+Y	Uniforme	-103,8	2	65
19	+Y	Forze statiche	103,8	2	65
20	+Y	Forze statiche	-103,8	2	65
21	-Y	Uniforme	103,8	2	65
22	-Y	Uniforme	-103,8	2	65
23	-Y	Forze statiche	103,8	2	65
24	-Y	Forze statiche	-103,8	2	65

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	2	13
2	+X	Forze statiche	0,0	2	13
3	-X	Uniforme	0,0	2	13
4	-X	Forze statiche	0,0	2	13
5	+Y	Uniforme	0,0	2	13
6	+Y	Forze statiche	0,0	2	13
7	-Y	Uniforme	0,0	2	13
8	-Y	Forze statiche	0,0	2	13
9	+X	Uniforme	67,8	2	13
10	+X	Uniforme	-67,8	2	13
11	+X	Forze statiche	67,8	2	13
12	+X	Forze statiche	-67,8	2	13
13	-X	Uniforme	67,8	2	13
14	-X	Uniforme	-67,8	2	13
15	-X	Forze statiche	67,8	2	13
16	-X	Forze statiche	-67,8	2	13
17	+Y	Uniforme	47,1	2	13
18	+Y	Uniforme	-47,1	2	13
19	+Y	Forze statiche	47,1	2	13
20	+Y	Forze statiche	-47,1	2	13
21	-Y	Uniforme	47,1	2	13
22	-Y	Uniforme	-47,1	2	13
23	-Y	Forze statiche	47,1	2	13
24	-Y	Forze statiche	-47,1	2	13

Tabella 5.9: Riepilogo delle 24 possibili analisi nell'impostazione del software 3Muri©

### 5.3.2.3 Verifiche eseguite

Secondo le indicazioni da normativa sono state eseguite le seguenti verifiche:

#### 5.3.2.3.1 STATO LIMITE ULTIMO (SLV):

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

$D_{\max}$ : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

$D_u$ : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over di un valore pari al 20% di quello massimo.

$$q^* < 3$$

$q^*$ : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistem equivalente

#### 5.3.2.3.2 STATO LIMITE DI DANNO (SLD):

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

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

$D_d$ : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0.003).

#### 5.3.2.3.3 STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO):

$$D_{\max}^{SLO} \leq D_o$$

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

$D_o$ : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0.002).

#### 5.3.2.3.4 O.P.C.M. 3362 dell' 8 luglio 2004:

Questa normativa prescrive il calcolo degli indicatori di rischio.

Il parametro  $(\alpha)_u$  è considerato un indicatore del rischio di collasso, il parametro  $(\alpha)_e$  un indicatore del rischio di inagibilità dell'opera.

Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$PGA_{DS}$ : accelerazione stimata di danno severo

$PGA_{DL}$ : accelerazione stimata di danno lieve

$$(\alpha)_u = PGA_{DS} / PGA$$

$$(\alpha)_e = PGA_{DL} / PGA$$

### 5.3.2.4 Edificio A

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	q* SLC	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	SLV ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,05	1,25	1,97	Si	0,79	0,94	1,97	Si
2	+X	Forze statiche	0,0	1,28	1,37	2,13	Si	0,98	1,02	2,13	Si
3	-X	Uniforme	0,0	1,07	1,26	1,85	Si	0,81	0,94	1,85	Si
4	-X	Forze statiche	0,0	1,30	1,33	1,99	Si	1,00	0,99	1,99	No
5	+Y	Uniforme	0,0	1,22	1,47	1,96	Si	0,93	1,10	1,96	Si
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,58	1,89	2,30	Si	1,22	1,42	2,30	Si
7	-Y	Uniforme	0,0	1,23	1,38	2,04	Si	0,94	1,04	2,04	Si
8	-Y	Forze statiche	0,0	1,55	1,54	2,22	No	1,19	1,15	2,22	No
9	+X	Uniforme	91,8	1,00	1,24	1,95	Si	0,76	0,93	1,95	Si
10	+X	Uniforme	-91,8	1,10	1,23	2,01	Si	0,84	0,92	2,01	Si
11	+X	Forze statiche	91,8	1,24	1,31	2,10	Si	0,95	0,98	2,10	Si
12	+X	Forze statiche	-91,8	1,33	1,41	2,16	Si	1,03	1,06	2,16	Si
13	-X	Uniforme	91,8	1,06	1,24	1,84	Si	0,80	0,93	1,84	Si
14	-X	Uniforme	-91,8	1,09	1,24	1,86	Si	0,82	0,93	1,86	Si
15	-X	Forze statiche	91,8	1,27	1,34	1,97	Si	0,97	1,00	1,97	Si
16	-X	Forze statiche	-91,8	1,33	1,36	2,00	Si	1,02	1,02	2,00	Si
17	+Y	Uniforme	103,8	1,32	1,55	2,01	Si	1,02	1,17	2,01	Si
18	+Y	Uniforme	-103,8	1,16	1,37	1,95	Si	0,88	1,03	1,95	Si
19	+Y	Forze statiche	103,8	1,65	1,99	2,43	Si	1,27	1,49	2,43	Si
20	+Y	Forze statiche	-103,8	1,50	1,84	2,32	Si	1,17	1,38	2,32	Si
21	-Y	Uniforme	103,8	1,32	1,43	2,11	Si	1,02	1,07	2,11	Si
22	-Y	Uniforme	-103,8	1,17	1,35	1,98	Si	0,89	1,01	1,98	Si
23	-Y	Forze statiche	103,8	1,64	1,56	2,28	No	1,26	1,17	2,28	No
24	-Y	Forze statiche	-103,8	1,48	1,61	2,19	Si	1,15	1,21	2,19	Si

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	SLO ver.
1	+X	Uniforme	0,0	0,15	0,66	Si	0,12	0,66	Si
2	+X	Forze statiche	0,0	0,19	0,70	Si	0,15	0,70	Si
3	-X	Uniforme	0,0	0,16	0,54	Si	0,13	0,54	Si
4	-X	Forze statiche	0,0	0,20	0,49	Si	0,16	0,49	Si
5	+Y	Uniforme	0,0	0,19	0,69	Si	0,15	0,69	Si
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,24	0,48	Si	0,19	0,48	Si
7	-Y	Uniforme	0,0	0,19	0,69	Si	0,15	0,69	Si
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,24	1,16	Si	0,19	0,84	Si
9	+X	Uniforme	91,8	0,14	0,68	Si	0,11	0,68	Si
10	+X	Uniforme	-91,8	0,16	0,36	Si	0,12	0,36	Si
11	+X	Forze statiche	91,8	0,18	0,76	Si	0,15	0,76	Si
12	+X	Forze statiche	-91,8	0,20	0,73	Si	0,16	0,73	Si
13	-X	Uniforme	91,8	0,16	0,51	Si	0,13	0,51	Si
14	-X	Uniforme	-91,8	0,16	0,52	Si	0,13	0,52	Si
15	-X	Forze statiche	91,8	0,20	0,50	Si	0,16	0,50	Si
16	-X	Forze statiche	-91,8	0,21	0,49	Si	0,17	0,49	Si
17	+Y	Uniforme	103,8	0,21	0,80	Si	0,17	0,66	Si
18	+Y	Uniforme	-103,8	0,18	0,60	Si	0,14	0,60	Si
19	+Y	Forze statiche	103,8	0,26	0,52	Si	0,20	0,52	Si
20	+Y	Forze statiche	-103,8	0,23	0,95	Si	0,18	0,95	Si
21	-Y	Uniforme	103,8	0,20	0,94	Si	0,16	0,66	Si
22	-Y	Uniforme	-103,8	0,18	1,00	Si	0,14	0,72	Si
23	-Y	Forze statiche	103,8	0,26	1,07	Si	0,21	0,72	Si
24	-Y	Forze statiche	-103,8	0,23	0,97	Si	0,18	0,97	Si

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	$\alpha$ SLC	$\alpha$ SLV	$\alpha$ SLD	$\alpha$ SLO
1	+X	Uniforme	0,0	1,134	1,115	2,113	2,637
2	+X	Forze statiche	0,0	1,049	1,027	1,905	2,378
3	-X	Uniforme	0,0	1,113	1,101	1,872	2,336
4	-X	Forze statiche	0,0	1,013	0,999	1,571	1,961
5	+Y	Uniforme	0,0	1,143	1,118	1,976	2,467
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,150	1,120	1,365	1,704
7	-Y	Uniforme	0,0	1,085	1,063	1,940	2,421
8	-Y	Forze statiche	0,0	0,997	0,979	2,402	2,413
9	+X	Uniforme	91,8	1,158	1,139	2,222	2,773
10	+X	Uniforme	-91,8	1,082	1,066	1,487	1,856
11	+X	Forze statiche	91,8	1,041	1,022	2,052	2,560
12	+X	Forze statiche	-91,8	1,041	1,018	1,909	2,383
13	-X	Uniforme	91,8	1,109	1,097	1,845	2,303
14	-X	Uniforme	-91,8	1,091	1,080	1,822	2,274
15	-X	Forze statiche	91,8	1,035	1,020	1,609	2,009
16	-X	Forze statiche	-91,8	1,017	1,001	1,541	1,923
17	+Y	Uniforme	103,8	1,123	1,096	2,027	2,254
18	+Y	Uniforme	-103,8	1,131	1,109	1,890	2,359
19	+Y	Forze statiche	103,8	1,161	1,127	1,368	1,708
20	+Y	Forze statiche	-103,8	1,166	1,123	2,098	2,619
21	-Y	Uniforme	103,8	1,059	1,035	2,257	2,253
22	-Y	Uniforme	-103,8	1,108	1,087	2,578	2,602
23	-Y	Forze statiche	103,8	0,960	0,946	2,176	2,101
24	-Y	Forze statiche	-103,8	1,064	1,034	2,170	2,709

Tabella 5.10: Riepilogo delle 24 analisi (software 3Muri©), edificio A

La Tabella fornisce il quadro di vulnerabilità del fabbricato ed individua per ogni direzione la condizione più gravosa allo stato limite di collasso, di salvaguardia della vita, di danno e di operatività (celle colorate in giallo).

Di seguito si riportano le curve push-over, relative alle verifiche SLV di cui sopra, interrotte al passo in cui si raggiunge il decadimento complessivo del taglio del 20% nel rispetto dell'impianto di verifica dell'analisi statica non lineare (nella formulazione della normativa) che prescrive il raggiungimento dello stato limite ultimo in corrispondenza del decadimento del taglio alla base al di sotto dell'80% rispetto al taglio massimo riscontrato (ovvero una riduzione del 20%).

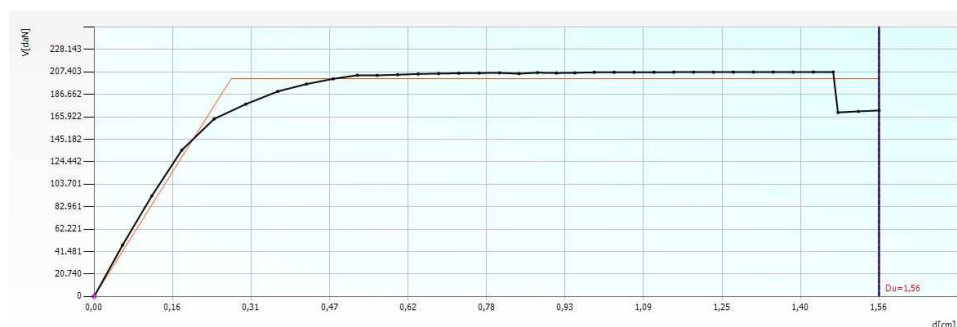


Figura 5.40: Curva di verifica dell'analisi 23, corpo A

Di seguito si riportano i disegni delle pareti murarie significative, dove mediante legenda di colore si identificano gli elementi, setti e fasce, integri o rotti al raggiungimento dello spostamento ultimo per la combinazione di carico n. 23 in direzione Y.

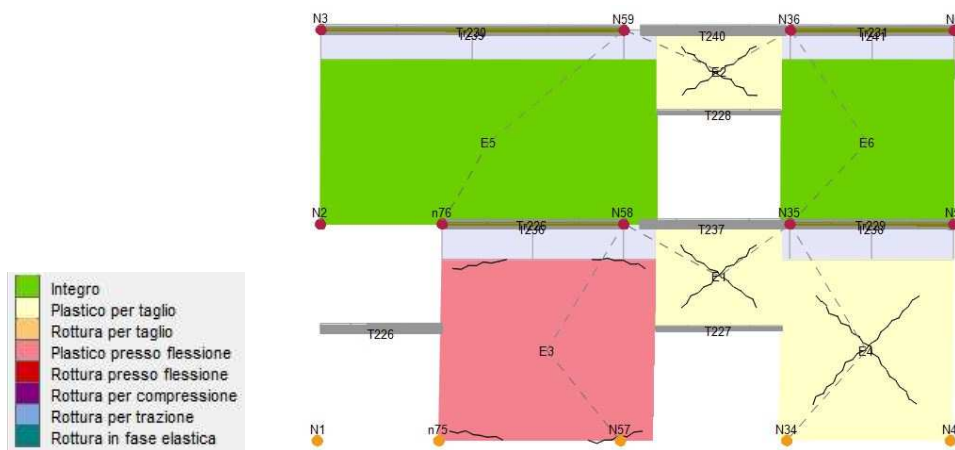


Figura 5.41: parete 1

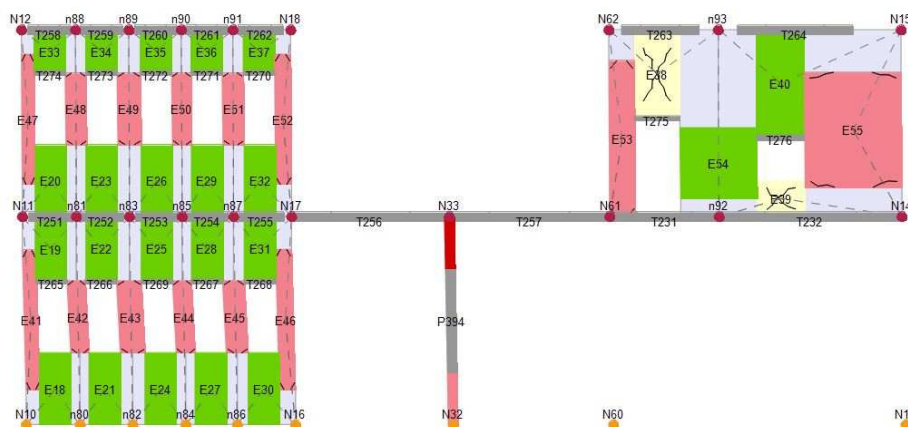


Figura 5.42: parete 3

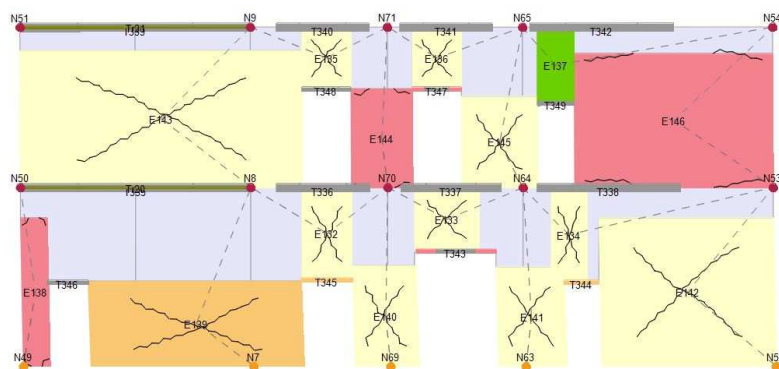


Figura 5.43: parete 10

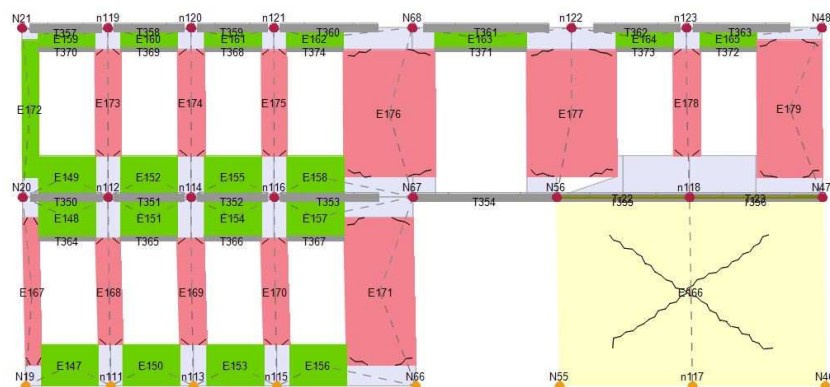


Figura 5.44: parete 11

### 5.3.2.5 Edificio B

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	q* SLC	SLC ver.	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	SLV ver.
1	+X	Uniforme	0,0	1,34	1,78	1,67	Sì	1,02	1,34	1,67	Sì
2	+X	Forze statiche	0,0	1,47	1,88	1,69	Sì	1,13	1,41	1,69	Sì
3	-X	Uniforme	0,0	0,80	1,17	1,26	Sì	0,57	0,88	1,26	Sì
4	-X	Forze statiche	0,0	0,83	1,23	1,23	Sì	0,58	0,92	1,23	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	4,00	3,52	2,80	No	3,23	2,64	2,80	No
6	+Y	Forze statiche	0,0	4,63	4,02	2,96	No	3,77	3,02	2,96	No
7	-Y	Uniforme	0,0	3,14	4,14	3,01	Sì	2,52	3,11	3,01	No
8	-Y	Forze statiche	0,0	4,18	4,83	2,99	Sì	3,38	3,62	2,99	Sì
9	+X	Uniforme	67,8	1,38	1,97	1,65	Sì	1,06	1,47	1,65	Sì
10	+X	Uniforme	-67,8	1,31	1,38	1,76	Sì	1,01	1,03	1,76	Sì
11	+X	Forze statiche	67,8	1,52	2,07	1,67	Sì	1,18	1,55	1,67	Sì
12	+X	Forze statiche	-67,8	1,43	1,42	1,78	No	1,10	1,07	1,78	No
13	-X	Uniforme	67,8	0,76	1,28	1,13	Sì	0,52	0,96	1,13	Sì
14	-X	Uniforme	-67,8	0,85	1,10	1,39	Sì	0,62	0,83	1,39	Sì
15	-X	Forze statiche	67,8	0,78	1,32	1,11	Sì	0,53	0,99	1,11	Sì
16	-X	Forze statiche	-67,8	0,88	1,16	1,36	Sì	0,64	0,87	1,36	Sì
17	+Y	Uniforme	47,1	4,00	3,47	2,79	No	3,23	2,60	2,79	No
18	+Y	Uniforme	-47,1	3,95	3,57	2,82	No	3,19	2,67	2,82	No
19	+Y	Forze statiche	47,1	4,93	4,44	2,87	No	4,02	3,33	2,87	No
20	+Y	Forze statiche	-47,1	4,28	3,88	3,06	No	3,47	2,91	3,06	No
21	-Y	Uniforme	47,1	3,16	4,14	2,98	Sì	2,53	3,10	2,98	Sì
22	-Y	Uniforme	-47,1	3,17	4,11	3,03	Sì	2,54	3,08	3,03	No
23	-Y	Forze statiche	47,1	4,28	4,90	2,95	Sì	3,46	3,67	2,95	Sì
24	-Y	Forze statiche	-47,1	4,16	4,83	3,02	Sì	3,37	3,62	3,02	No

N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	SLO ver.
1	+X	Uniforme	0,0	0,30	1,78	Sì	0,24	1,78	Sì
2	+X	Forze statiche	0,0	0,34	1,36	Sì	0,27	1,36	Sì
3	-X	Uniforme	0,0	0,17	1,17	Sì	0,14	1,17	Sì
4	-X	Forze statiche	0,0	0,19	1,23	Sì	0,15	1,23	Sì
5	+Y	Uniforme	0,0	1,17	2,94	Sì	0,90	1,97	Sì
6	+Y	Forze statiche	0,0	1,45	1,77	Sì	1,13	1,13	Sì
7	-Y	Uniforme	0,0	0,83	2,91	Sì	0,60	1,63	Sì
8	-Y	Forze statiche	0,0	1,25	1,48	Sì	0,96	0,92	Sì
9	+X	Uniforme	67,8	0,32	1,17	Sì	0,25	1,17	Sì
10	+X	Uniforme	-67,8	0,28	1,38	Sì	0,23	1,38	Sì
11	+X	Forze statiche	67,8	0,36	1,08	Sì	0,29	1,08	Sì
12	+X	Forze statiche	-67,8	0,32	1,42	Sì	0,26	1,42	Sì
13	-X	Uniforme	67,8	0,18	1,28	Sì	0,15	1,28	Sì
14	-X	Uniforme	-67,8	0,17	1,10	Sì	0,14	1,10	Sì
15	-X	Forze statiche	67,8	0,19	1,32	Sì	0,15	1,32	Sì
16	-X	Forze statiche	-67,8	0,19	1,16	Sì	0,15	1,16	Sì
17	+Y	Uniforme	47,1	1,17	2,94	Sì	0,90	1,97	Sì
18	+Y	Uniforme	-47,1	1,15	2,95	Sì	0,88	1,98	Sì
19	+Y	Forze statiche	47,1	1,58	1,77	Sì	1,25	1,09	Sì
20	+Y	Forze statiche	-47,1	1,30	1,78	Sì	1,00	1,13	Sì
21	-Y	Uniforme	47,1	0,84	2,87	Sì	0,60	1,63	Sì
22	-Y	Uniforme	-47,1	0,84	2,96	Sì	0,61	1,68	Sì
23	-Y	Forze statiche	47,1	1,29	1,47	Sì	0,99	0,91	Sì
24	-Y	Forze statiche	-47,1	1,24	1,48	Sì	0,95	0,92	Sì



N.	Dir. sisma	Car. sismico prop.	Ecc. [cm]	$\alpha$ SLC	$\alpha$ SLV	$\alpha$ SLD	$\alpha$ SLO
1	+X	Uniforme	0,0	1,244	1,211	3,705	4,624
2	+X	Forze statiche	0,0	1,211	1,175	2,796	3,490
3	-X	Uniforme	0,0	1,262	1,273	3,730	4,655
4	-X	Forze statiche	0,0	1,279	1,287	3,777	4,714
5	+Y	Uniforme	0,0	0,889	0,833	2,256	1,961
6	+Y	Forze statiche	0,0	0,875	0,811	1,206	0,997
7	-Y	Uniforme	0,0	1,110	0,998	2,379	2,118
8	-Y	Forze statiche	0,0	1,117	1,004	1,155	0,957
9	+X	Uniforme	67,8	1,311	1,271	2,604	3,250
10	+X	Uniforme	-67,8	1,035	1,017	3,070	3,832
11	+X	Forze statiche	67,8	1,272	1,229	2,275	2,839
12	+X	Forze statiche	-67,8	0,998	0,979	2,961	3,696
13	-X	Uniforme	67,8	1,365	1,377	4,028	5,027
14	-X	Uniforme	-67,8	1,178	1,184	3,483	4,347
15	-X	Forze statiche	67,8	1,371	1,383	4,044	5,048
16	-X	Forze statiche	-67,8	1,195	1,200	3,533	4,410
17	+Y	Uniforme	47,1	0,878	0,823	2,253	1,958
18	+Y	Uniforme	-47,1	0,910	0,853	2,285	1,988
19	+Y	Forze statiche	47,1	0,905	0,835	1,112	0,866
20	+Y	Forze statiche	-47,1	0,913	0,850	1,323	1,111
21	-Y	Uniforme	47,1	1,119	1,006	2,398	2,102
22	-Y	Uniforme	-47,1	1,103	0,992	2,365	2,148
23	-Y	Forze statiche	47,1	1,130	1,016	1,122	0,918
24	-Y	Forze statiche	-47,1	1,104	0,993	1,164	0,970

Tabella 5.11: Riepilogo delle 24 analisi (software 3Muri©), edificio B

La Tabella fornisce il quadro di vulnerabilità del fabbricato ed individua per ogni direzione la condizione più gravosa allo stato limite di collasso, di salvaguardia della vita, di danno e di operatività (celle colorate in giallo).

Di seguito si riportano le curve push-over, relative alle verifiche SLV di cui sopra, interrotte al passo in cui si raggiunge il decadimento complessivo del taglio del 20% nel rispetto dell'impianto di verifica dell'analisi statica non lineare (nella formulazione della normativa) che prescrive il raggiungimento dello stato limite ultimo in corrispondenza del decadimento del taglio alla base al di sotto dell'80% rispetto al taglio massimo riscontrato (ovvero una riduzione del 20%).

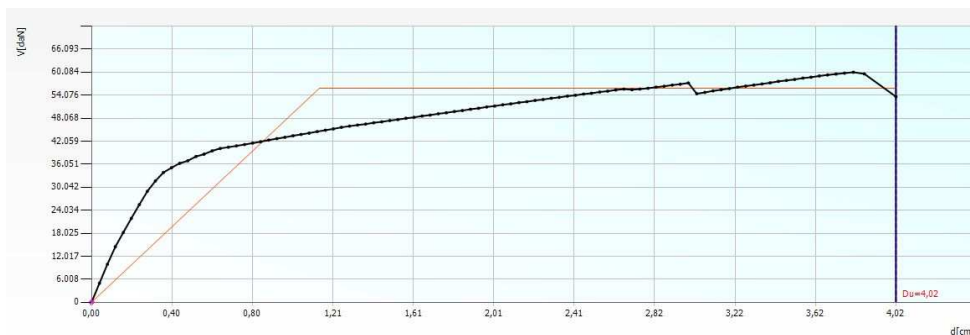


Figura 5.45: Curva di verifica dell'analisi 6, corpo B



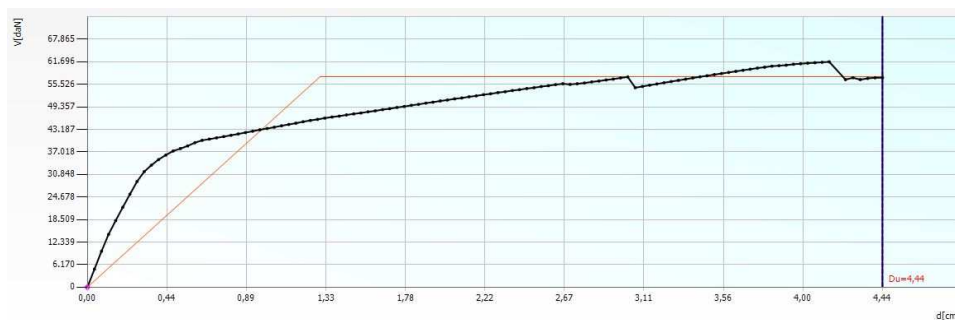


Figura 5.46: Curva di verifica dell'analisi 19, corpo B

Di seguito si riportano i disegni delle pareti murarie significative, dove mediante legenda di colore si identificano gli elementi, setti e fasce, integri o rotti al raggiungimento dello spostamento ultimo per la combinazione di carico n. 6 in direzione Y.

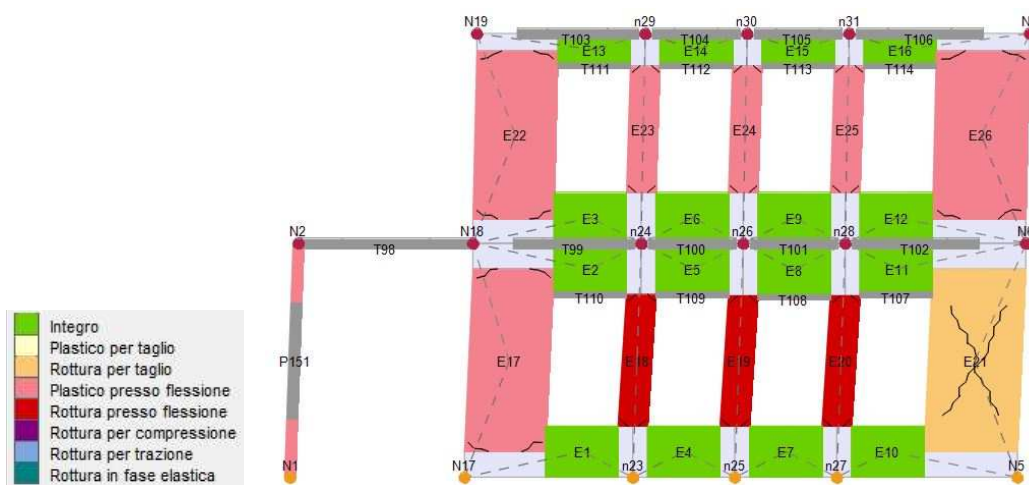


Figura 5.47: parete 1

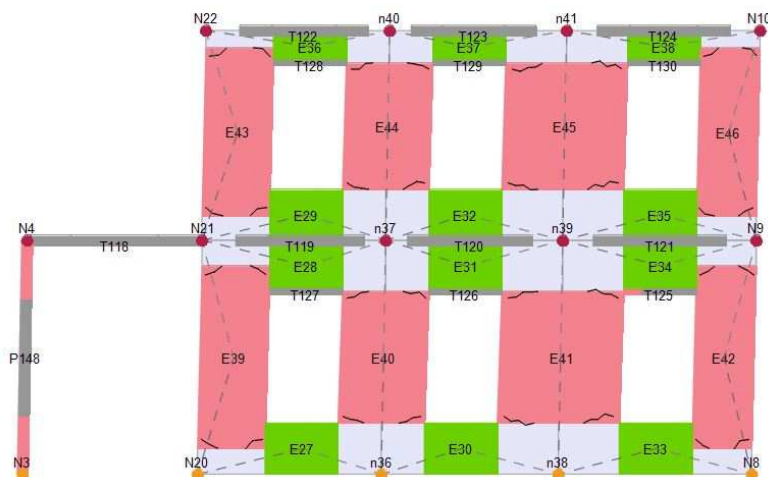


Figura 5.48: parete 3

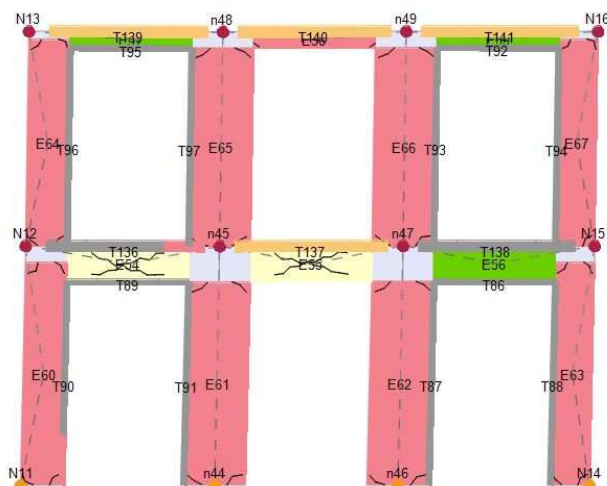


Figura 5.49: parete 5

Di seguito si riportano i disegni delle pareti murarie significative, dove mediante legenda di colore si identificano gli elementi, setti e fasce, integri o rotti al raggiungimento dello spostamento ultimo per la combinazione di carico n. 12 in direzione X.

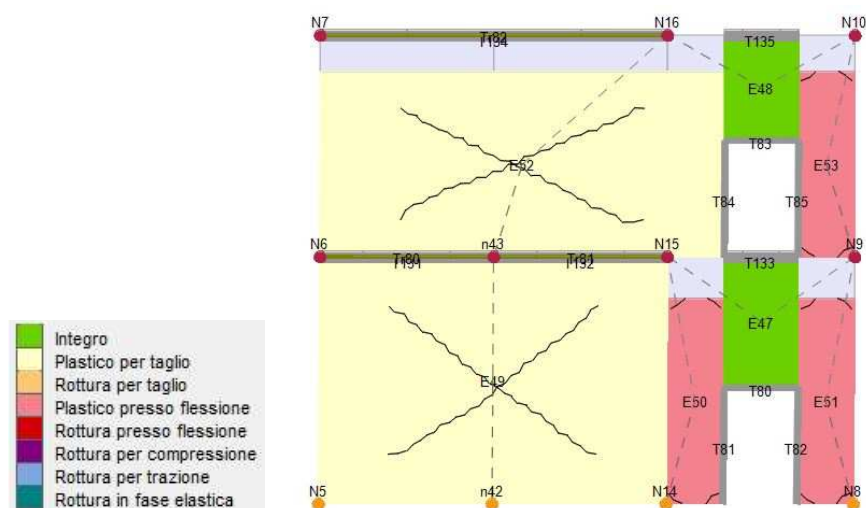


Figura 5.50: parete 4

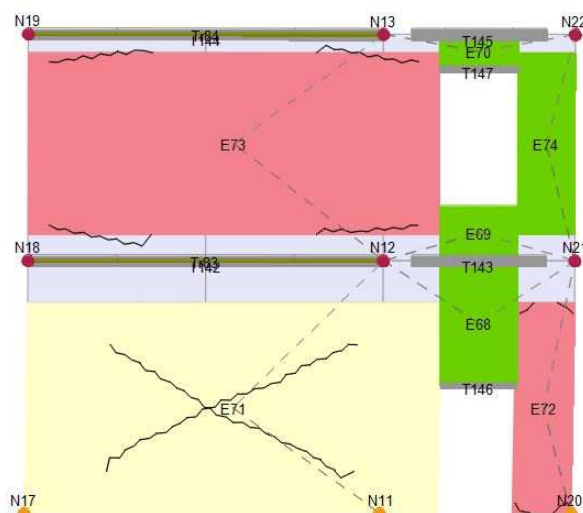


Figura 5.51: parete 6

### 5.3.3 Verifica del telaio metallico di cerchiatura

Ulteriori interventi previsti sono la realizzazione di cerchiature mediante profili metallici di aperture già esistenti valutate come le più critiche per la struttura, ed in particolare sei cerchiature nel corpo B: questo per ripristinare la rigidezza della muratura portante in assenza di apertura. Come evidenziato al Capitolo 1.4 si realizzano due tipologie di cerchiatura: una in corrispondenza del maschio murario in blocchi Poroton di nuova realizzazione (tipo 2) ed in corrispondenza delle aperture del muro intermedio (tipo 1).



Figura 5.52: Realizzazione cerchiature di pareti murarie mediante profili metallici

Il telaio metallico, i relativi collegamenti e l'architrave devono essere verificati agli SLU e SLE rispetto a quanto previsto dalle NTC'18. In sintesi, le verifiche da effettuare sono le seguenti:

- Resistenza delle membrature;
- Deformabilità del traverso;
- Collegamento saldato tra piedritto e traverso inferiore e superiore;

Lo schema delle cerchiature segue la seguente figura.

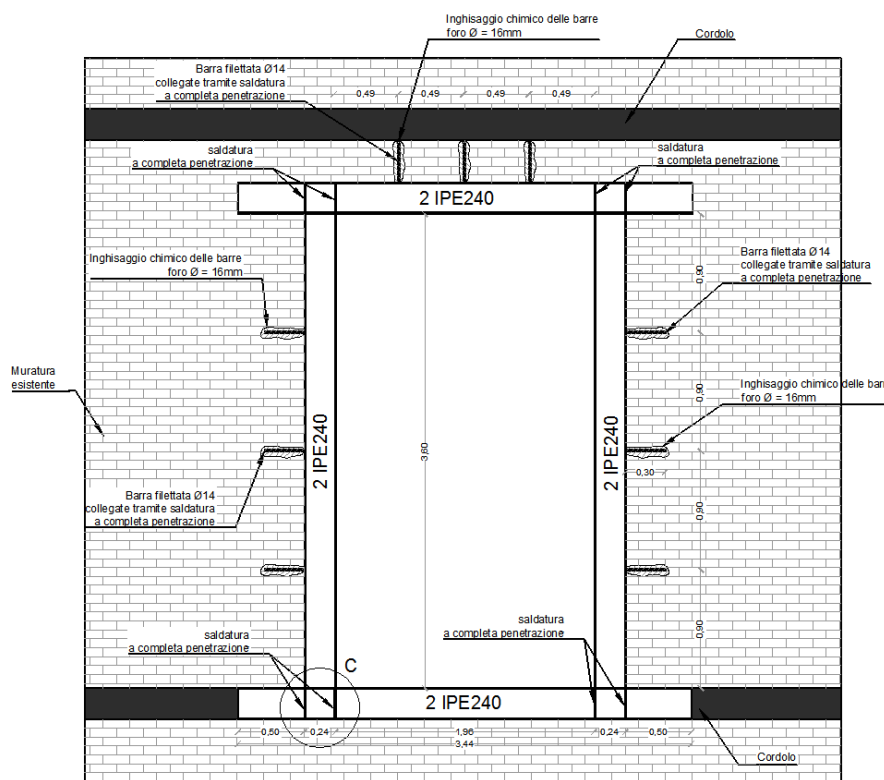


Figura 5.53: Rappresentazione cerchiature dei maschi murari

### 5.3.3.1 Dimensionamento telaio metallico

Per garantire ad apertura effettuata il ripristino della funzionalità statica della parete rispetto alla configurazione precedente, si può dunque perseguire l'equivalenza meccanica fra il telaio inserito e la parte di muratura eliminata.

Sotto l'azione di una data forza orizzontale, si impone che i due sistemi presentino lo stesso spostamento: ne deriva una uguaglianza fra la rigidezza alla traslazione del telaio (pari alla sommatoria delle rigidezze dei piedritti che lo costituiscono) e quella della muratura eliminata.

La relazione di equivalenza fra le rigidezze alla traslazione è:

$$(GA) / (h [1.2 + 2/n * (h/b)^2]) = 12 E \sum J / H^3$$

dove:

$G$  = modulo di elasticità tangenziale della muratura, come indicato dalla Circ.Min.LL.PP. n.21745 del 30.7.1981; nella formula viene anche utilizzata, per la muratura, la relazione:  $E = 6 G$ ;

$A$  = area della sezione trasversale della muratura =  $b*s$ , con  $b$ =base e  $s$ =spessore;

$h$  = altezza di calcolo della parete muraria, pari - come suddetto - all'altezza netta del vano opportunamente incrementata;

$n$  = variabile da 3 a 12, a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria (struttura sovrastante il vano). I valori estremi sono:  $n=12$  nel caso di incastro scorrevole (ipotesi di struttura sovrastante rigida, con rotazione impedita);  $n=3$  nel caso di mensola (struttura sovrastante flessibile, come ad esempio nel caso di pareti poste all'ultimo piano dell'edificio con copertura sovrastante in legno);

$12$  = coefficiente corrispondente alla sommità dei piedritti: si ipotizza sempre che questa trasli rigidamente, in virtù della connessione fra le aste del telaio e fra questo e la muratura adiacente;

$E$  = modulo di elasticità del materiale costituente il telaio (acciaio o c.a.);

$H$  = altezza di calcolo dei piedritti, pari all'altezza netta del vano;

$\sum J$  = sommatoria dei momenti d'inerzia di tutti i piedritti del telaio.

Nel calcolo di progettazione, dalla relazione di uguaglianza si ricava  $\sum J$ , dimensionando così la sezione del piedritto.

Cerchiatura Tipo	h [m]	b [m]	s [m]	H [m]	n	$\sum J_{\min}$ [cm <sup>4</sup> ]	Profilo scelto	$\sum J$ [cm <sup>4</sup> ]
1	3.96	2.691	0.28	3.6	12	5642.1	2IPE240	7784
2	2.255	1.495	0.28	2.05	12	1004.66	2IPE240	7784

Tabella 5.12: Tabella dimensionamento Cerchiature

### 5.3.3.2 Verifiche di resistenza del telaio metallico

#### • Verifica a Pressoflessione Biassiale per Cerchiatura Tipo 1

Verifica a presso-flessione biassiale (n < 0,20 e per sezioni generiche di classe 1 e 2)							
(My,Ed/MN,y,Rd)+(Mz,Ed/MN,z,Rd)<1				0.79	Verificato		
		dove:					
		My,Ed		27.63	kNm	momento agente sul piano dell'anima	
		MN,y,Rd=Mpl,y,Rd*((1-n)/(1-0,5a))		164.10	kNm	momento resistente sul piano dell'anima	
		MN,z,Rd=Mpl,z,Rd*((1-n)/(1-0,5a))		41.07	kNm	momento resistente sul piano delle ali (n<a)	
		Mz,Ed		25.65	kNm	momento agente sul piano delle ali	
		n=Ned/Npl,Rd		0.01			
		Np,Ird=(A*fyk)/λm0		1750.19	kN		
		A		78.20	cmq		
		fyk		235	Mpa		
		a=(A-(2*b*tf))/A		0.40			
		γm0		1.05	adim.		
		b		240	mm	base del profilato	
		Wply		733.2	cmc		
		Wplz		147.84	cmc		
		tf		9.8	mm	spessore delle ali	
		Ned		10.7	kN	Sforzo normale agente	

#### • Verifica a Pressoflessione Biassiale per Cerchiatura Tipo 2

Verifica a presso-flessione biassiale (n < 0,20 e per sezioni generiche di classe 1 e 2)							
(My,Ed/MN,y,Rd)+(Mz,Ed/MN,z,Rd)<1				0.87	Verificato		
		dove:					
		My,Ed		99.9	kNm	momento agente sul piano dell'anima	
		MN,y,Rd=Mpl,y,Rd*((1-n)/(1-0,5a))		164.10	kNm	momento resistente sul piano dell'anima	
		MN,z,Rd=Mpl,z,Rd*((1-n)/(1-0,5a))		41.08	kNm	momento resistente sul piano delle ali (n<a)	
		Mz,Ed		10.56	kNm	momento agente sul piano delle ali	
		n=Ned/Npl,Rd		0.01			
		Np,Ird=(A*fyk)/λm0		1750.19	kN		
		A		78.20	cmq		
		fyk		235	Mpa		
		a=(A-(2*b*tf))/A		0.40			
		γm0		1.05	adim.		
		b		240	mm	base del profilato	
		Wply		733.2	cmc		
		Wplz		147.84	cmc		
		tf		9.8	mm	spessore delle ali	
		Ned		10.2	kN	Sforzo normale agente	

- **Verifica a Taglio dei piedritti per Cerchiatura Tipo 1**

Verifica a taglio dei piedritti									
VEd/VRd<1			0.27	Verificato					
dove:									
VEd			37.5	kN	taglio sollecitante				
VRd=fyk,rid Av / (γM0 √3)			137.49	kN	taglio resistente ridotto				
fyk,rid=fyk (1- ρ)			71.88	MPa					
$\rho=(2VEd / Vc,Rd - 1)^2$			0.69						
VRd=fy Av / (γM0 √3)			449.51	kN	taglio resistente				
A			7828.00	mmq					
fyk			235	Mpa					
Av=A-2 b tf + (tw + 2 r ) tf			3478.76	mmq					
γM0			1.05						
b			240	mm	base del profilato				
tw			6.2	mm	spessore delle anima				
tf			9.8	mm	spessore delle ali				
r			15	mm					

- **Verifica a Taglio dei piedritti per Cerchiatura Tipo 2**

Verifica a taglio dei piedritti									
VEd/VRd<1			0.29	Verificato					
dove:									
VEd			58.7	kN	taglio sollecitante				
VRd=fyk,rid Av / (γM0 √3)			204.14	kN	taglio resistente ridotto				
fyk,rid=fyk (1- ρ)			106.72	MPa					
$\rho=(2VEd / Vc,Rd - 1)^2$			0.55						
VRd=fy Av / (γM0 √3)			449.51	kN	taglio resistente				
A			7828.00	mmq					
fyk			235	Mpa					
Av=A-2 b tf + (tw + 2 r ) tf			3478.76	mmq					
γM0			1.05						
b			240	mm	base del profilato				
tw			6.2	mm	spessore delle anima				
tf			9.8	mm	spessore delle ali				
r			15	mm					

### 5.3.3.3 Verifiche di deformabilità del traverso

- **Verifica di deformabilità del traverso per Cerchiatura Tipo 1**

Verifica a deformabilità del traverso									
f/fmax<1			0.23	Verificato					
dove:									
$f= 5 p l^2 / ( 384 E J )$			1.13	mm	freccia di calcolo				
fmax = l/400			5.00	mm	Freccia massima				
p			89.00	kN/m	Carico agente sul traverso				
l			2.00	m	Lunghezza traverso				
E			210000.00	MPa	Modulo elastico acciaio				
J			7784.00	cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia della sezione				

- **Verifica di deformabilità del traverso per Cerchiatura Tipo 2**

Verifica a deformabilità del traverso					
f/f <sub>max</sub> <1			0.26	Verificato	
		dove:			
		$f = 5 p l^2 / (384 E J)$	1.31	mm	freccia di calcolo
		$f_{max} = l/400$	5.00	mm	Freccia massima
		p	102.60	kN/m	Carico agente sul traverso
		l	2.00	m	Lunghezza traverso
		E	210000.00	MPa	Modulo elastico acciaio
		J	7784.00	cm <sup>4</sup>	Momento di inerzia della sezione

### 5.3.3.4 Verifica saldatura di collegamento

La verifica della saldatura segue il seguente schema:

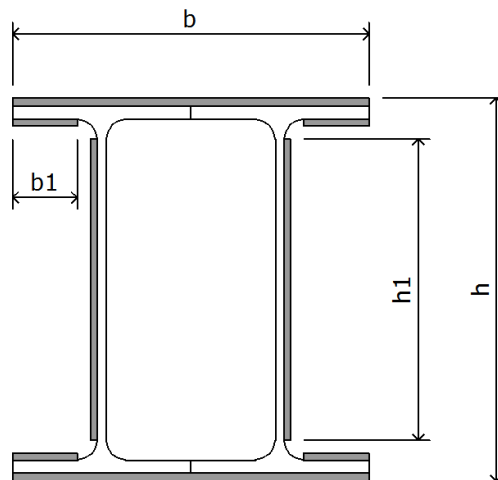


Figura 5.54: Schema della saldatura

- **Verifica cordone di saldatura per Cerchiatura Tipo 1**

Verifica Saldatura di collegamento tra profili					
$\sqrt{(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} < \beta_1 f_{yk}$	ala	88.58	Verificato	$\sqrt{(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} < \beta_1 f_{yk}$	anima
$ n_{\perp}  +  t_{\perp}  < \beta_2 f_{yk}$	ala	88.58	Verificato	$ n_{\perp}  +  t_{\perp}  < \beta_2 f_{yk}$	anima
	dove:				
		Med,y	27.63	kNm	
		Med,z	25.65	kNm	
		Ved	37.5	kN	
		$n_{\perp} = Med,y / W_y + Med,z / W_z$	102.41	MPa	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone d'anima
		$n_{\perp} = Med,y (h_1/2) / J_y + Med,z (b/2) / J_z$	88.58	MPa	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone d'ala
		$t_{\perp}$	0.00	MPa	tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone
		$\tau_{//}$	0.00	MPa	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone d'ala
		$\tau_{//} = Ved Sr / (J_y 2 a)$	0.01	MPa	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone d'anima
		Jy	61545205.28	cm <sup>4</sup>	momento di inerzia della saldatura attorno asse y
		Jz	67147500.81	cm <sup>4</sup>	momento di inerzia della saldatura attorno asse z
		Wy	488454.01	cm <sup>3</sup>	momento di resistenza della saldatura attorno asse y
		Wz	559562.51	cm <sup>3</sup>	momento di resistenza della saldatura attorno asse z
		Sr	202912.32	cm <sup>3</sup>	momento statico della saldatura rispetto ad una corda r
		h	240.00	mm	
		b	240.00	mm	
		h1	190.40	mm	
		b1	40.10	mm	
		a	6.00	mm	altezza di gola del cordone della saldatura

- **Verifica cordone di saldatura per Cerchiatura Tipo 2**

Verifica Saldatura di collegamento tra profili							
$\sqrt{(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} < \beta_1 f_{yk}$	ala	147.99	Verificato	$\sqrt{(n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} < \beta_1 f_{yk}$	anima	192.05	Verificato
$ n_{\perp}  +  t_{\perp}  < \beta_2 f_{yk}$	ala	147.99	Verificato	$ n_{\perp}  +  t_{\perp}  < \beta_2 f_{yk}$	anima	192.07	Verificato
dove:							
	Med,y	99.9	kNm				
	Med,z	10.56	kNm				
	Ved	58.7	kN				
$n_{\perp} = \text{Med,y} / W_y + \text{Med,z} / W_z$		192.05	MPa	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone d'anima			
$t_{\perp} = \text{Med,y} (h_1 / 2) / J_y + \text{Med,z} (b / 2) / J_z$		147.99	MPa	tensione normale perpendicolare all'asse del cordone d'ala			
$\tau_{\perp}$		0.00	MPa	tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone			
$\tau_{//}$		0.00	MPa	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone d'ala			
$\tau_{//} = \text{Ved} S_r / (J_y 2 a)$		0.01	MPa	tensione tangenziale parallela all'asse del cordone d'anima			
$J_y$		72101632.40	cm <sup>4</sup>	momento di inerzia della saldatura attorno asse y			
$J_z$		78756510.94	cm <sup>4</sup>	momento di inerzia della saldatura attorno asse z			
$W_y$		567729.39	cm <sup>3</sup>	momento di resistenza della saldatura attorno asse y			
$W_z$		656304.26	cm <sup>3</sup>	momento di resistenza della saldatura attorno asse z			
$S_r$		237430.69	cm <sup>3</sup>	momento statico della saldatura rispetto ad una corda r			
$h$		240.00	mm				
$b$		240.00	mm				
$h_1$		190.40	mm				
$b_1$		40.10	mm				
$a$		7.00	mm	altezza di gola del cordone della saldatura			

### 5.3.3.5 Verifica Collegamento Cerchiatura struttura esistente

- **Verifica collegamento Cerchiatura Tipo 1 struttura esistente**

Verifica taglio barre di collegamento							
$PR_d = (0,8 * f_t ((\sum d^2) / 4)) / \gamma_v$		53.17	kN	resistenza a taglio barra			
dove:							
$\gamma_v$	1.25	adim.	fattore di sicurezza definito al punto 4.3.3. del DM 14 Gennaio 2008				
$f_t$	540	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a rottura dell'acciaio della barra di ancoraggio				
$d$	14	mm	diametro barra				
$n$	3		numero barre di collegamento				
Verifica							
$PR_d$			159.52	kN	resistenza a taglio di progetto		
$V_{ed}$			37.5	kN	taglio agente sulla singola barra		
$V_{ed} < PR_d$			Verificata				

- **Verifica collegamento Cerchiatura Tipo 2 struttura esistente**

Verifica taglio barre di collegamento							
$PR_d = (0,8 * f_t ((\sum d^2) / 4)) / \gamma_v$		53.17	kN	resistenza a taglio barra			
dove:							
$\gamma_v$	1.25	adim.	fattore di sicurezza definito al punto 4.3.3. del DM 14 Gennaio 2008				
$f_t$	540	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a rottura dell'acciaio della barra di ancoraggio				
$d$	14	mm	diametro barra				
$n$	3		numero barre di collegamento				
Verifica							
$PR_d$			159.52	kN	resistenza a taglio di progetto		
$V_{ed}$			58.7	kN	taglio agente sulla singola barra		
$V_{ed} < PR_d$			Verificata				



## 6 CORPI IN CA

Per quanto riguarda i corpi in cemento armato realizzati in epoca successiva rispetto al corpo in muratura, l'aspetto critico risulta essere il corpo aula magna e mensa, il quale presenta carenze dal punto di vista statico degli elementi in cemento armato evidenziate a seguito dello svolgimento delle verifiche di vulnerabilità. Si è optato perciò di intervenire rinforzando travi e pilastri mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato al fine di aumentare la resistenza della sezione a taglio, a flessione ed a pressoflessione. Si è inoltre predisposto il rinforzo dei nodi trave-pilastro per il corpo aula magna e mensa e quello corrispondente al corpo aule posteriori con l'obiettivo di aumentare la capacità in termini di accelerazione al suolo per la citata tipologia di rottura. Viene così raggiunto un adeguamento statico globale del complesso scolastico associato ad un miglioramento delle prestazioni per le azioni sismiche attese nella zona. Nella figura seguente si evidenziano gli elementi oggetto dell'intervento.

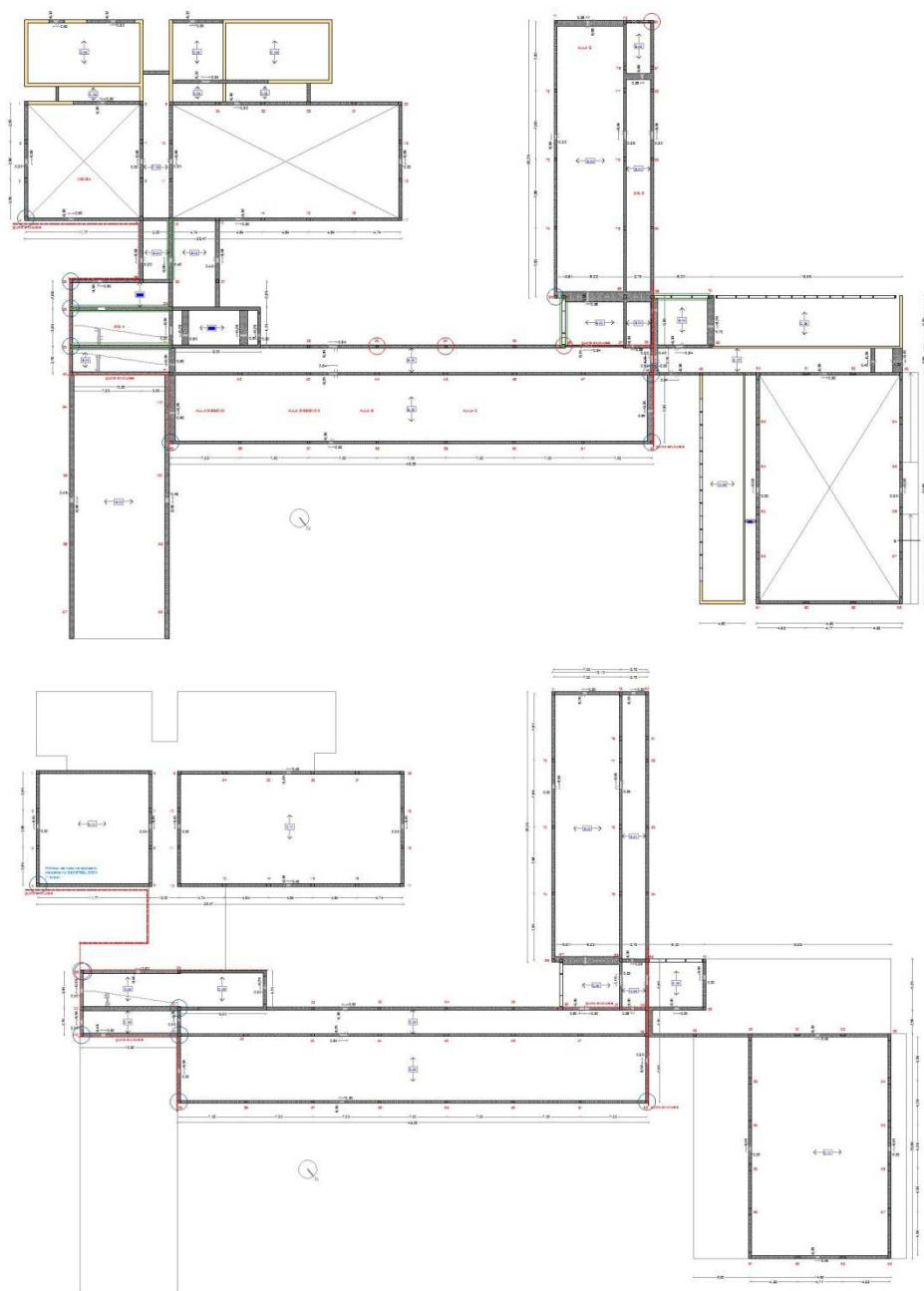


Figura 6.1: Individuazione degli elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato

A seguito della verifica di vulnerabilità sismica dei corpi dell'edificio scolastico, era stato individuato come ulteriore elemento critico la rampa a sbalzo in calcestruzzo presente per l'accesso alla palestra: in particolare la verifica a taglio torsione della trave che sorregge l'intera rampa non soddisfaceva la verifica. Si prevede perciò l'intervento su questo elemento, con demolizione del parapetto in cemento armato e sostituzione con un nuovo elemento più leggero.

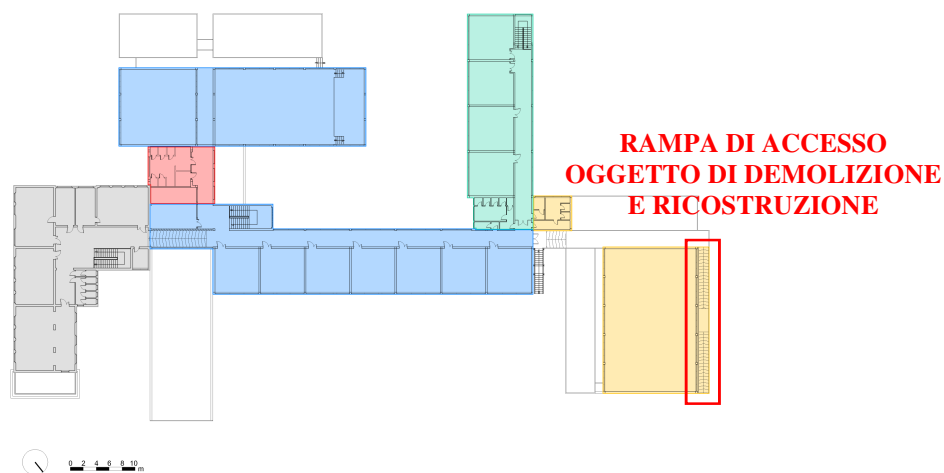


Figura 6.2: Zona di realizzazione del nuovo parapetto per la rampa di accesso alla palestra

## 6.1 Descrizione del sistema di rinforzo in composti fibrorinforzati in acciaio

Il sistema di rinforzo utilizzato nella progettazione dell'intervento riguarda l'utilizzo di composti fibrorinforzati in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza. Il tessuto ha uno sviluppo unidirezionale delle fibre formate da micro-trefoli di acciaio galvanizzati ad altissima resistenza, fissati su microrete in fibra di vetro che ne facilita le fasi d'installazione grazie anche all'utilizzo di una matrice con opportune caratteristiche che ne garantisce il fissaggio. Come descritto in precedenza si rinforzano mediante la tecnica citata pilastri, travi e nodi in cemento armato come illustrato nella figura seguente.

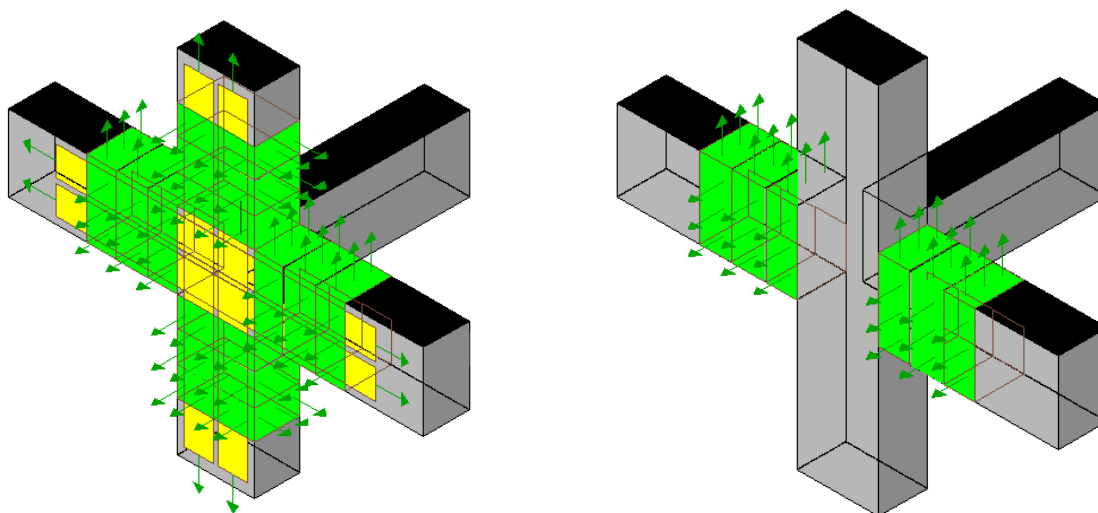


Figura 6.3: Rinforzo mediante composti fibrorinforzati in acciaio (giallo e verde) di nodi e travi a taglio

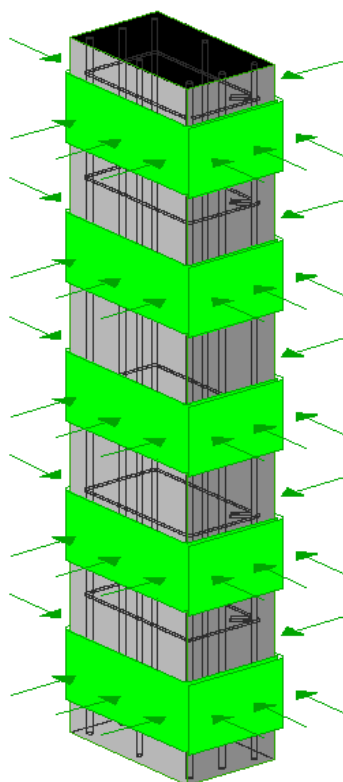


Figura 6.4: Rinforzo mediante compositi fibrorinforzati in acciaio (verde) di pilastri a taglio

Le caratteristiche meccaniche del rinforzo utilizzato sono le seguenti:

	Caratteristica		Valore
filo	tensione caratteristica a trazione	$\sigma_{\text{filo}}$	> 2900 MPa
	modulo elastico	$E_{\text{filo}}$	> 205 Gpa
	area	$A_{\text{filo}}$	0.1076 mm <sup>2</sup>
trefolo	area effettiva trefolo (5 fili)	$A_{\text{trefolo}}$	0.538 mm <sup>2</sup>
	carico di rottura a trazione del trefolo	$\sigma_{\text{trefolo}}$	> 1500 N
	resistenza a trazione per unità di larghezza del nastro	$\sigma_{\text{nastro}}$	> 10.67 kN/cm
	modulo di elasticità normale del nastro	$E_{\text{nastro}}$	> 190 Gpa
	deformazione a rottura del nastro	$\varepsilon_{\text{nastro}}$	> 2%
Sistema FRP	spessore equivalente del nastro secco	$t_f$	0.381
	resistenza a trazione	$\sigma_{\text{SRP}}$	3400 MPa
	modulo elastico	$E_{\text{SRP}}$	190 Gpa
	allungamento a rottura	$\varepsilon_{\text{SRP}}$	2.3 ± 0.1 %

Tabella 6.1: Caratteristiche meccaniche del rinforzo utilizzato

## 6.2 Modellazione della struttura

Gli edifici oggetto di studio sono stati modellati adottando l'approccio agli elementi finiti e impiegando il codice di calcolo strutturale PRO\_SAP versione 11.6.1 distribuito da 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., per eseguire un'analisi sismica di tipo **dinamica lineare**.

### 6.2.1 Suddivisione dell'edificio in modelli separati

L'edificio scolastico fu concepito come un insieme di corpi realizzati in calcestruzzo armato e muratura.

#### 6.2.1.1 Corpo aula magna e mensa

Il corpo ospitante la mensa e l'aula magna si compone di un edificio in calcestruzzo armato di due piani fuori terra, in parte realizzato a doppio volume, e di due edifici in muratura di mattoni pieni di un solo piano fuori terra, collegati tra loro mediante solai latero-cementizi flessibili.

Nelle immagini a seguire, si evidenzia con dei colori la complessità della distribuzione delle strutture portanti, unite tra loro da travi e solai. In viola l'edificio in calcestruzzo armato in parte a doppio volume, in rosso gli edifici in muratura.

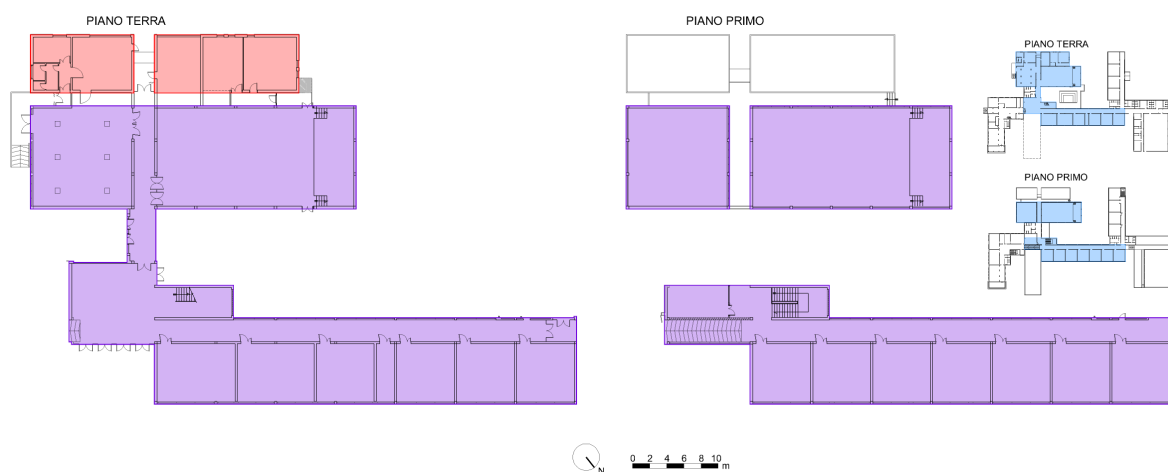


Figura 6.5: Distribuzione delle aree afferenti a diverse tipologie strutturali, e localizzazione del corpo nel complesso degli edifici

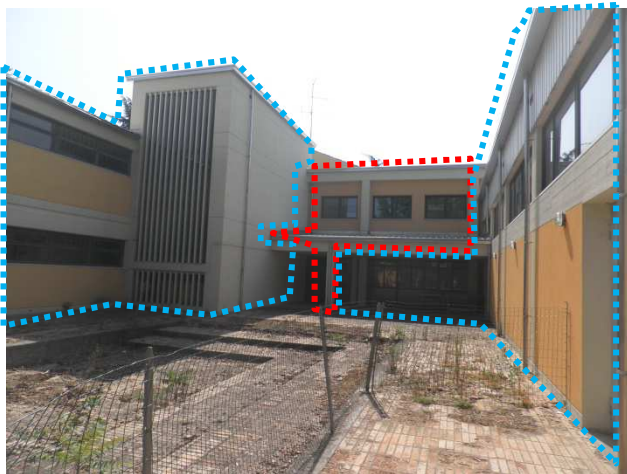


Figura 6.6: vista della scala, del corpo aule e del corpo servizi

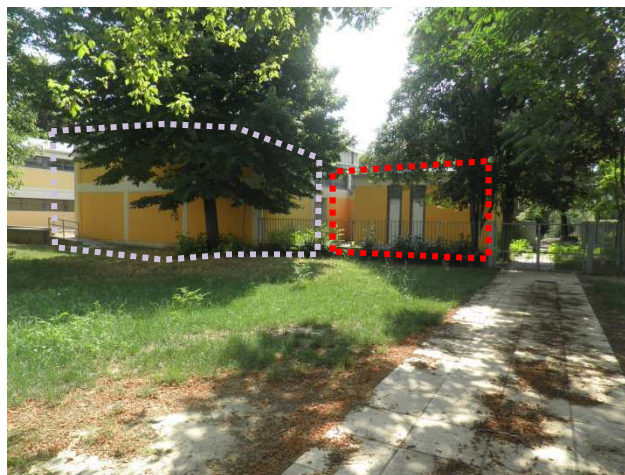


Figura 6.7: vista esterna dei corpi in c.a. e in muratura



Figura 6.8: aula magna



Figura 6.9: mensa

L'edificio è separato dagli altri corpi mediante dei giunti strutturali, localizzati come da piante a seguire.

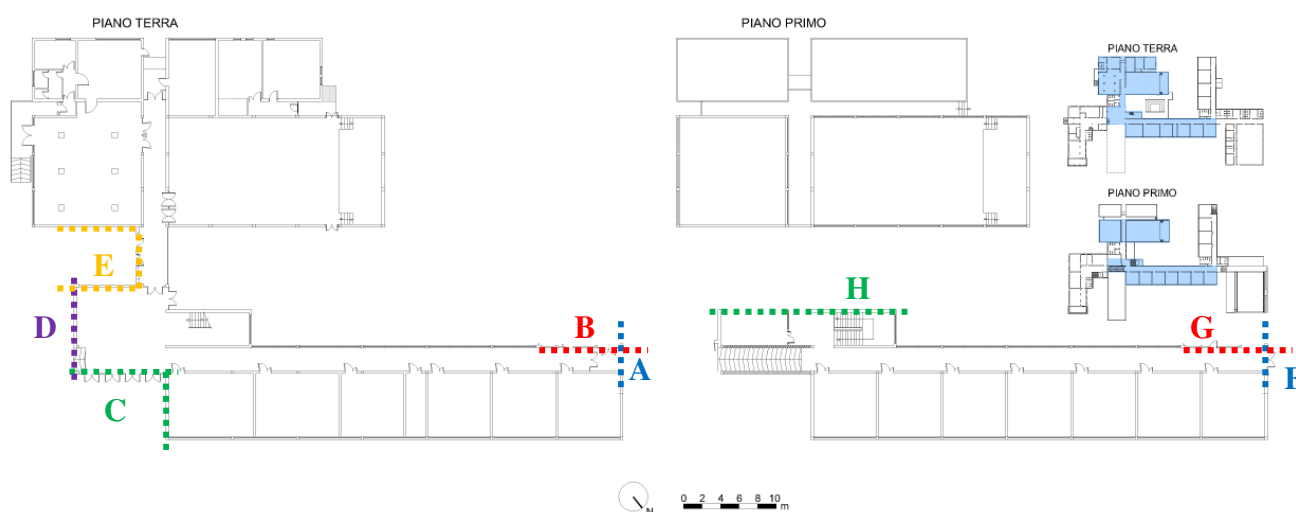


Figura 6.10: localizzazione dei giunti strutturali del corpo aula magna e mensa e del corpo nel complesso di edifici

I giunti A, B, F, G e H separano il corpo in esame dai due corpi precedentemente elencati: il giunto A corrisponde al B del corpo Palestra, il giunto F al E della Palestra, B e G ai giunti del corpo Aule Posteriori. I giunti C ed E sono realizzati come fisica separazione tra strutture indipendenti, mentre il giunto D separa il nucleo originario in muratura dal corpo in esame. In occasione della realizzazione dell'ampliamento del 1976, si decise di rendere strutturalmente indipendente il nuovo fabbricato rispetto al vecchio, rinforzato a livello delle fondazione con strutture palificate.



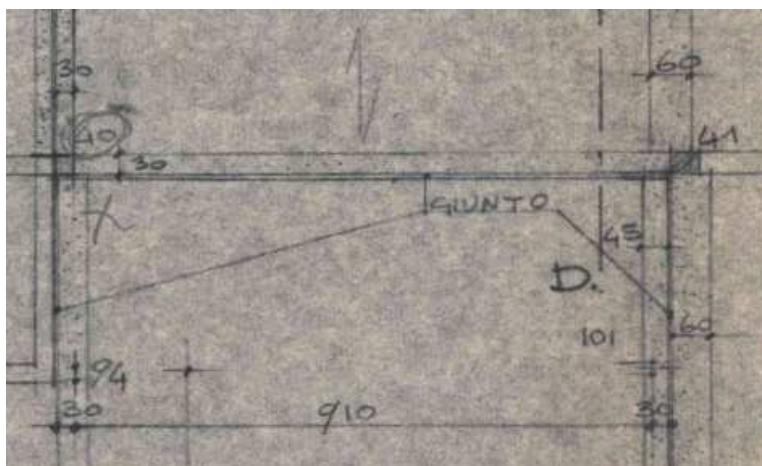


Figura 6.11: Giunto C: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 6, particolare



Figura 6.12: Giunto D



Figura 6.13: Giunto E



Figura 6.14: Giunto H (corridoio)



Figura 6.15: Giunto H (aula)

La modellazione agli elementi finiti realizzata con il software PRO\_SAP si attua scomponendo l'edificio in oggetti cui associare materiali, caratteristiche geometriche, posizione, ruolo strutturale. In tal senso, si è scelto di associare elementi tipo *beam* (D2 monodimensionali) alle strutture snelle (travi e pilastri), ed elementi tipo *shell* (D3 bidimensionali) ai setti. Nelle figure sottostanti si distinguono per colore gli elementi pilastro (arancio) e le travi (azzurro) in calcestruzzo armato, i setti murari (viola), i setti in calcestruzzo (giallo) e le travi in calcestruzzo su cui permangono dubbi poiché non incluse nel progetto del 1976 (nero).

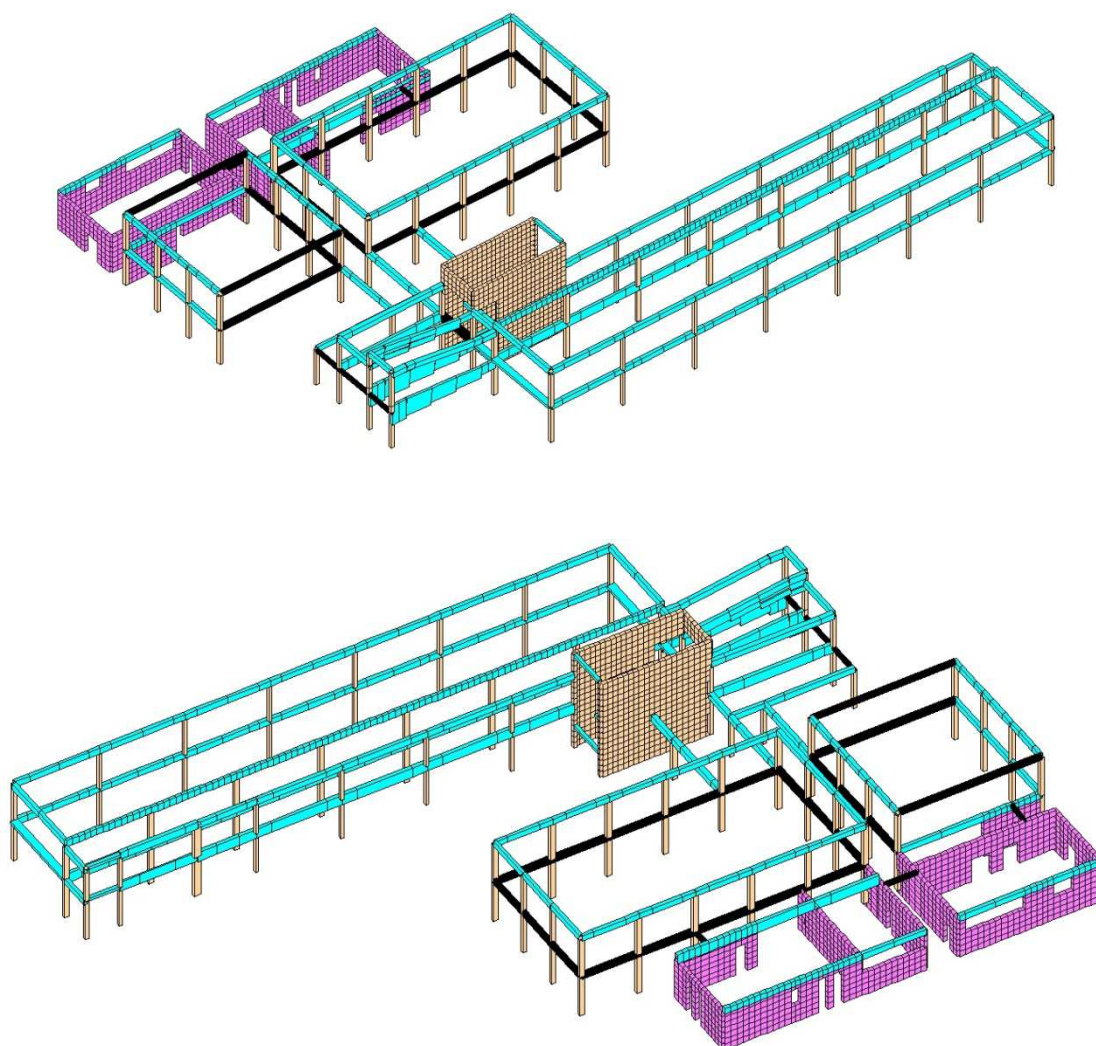


Figura 6.16: Assonometrie del modello strutturale realizzato con PRO\_SAP

Come evidente, alcune travi cui originariamente fu affidato il ruolo di cordolo, non sono incluse nelle tavole di progetto (colore nero). In questi casi la quantità di armatura è stimata a partire da travi simili, come da schema a seguire:

- Trave 4-5 (piano terra e primo) → si ipotizza armata come la trave 41-85 al piano terra
- Travata 5-6-7-8 (piano terra) → si ipotizza armata come da parziale disegno presente nella tav.9 (trave 26-5)
- Trave 1-8 (piano terra) → si ipotizza armata come la trave 4-5 al piano primo
- Trave 29-31 (piano terra) → si ipotizza armata come da parziale disegno presente nella tav.9 (travata 29-93-12)
- Travate 9-10-11-12 e 17-18-19-20 (piano terra) → si ipotizzano armate come da parziale disegno presente nella tav.9 (travata 29-93-12)
- Travate 12-13-14-15-16-17 e 9-24-23-22-24-20 (piano terra) → si ipotizzano armate come la travata 4-3-2-1 al piano terra (tav.9)
- Travata 25-28-30-40 (piano terra) → si ipotizza armata come la trave 28-30 al piano terra

- Cordoli → si ipotizzano armati come la trave 37-38 al piano terra (tav.8)

Con l'ausilio del software *GeoForce One* di Kerakoll si sono progettati e verificati gli interventi di consolidamento mediante FRP di pilastri, travi e nodi: rinforzando con uno o più strati alcuni degli elementi in calcestruzzo armato, è migliorata la resistenza a taglio e/o flessione di travi e pilastri.

Nella tabella di seguito si riporta il tipo di intervento effettuato, associato all'elemento numerato secondo quanto riportato nelle tavole allegate alla presente relazione.

AMeM PT		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 4	rinforzo del nodo	1
T. 12-93	rinforzo a taglio	1
N. 25	rinforzo del nodo	1
N. 28	rinforzo del nodo	1
P. 29	rinforzo a flessione e taglio	1
T. 28-29	rinforzo a taglio	1
N. 30	rinforzo del nodo	1
P. 30	rinforzo a flessione e taglio	1
P. 33	rinforzo a flessione	1
P. 34	rinforzo a flessione	1
P. 35	rinforzo a flessione	1
P. 36	rinforzo a flessione	1
N. 48	rinforzo del nodo	1
N. 85	rinforzo del nodo	1
P. 87	rinforzo a flessione	1
P. 88	rinforzo a flessione	1
P. 89	rinforzo a flessione	1
N.92	rinforzo del nodo	1

AMeM P1		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 28	rinforzo del nodo	2
P. 28	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 29	rinforzo del nodo	1
P. 29	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 31	rinforzo del nodo	1
N. 40	rinforzo del nodo	1
P. 40	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 41	rinforzo del nodo	1
N. 85	rinforzo del nodo	1

Tabella 6.2: Descrizione del rinforzo utilizzato

### 6.2.1.2 Corpo aule posteriori

Il corpo aule posteriori si compone di strutture in calcestruzzo armato di due piani fuori terra, una porzione del lato sud-est, prossima ai servizi igienici, è stata realizzata in muratura portante e pilastri in acciaio.



Figura 6.17: corpo aule posteriori, prospetto nord-ovest



Figura 6.18: corpo aule posteriori, porzione in muratura portante nel prospetto sud-est



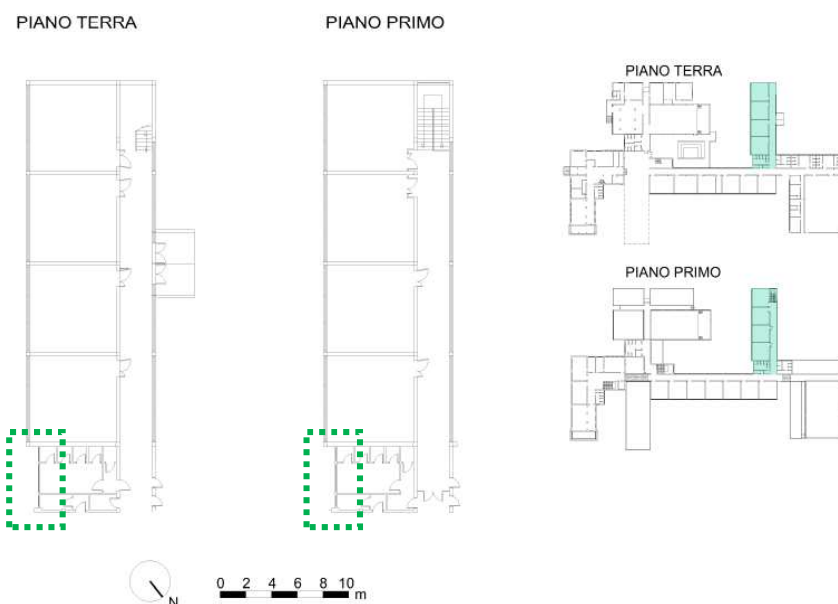


Figura 6.19: localizzazione della porzione in setti murari e pilastri in acciaio e del corpo aule posteriori nel complesso degli edifici

L'edificio ospitante le aule posteriori è separato dagli altri corpi mediante dei giunti strutturali, localizzati come da piante a seguire.

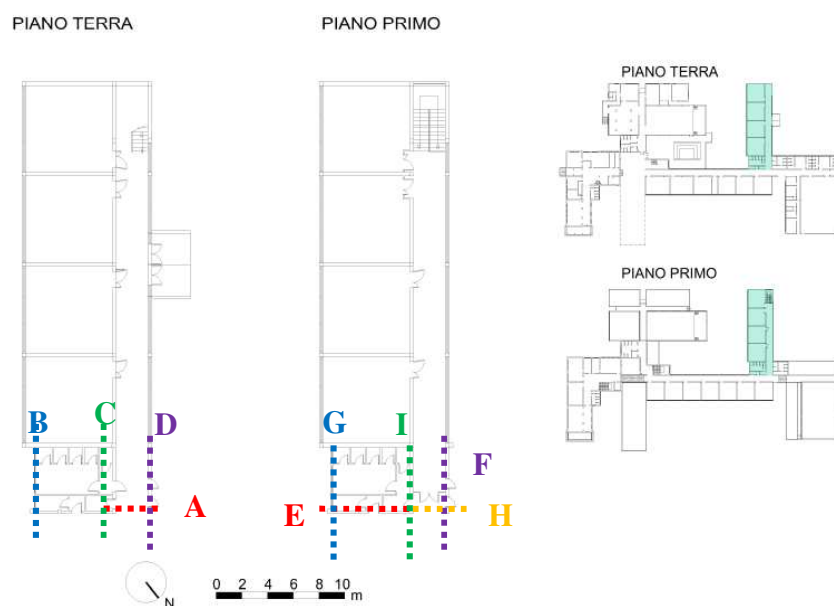
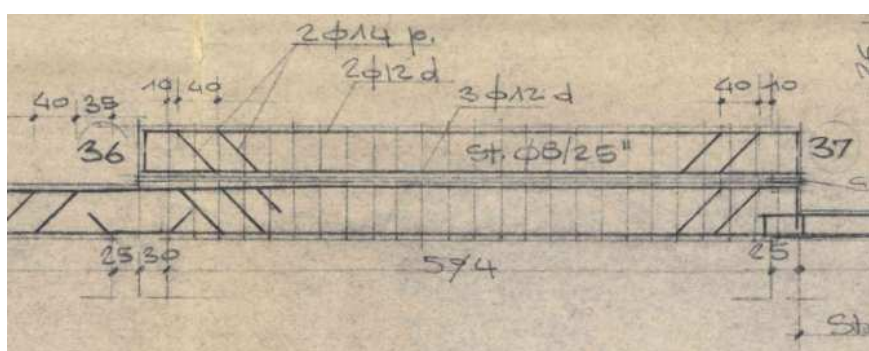
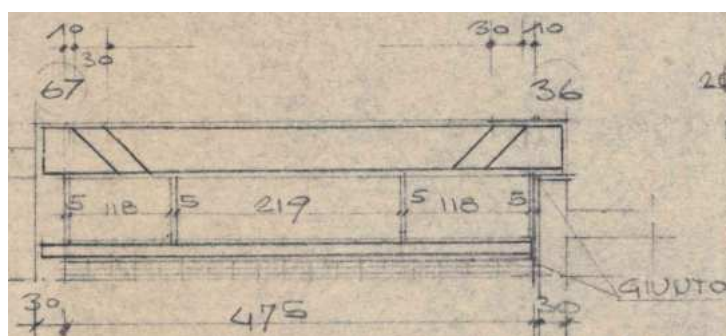
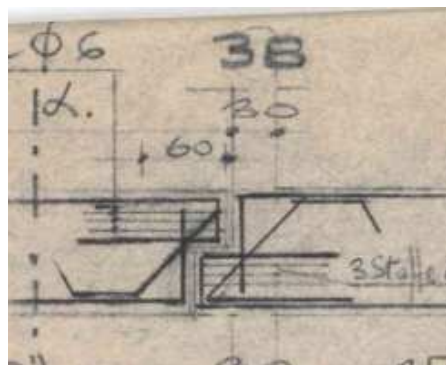
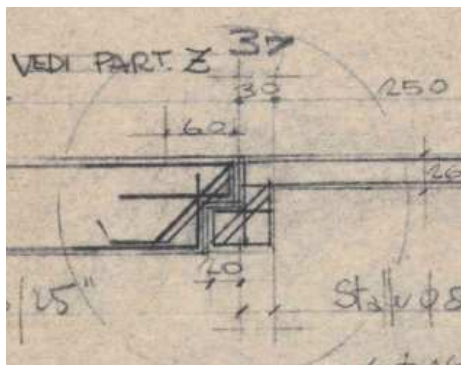
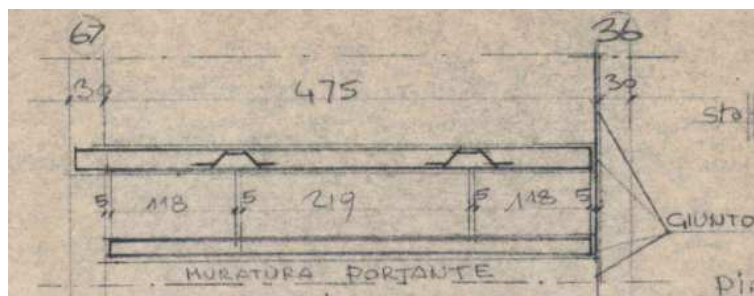


Figura 6.20: localizzazione dei giunti strutturali del corpo aule posteriori e del corpo nel complesso di edifici

Il giunto D corrisponde alla prima campata (69-38) del giunto B appartenente al corpo Palestra, è perciò realizzato come fisica separazione di travi. Allo stesso modo, i giunti F ed H corrispondono al giunto E appartenente al corpo Palestra (69-38).

I giunti C e D sono realizzati come selle *Gerber*, mentre il giunto B si concretizza come fisica separazione tra il pilastro ed il setto murario.

Il giunto G è realizzato come appoggio scorrevole, il giunto E come sdoppiamento della trave resistente ed il giunto I, infine, come sella *Gerber*.



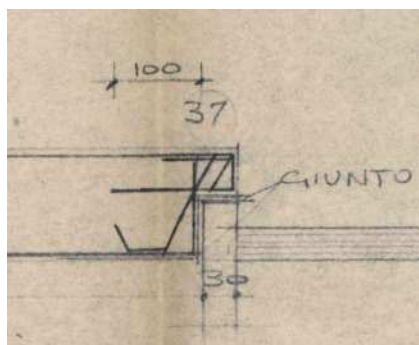


Figura 6.65: Giunto I: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 14, particolare

La modellazione agli elementi finiti realizzata con il software PRO\_SAP si attua scomponendo l'edificio in oggetti cui associare materiali, caratteristiche geometriche, posizione, ruolo strutturale. In tal senso, si è scelto di associare elementi tipo *beam* (D2 monodimensionali) alle strutture snelle (travi e pilastri), ed elementi tipo *shell* (D3 bidimensionali) ai setti murari. Nelle figure sottostanti si distinguono per colore gli elementi pilastro (giallo) e le travi (azzurro) in calcestruzzo armato, i setti murari (viola), i pilastri in acciaio (blu) e le travi in calcestruzzo non incluse nel progetto del 1976 (nero).

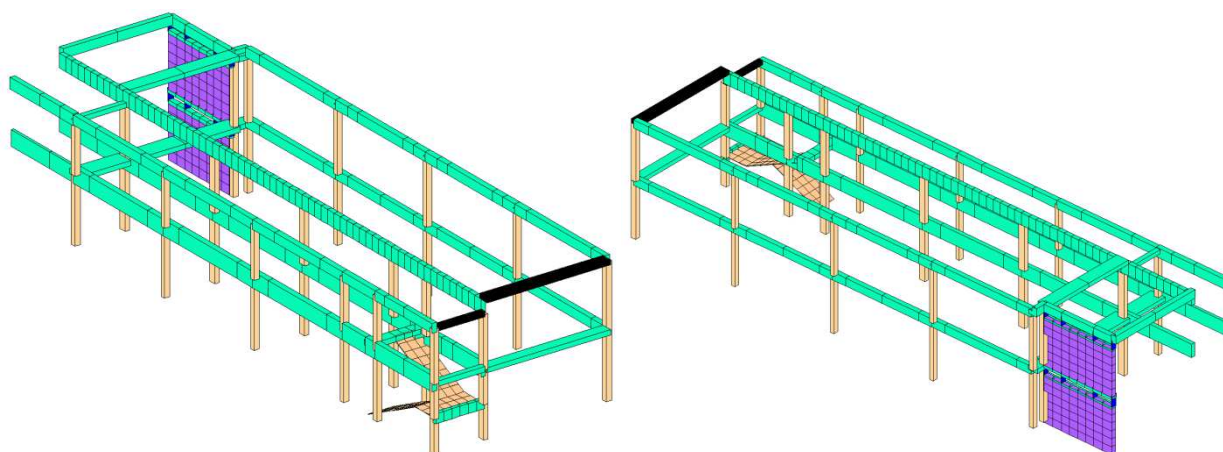


Figura 6.76: Assonometrie del modello strutturale realizzato con PRO\_SAP

Come si nota, il progetto esecutivo tace sulla travata 71-75-80 in copertura (colore nero nell'immagine soprastante), parallela all'orditura del solaio. Ai fini delle analisi statiche e sismiche, si assume che le sezioni e le armature delle travi in questione siano le medesime del piano sottostante.

Nella tabella di seguito si riporta il tipo di intervento effettuato associato all'elemento numerato secondo quanto riportato nelle tavole allegate alla presente relazione.

AulPos PT		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 66	rinforzo del nodo	1
N. 67	rinforzo del nodo	1
P. 69	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 71	rinforzo del nodo	1
N. 75	rinforzo del nodo	1
P. 76	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 76	rinforzo del nodo	1
P. 80	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 80	rinforzo del nodo	1
P. 81	rinforzo a flessione e taglio	1
N. 81	rinforzo del nodo	1
P. 83	rinforzo a flessione e taglio	1

AulPos P1		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 66	rinforzo del nodo	1
N. 67	rinforzo del nodo	1
N. 71	rinforzo del nodo	1
N. 75	rinforzo del nodo	1
N. 80	rinforzo del nodo	1

Tabella 6.3: Descrizione del rinforzo utilizzato

### 6.2.1.3 Palestra

Il corpo palestra si compone di strutture in muratura e acciaio di un piano fuori terra, strutture in calcestruzzo armato a doppio volume e di un tratto a struttura mista muratura-calcestruzzo a due piani.

Nelle immagini a seguire, si evidenzia con dei colori la complessità della distribuzione delle strutture portanti, unite tra loro da travi e solai. In viola l'edificio in calcestruzzo armato a doppio volume che sostiene una rampa a sbalzo, in rosso gli edifici in muratura e pilastri in acciaio, in verde le strutture miste, in prevalenza muratura e calcestruzzo.

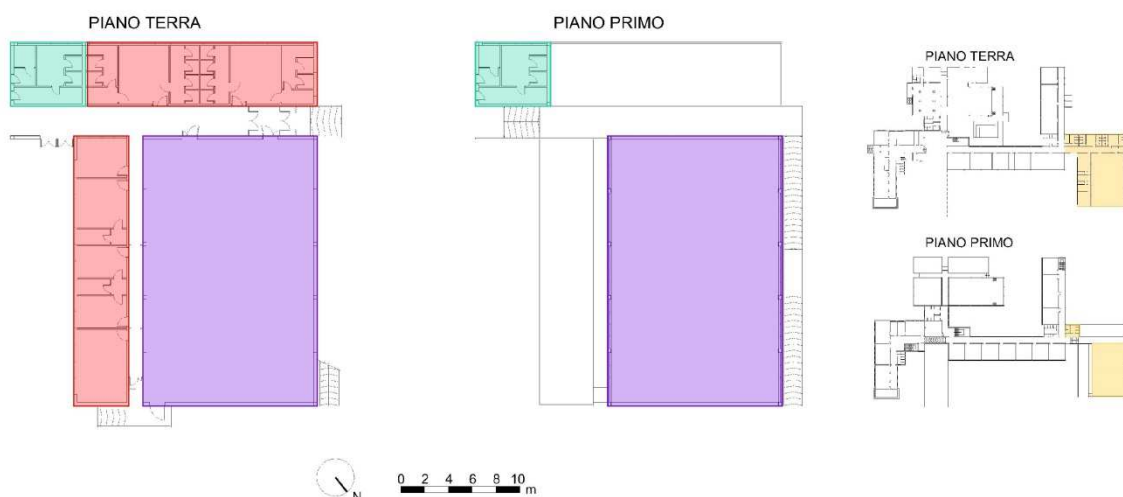


Figura 6.27: Distribuzione in pianta delle aree afferenti a diverse tipologie strutturali, tra loro collegate da solai e travi, e localizzazione del corpo nel complesso degli edifici



Figura 6.28: Palestra, struttura in calcestruzzo armato a doppio



Figura 6.29: Spogliatoi, struttura in muratura sormontata da pilastri in acciaio, ad un solo piano fuori terra. volume.





Figura 6.30: complesso di corpi costituenti la Palestra



Figura 6.31: Rampa a sbalzo in calcestruzzo armato



Figura 6.32: complesso dei corpi costituenti la palestra



Figura 6.33: complesso di corpi costituenti la palestra

Gli orizzontamenti sono realizzati in laterocemento, eccezion fatta per la copertura della palestra, in capriate metalliche. Lateralmente si trova una rampa cementizia a sbalzo che collega il piano di campagna con il primo interpiano.

L'edificio ospitante la palestra è separato dai restanti corpi da sei giunti strutturali, localizzati come da piante a seguire.

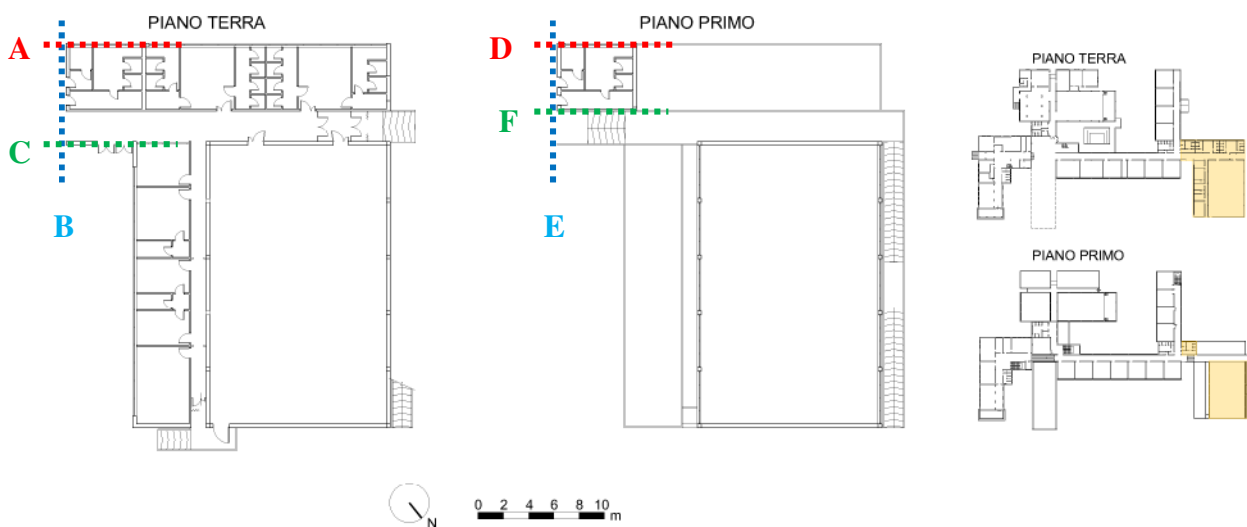


Figura 6.34: localizzazione dei giunti strutturali della palestra e del corpo nel complesso di edifici

Il giunto A e parte del giunto B sono realizzati mediante fisica separazione tra la struttura appartenente alla palestra e l'edificio ospitante le aule. Il giunto C e la restante parte del giunto B, invece, sono selle *Gerber*. I giunti D ed F sono realizzati come appoggio scorrevole tra le travi appartenenti alla palestra e quelle delle strutture limitrofe. Il giunto E, invece, si concretizza come sdoppiamento delle travi, appoggiate agli stessi pilastri e strutturalmente indipendenti.

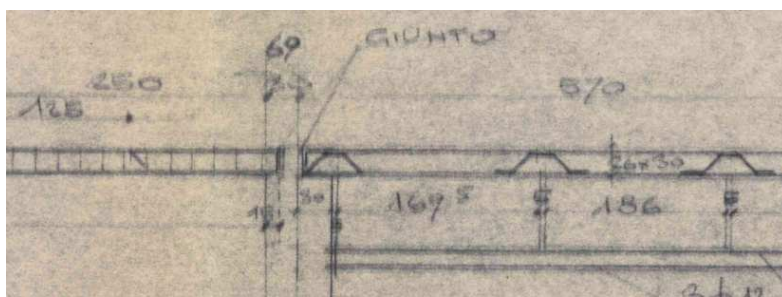


Figura 6.35: Giunto A: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 8, particolare

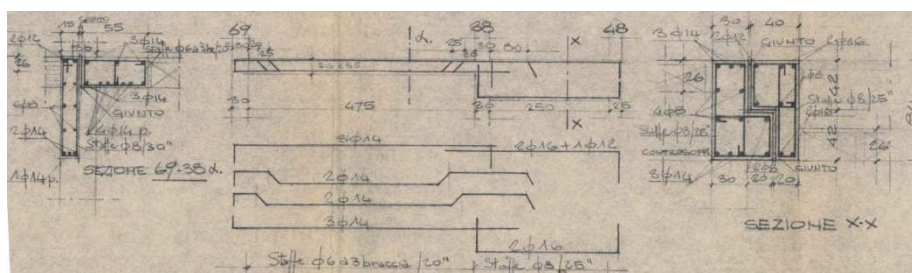


Figura 6.36: Giunto B: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 10, particolare

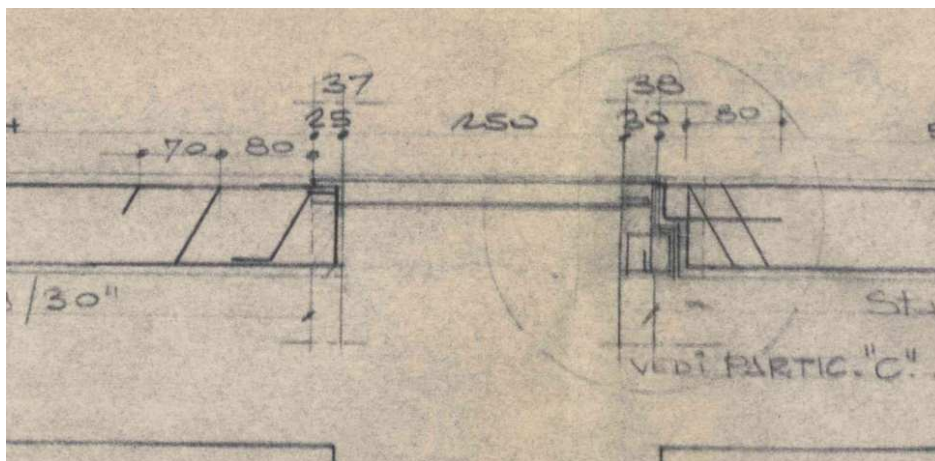


Figura 6.37: Giunto C: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 8, particolare

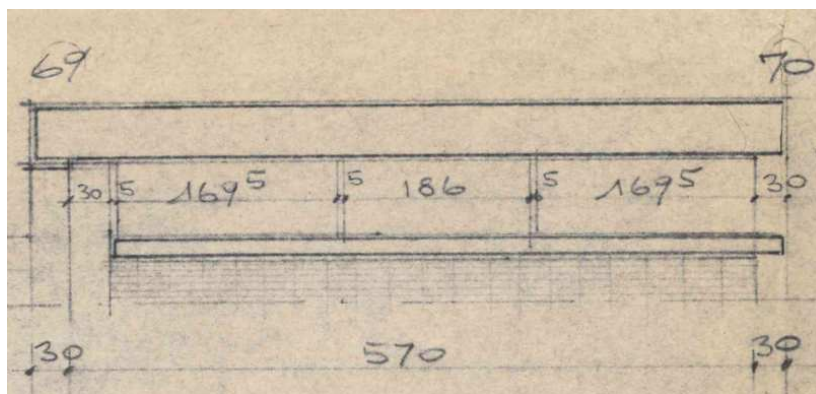


Figura 6.38: Giunto D: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 14, particolare

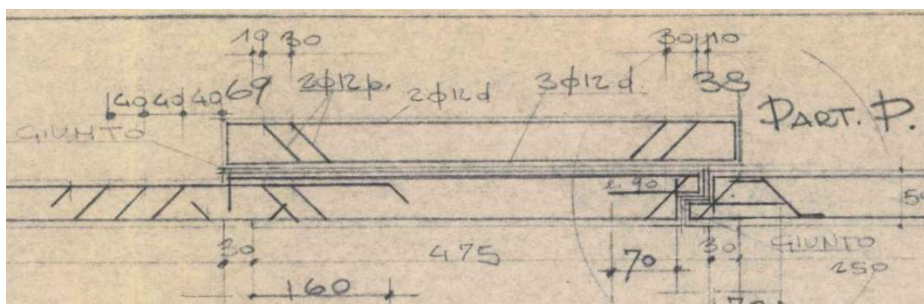


Figura 6.39: Giunto E: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 14, particolare

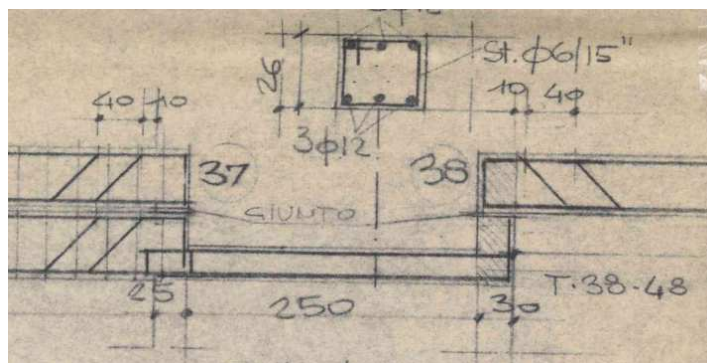


Figura 6.40: Giunto F: ACRavenna, ampliamento della scuola di San Pietro in Campiano, 1976, tav. 14, particolare

La modellazione agli elementi finiti realizzata con il software PRO\_SAP si attua scomponendo l'edificio in oggetti cui associare materiali, caratteristiche geometriche, posizione, ruolo strutturale. In tal senso, si è scelto di associare elementi tipo *beam* (D2 monodimensionali) alle strutture snelle (travi e pilastri), ed elementi tipo *shell* (D3 bidimensionali) ai setti murari. Nelle figure sottostanti si distinguono per colore gli elementi pilastro (giallo) e le travi (azzurro) in calcestruzzo armato, i setti murari (viola) ed i pilastri in acciaio (blu).



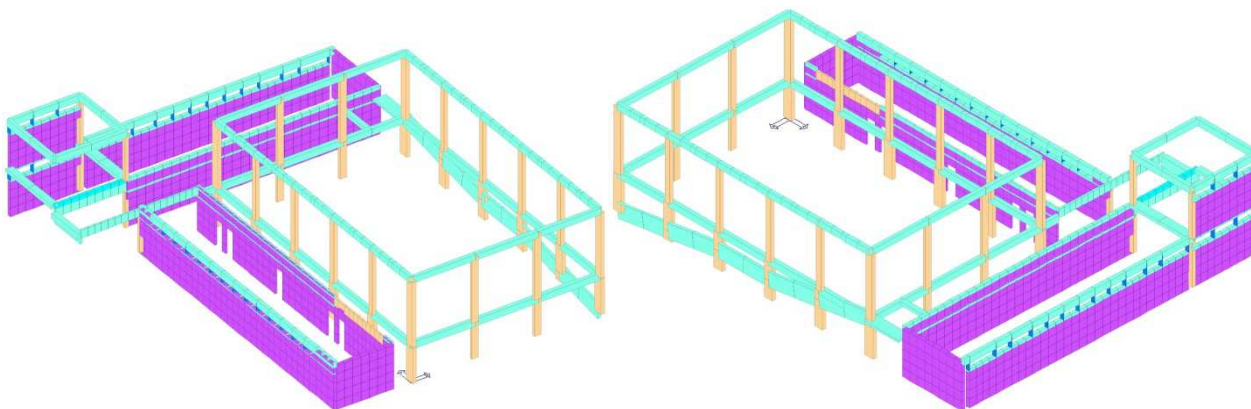


Figura 6.8: Assonometrie del modello strutturale realizzato con PRO\_SAP

## 6.3 Analisi

### 6.3.1 Verifica allo SLU per carichi statici

Le verifiche statiche eseguite sulle strutture in calcestruzzo armato sono le seguenti:

- Pressoflessione
- Taglio

Le ipotesi di base adottate sono:

- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo,
- Resistenza a trazione nulla nel calcestruzzo,
- Rottura del calcestruzzo per raggiungimento della capacità deformativa ultima,
- Rottura dell'armatura per raggiungimento dello snervamento.

#### 6.3.1.1 Pressoflessione

La sezione pressoinflessa sarà verificata in riferimento all'analisi della sezione proposta dal DM 2008:

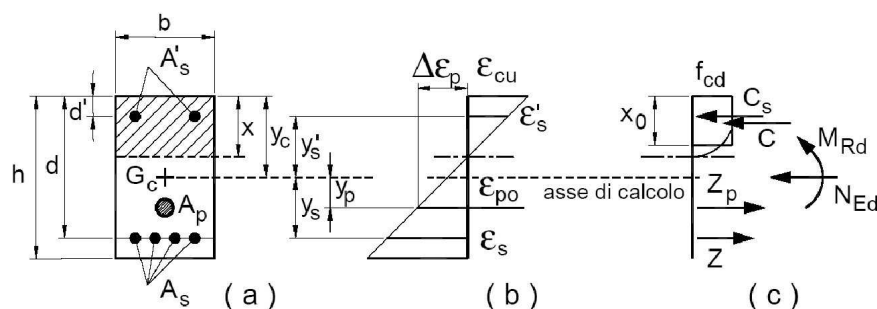


Figura 6.42: Sezione pressoinflessa (fig.4.1.4 DM 2008)

#### 6.3.1.2 Taglio

Le verifiche a taglio sono condotte lato acciaio e lato calcestruzzo. La verifica si intende soddisfatta qualora siano verificate entrambe le resistenze di progetto così calcolate:



$$V_{rsd} = 0,9 d A_{sw}/s f_{yd} (\cot\alpha + \cot\theta) \sin\alpha$$

$$V_{rcd} = 0,9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot\alpha + \cot\theta) / (1 + \cot^2\theta)$$

Ricordando che  $\alpha$  e  $\theta$  sono le inclinazioni delle bielle tese e compresse, con  $\cot\alpha = 1$  nel caso di staffe tradizionali e  $1 \leq \cot\theta \leq 2,5$ .

### 6.3.2 Verifica allo SLV per azione sismica

Le verifiche statiche eseguite sulle strutture in calcestruzzo armato sono le seguenti:

- Pressoflessione
- Taglio

Le verifiche vengono condotte secondo quanto riportato al capitolo 6.3.1.1 e 6.3.1.2.

Le ipotesi di base adottate sono:

- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo,
- Resistenza a trazione nulla nel calcestruzzo,
- Rottura del calcestruzzo per raggiungimento della capacità deformativa ultima,
- Rottura dell'armatura per raggiungimento dello snervamento.

#### 6.3.2.1 Analisi Sismica

Si sceglie di studiare il comportamento sismico degli edifici oggetto di incarico mediante un'analisi dinamica modale, di tipo lineare<sup>2</sup>, con spettro di risposta e fattore di struttura  $q$ ; nel calcolo dei parametri di risposta del sistema si tiene conto delle caratteristiche dinamiche della struttura mediante i modi propri di vibrare. Tale analisi viene condotta, come specificato nel D.M. 17/1/2018 e ss.mm.ii., secondo tre passaggi fondamentali:

- 1) determinazione dei modi di vibrare "naturali" della costruzione (analisi modale);
- 2) calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- 3) combinazione degli effetti relativi a ciascun modo di vibrare.

L'analisi modale consiste nella soluzione delle equazioni del moto della struttura, considerata elastica, in condizioni di oscillazioni libere (cioè in assenza di forzante) e nell'individuazione di particolari configurazioni deformate: i modi naturali di vibrare. Questi modi costituiscono una caratteristica propria della struttura e sono caratterizzati da un periodo proprio di oscillazione  $T$  e da uno smorzamento convenzionale  $\xi$  pari al 5%.

L'analisi modale permette di calcolare, utilizzando lo spettro di progetto in accelerazione  $S_{Ad}$ , i massimi vettori delle forze statiche equivalenti dei vari modi, e da questi, i massimi valori dei parametri di risposta quali momenti, tagli, spostamenti.

Le forze statiche equivalenti dei vari modi si calcolano nel modo seguente:

<sup>2</sup> §C8.7.2.4 circolare LL.PP. 617/2009

$$F_{sj}^{\max} = M \Phi_j \gamma_j g S_{Ad}(T_j, \xi_j)$$

La massa partecipante di un modo di vibrare esprime la quota parte delle forze sismiche di trascinamento, e quindi dei relativi effetti, che il singolo modo è in grado di descrivere. Per poter cogliere con sufficiente approssimazione gli effetti dell'azione sismica sulla costruzione, è opportuno considerare tutti i modi di vibrare con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

$$\sum_{j=1}^K (\Phi_j^T M R)^2 / M_j^* \geq 0,05 \sum_{i=1}^n M_i$$

dove j è l'indice dei modi considerati e  $M_i$  sono le masse degli n piani.

$$\sum_{j=1}^K (\Phi_j^T M R)^2 / M_j^* \geq 0,85 \sum_{i=1}^n M_i$$

dove K è il numero dei modi da considerare.

Applicando lo spettro di risposta a ciascun modo di vibrare, si possono calcolare gli effetti massimi dell'azione sismica sulla costruzione. Per tener conto della distanza cronologica tra le massime sollecitazioni associate a ciascun modo, tali effetti si combinano con specifiche regole di natura probabilistica.

Se il periodo di vibrazione di ciascun modo differisce di almeno il 10% da quello di tutti gli altri, ovvero se risulta :

$$T_j \leq 0,9 T_i, \text{ per } T_j < T_i$$

le risposte dei modi di vibrare si possono considerare indipendenti le une dalle altre, pertanto le NTC consentono il calcolo del più probabile valore massimo degli effetti relativi ai modi utilizzando la combinazione SRSS (Square Root of Sum of Squares):

$$E = \left( \sum_i E_i^2 \right)^{1/2}$$

dove E è il valore combinato dell'effetto ed  $E_i$  i valori dovuti al massimo vettore delle forze statiche equivalenti dei vari modi.

Se i massimi contributi modali non sono correlati, le norme tecniche suggeriscono di utilizzare la combinazione CQC (Complete Quadratic Combination), data dalla relazione:

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} E_i E_j \right)^{1/2}$$

dove  $E_j$  è il valore dell'effetto relativo al modo j e  $\rho_{ij}$  il coefficiente di correlazione tra il modo i ed il modo j, il quale ha valore sempre compreso tra 0 e 1 ed è calcolato secondo la seguente espressione:

$$\rho_{i\varphi} = \left( 8 \xi^{1/2} (\xi_i + \beta_{i\varphi} \xi_\varphi) \beta_{i\varphi}^{3/2} \right) / \left( (1 - \beta_{i\varphi}^2)^2 + 4 \xi_i \xi_\varphi \beta_{i\varphi} (1 + \beta_{i\varphi}^2) + 4 (\xi_i^2 + \xi_\varphi^2) \beta_{i\varphi}^2 \right)$$

con:

$\beta_{ij}$  rapporto tra le frequenze  $w_i$  e  $w_j$  dei due modi considerati, ovvero tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i-j di modi ( $\beta_{ij} = T_j/T_i$ )

$\xi_i, \xi_j$  = coefficienti di smorzamento per i modi i e j.

Ovviamente, in funzione dell'azione che agisce sulla costruzione, alcuni modi di vibrare avranno parte più significativa di altri nella descrizione della conseguente configurazione deformata.

Nel caso di analisi modale su modelli spaziali, applicabile ad edifici non regolari, bisognerà tenere in conto l'eccentricità fra centro di massa e centro di rigidità, sia di quella effettiva, che è già implicita nel metodo di analisi, sia di quella accidentale  $\epsilon_i$ .

### **6.3.2.2 Fattore di struttura**

L'analisi dinamica modale di tipo lineare con fattore di struttura  $q$  utilizza come azione sollecitante sismica lo spettro di progetto, definito in §3.2.3 delle NTC, che si ottiene dallo spettro elastico riducendone le ordinate di una quantità pari al fattore di struttura  $q$ , il cui valore dipende dalle capacità dissipative della struttura, dalla regolarità degli edifici, dai materiali in uso e dai tassi di lavoro in combinazione statica.

Il valore del fattore di struttura  $q$  è scelto nel campo fra 1,5 e 3,0. Nei casi in esame, pur avendo riscontrato materiali di buone caratteristiche e tassi di lavoro alle azioni statiche di entità limitata, si ritiene che la struttura non possieda potenziale dissipativo, specialmente nei nodi trave-pilastro. Per tale motivo, non è possibile prevedere l'adozione di un fattore di struttura superiore a **1,5**.

Per la valutazione degli spostamenti finalizzati alle verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali, si pone  $\eta=1$  e quindi  **$q=1$** , secondo quanto indicato al §7.3.7 della Circolare LLPP.

### **6.3.3 Verifica allo SLU e SLV per elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio**

Le ipotesi fondamentali su cui si basa l'analisi allo SLU delle sezioni di c.a. rinforzate con FRP sono le seguenti:

- conservazione della planarità delle sezioni rette fino a rottura, in modo che il diagramma delle deformazioni normali sia lineare;
- perfetta aderenza tra i materiali componenti (acciaio-calcestruzzo, FRP-calcestruzzo);
- resistenza a trazione nulla del calcestruzzo;
- legami costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio conformi alla Normativa vigente;
- legame costitutivo del composito fibrorinforzato elastico lineare fino a rottura.

L'intervento di rinforzo è consigliato per sezioni a debole armatura. Le regole appresso riportate si riferiscono esclusivamente a tale situazione.

Si ipotizza che la rottura per flessione si manifesti in concomitanza con una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso,  $\epsilon_{cu}$ , come definita dalla Normativa vigente;
- raggiungimento di una deformazione massima nel rinforzo di FRP,  $\epsilon_{fd}$ , calcolata come:

$$\epsilon_{fd} = \min \left\{ \eta_a \frac{\epsilon_{fk}}{\gamma_f}, \epsilon_{fdd} \right\}$$

dove  $\epsilon_{fk}$  è la deformazione caratteristica a rottura del rinforzo,  $\gamma_f$  e  $\eta_a$  sono i coefficienti definiti rispettivamente nella Tabella 6.4 e nella Tabella 6.5,  $\epsilon_{fdd}$  è la deformazione massima per distacco intermedio.

Modello di resistenza	$V_{Rd}$
Flessione/Pressoflessione	1
Taglio/Torsione	1.2
Confinamento	1.1

Tabella 6.4: Coefficienti parziali  $V_{Rd}$

Condizione di esposizione	Tipo di fibra / resina	$\eta_a$
Interna	Vetro / Epossidica	0.75
	Arammidica / Epossidica	0.85
	Vetro / Epossidica	0.95
Esterna	Vetro / Epossidica	0.65
	Arammidica / Epossidica	0.75
	Vetro / Epossidica	0.85
Ambiente aggressivo	Vetro / Epossidica	0.5
	Arammidica / Epossidica	0.7
	Vetro / Epossidica	0.85

Tabella 6.5: Fattore di conversione ambientale  $\eta_a$  per varie condizioni di esposizione e vari sistemi FRP

### 6.3.3.1 Pressoflessione

La sezione pressoinflessa sarà verificata in riferimento all'analisi della sezione proposta dalle istruzioni CNR DT200-R1 2013:

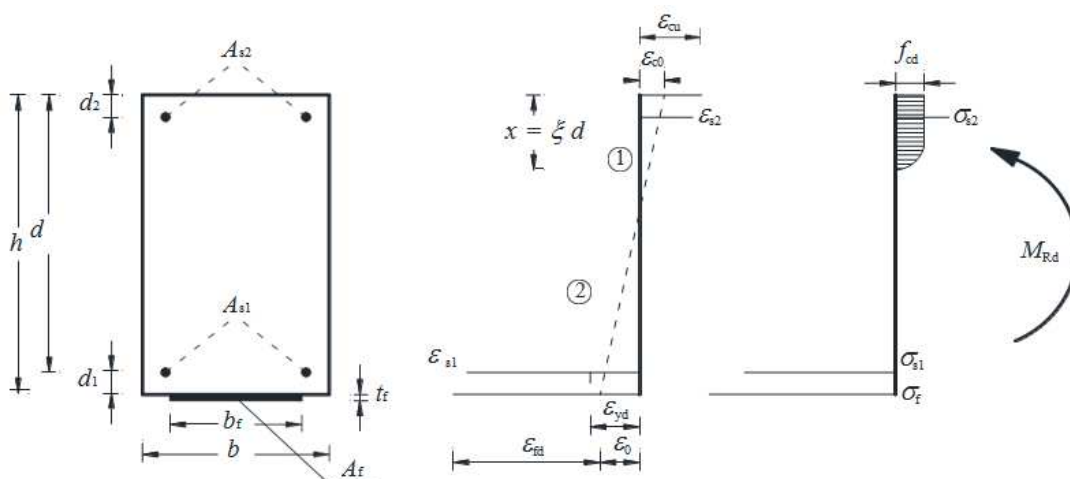


Figura 6.43: Sezione pressoinflessa (fig.4.5 Istruzioni CNR DT200-R1 2013)

### 6.3.3.2 Taglio

La resistenza di progetto a taglio dell'elemento rinforzato può essere valutata attraverso la seguente relazione:

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s} + V_{Rd,f}, V_{Rd,c}\}$$

dove  $V_{Rd,s}$  e  $V_{Rd,f}$  sono, rispettivamente, la capacità a taglio-trazione dell'armatura trasversale di acciaio e quella del sistema di rinforzo FRP;  $V_{Rd,c}$  è la capacità a taglio-compressione del calcestruzzo calcolate in accordo con la Normativa vigente

Nel caso di disposizione ad U o in avvolgimento su una sezione rettangolare, il contributo del sistema di rinforzo FRP,  $V_{Rd,f}$ , può essere valutato in base al meccanismo a traliccio di Mörsch mediante la seguente formula:

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} 0.9 d f_{fed} 2 t_f (\cot\theta + \cot\beta) \frac{b_f}{p_f}$$

Dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione,

$f_{fed}$  è la resistenza efficace di calcolo del sistema di rinforzo

$t_f$  è lo spessore del sistema di rinforzo FRP,

$b_f$  e  $p_f$  sono, rispettivamente, la larghezza e il passo delle strisce, misurati ortogonalmente alla direzione delle fibre (nel caso di strisce poste in adiacenza o di elementi di rinforzo bidimensionali si assume  $b_f/p_f=1.0$ ),

$\gamma_{Rd}$  è coefficiente parziale fornito in Tabella 6.4.

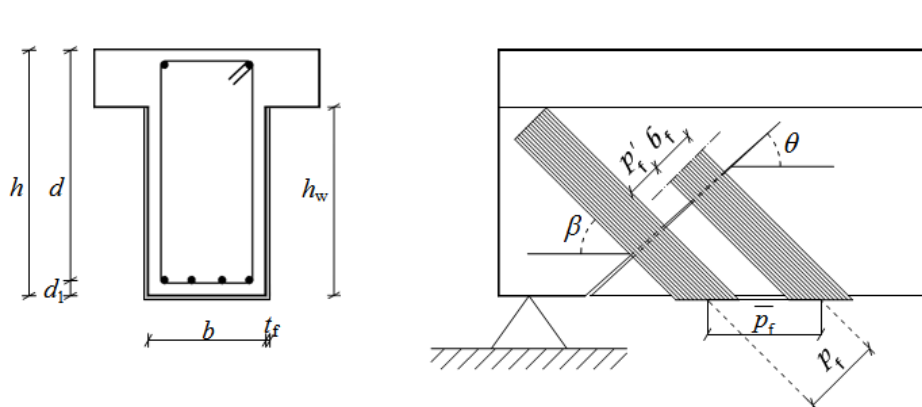


Figura 6.44: Elementi distintivi del rinforzo a taglio sotto forma di strisce

Nel caso di sistemi di rinforzo discontinui costituiti da strisce di materiale composito, la larghezza,  $b_f$ , ed il passo,  $p_f$ , delle strisce, misurati (in mm) ortogonalmente alla direzione delle fibre, devono rispettare le seguenti limitazioni:  $50 \text{ mm} \leq b_f \leq 250 \text{ mm}$  e  $b_f \leq p_f \leq \min\{0.5 \cdot d, 3 \cdot b_f, b_f + 200 \text{ mm}\}$ .

Nell'eventualità in cui dovesse risultare  $\min\{0.5 \cdot d, 3 \cdot b_f, b_f + 200 \text{ mm}\} < b_f$ , si deve ricorrere ad un sistema di rinforzo differente (per geometria o per caratteristiche meccaniche).

Nel caso di disposizione in avvolgimento continuo su elementi con sezione circolare (diametro  $D$ ), qualora le fibre siano orientate ortogonalmente all'asse dell'elemento da rinforzare ( $\beta = 90^\circ$ ), il contributo del sistema di rinforzo FRP,  $V_{Rd,f}$ , è fornito dalla relazione:

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} D f_{fed} \frac{\pi}{2} t_f \cot\theta$$

### 6.3.3.3 Nodi Trave-Pilastro

Il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione conseguibile nei pannelli dei nodi non confinati va eseguito tenendo conto del contributo del composito fibrorinforzato nella direzione delle tensioni principali di trazione e limitando la massima deformazione nel composito al valore del 4%. L'intervento è efficace solo se le estremità del rinforzo sono adeguatamente ancorate con l'adozione di opportuni particolari costruttivi. In caso contrario il rinforzo non può essere ritenuto efficace.

## 6.4 Corpo mensa e aula magna

Il corpo aula magna e mensa presenta carenze dal punto di vista statico degli elementi in cemento armato evidenziate a seguito dello svolgimento delle verifiche di vulnerabilità. Si è optato perciò di intervenire rinforzando travi, pilastri e nodi che non soddisfano la verifica mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato al fine di aumentare la resistenza della sezione a taglio, a flessione ed a pressoflessione.

Nella tabella nel seguito sono dettagliati gli interventi di progetto:

AMeM PT			AMeM P1		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri	n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 4	rinforzo del nodo	1	N. 4	rinforzo del nodo	1
T. 12-93	rinforzo a flessione e taglio	2+1	P. 28	rinforzo a flessione e taglio	1+1
N. 25	rinforzo del nodo	5	N. 28	rinforzo del nodo	3
N. 28	rinforzo del nodo	1	N. 31	rinforzo del nodo	1
T. 28-29	rinforzo a taglio	2	N. 40	rinforzo del nodo	1
T. 30-31	rinforzo a taglio	2	N. 41	rinforzo del nodo	1
N. 30	rinforzo del nodo	1	N. 85	rinforzo del nodo	1
P. 33	rinforzo a flessione	3	N. 92	rinforzo del nodo	1
P. 34	rinforzo a flessione	2			
P. 36	rinforzo a flessione	1			
N. 48	rinforzo del nodo	1			
N. 85	rinforzo del nodo	1			
N.92	rinforzo del nodo	1			

Tabella 6.6: Descrizione del rinforzo utilizzato

### 6.4.1 Verifiche allo SLU

- **Pilastri**

Verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

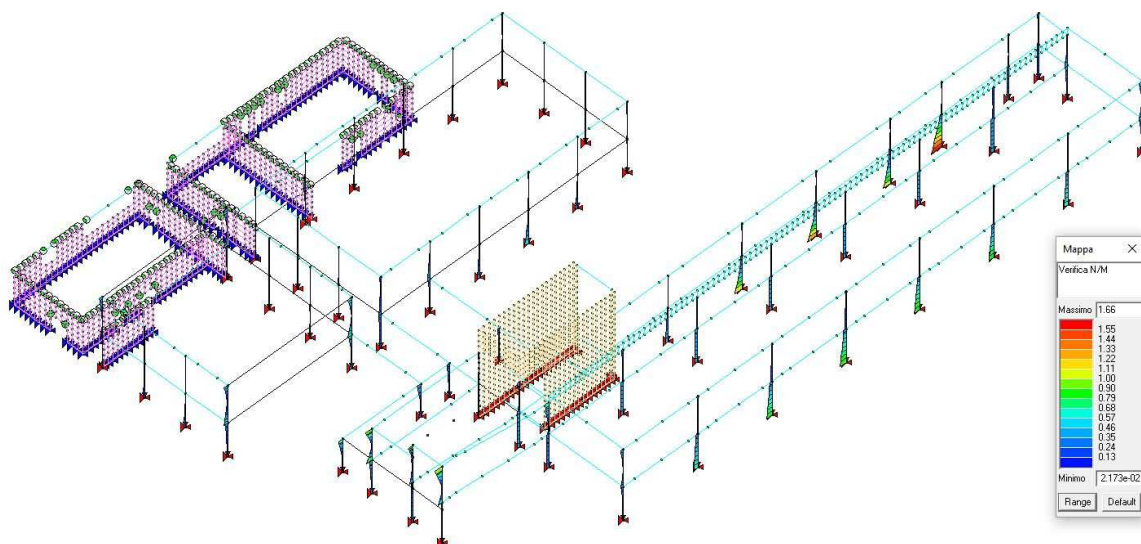


Figura 6.45: Verifica a Pressoflessione dei pilastri

La verifica a **taglio compressione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.



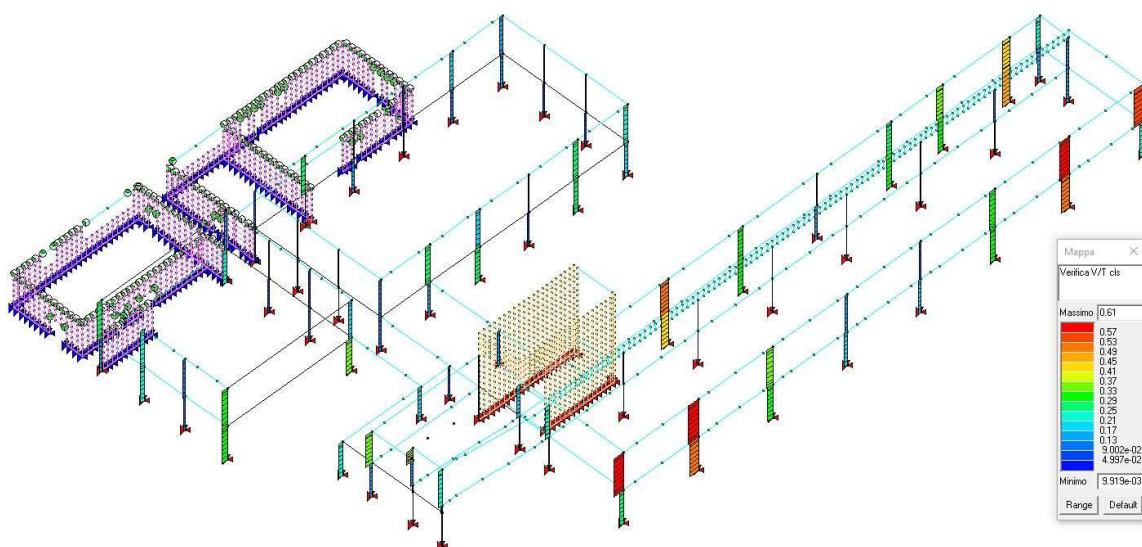


Figura 6.46: Verifica a Taglio-Compressione dei Pilastrì

La verifica a **taglio trazione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

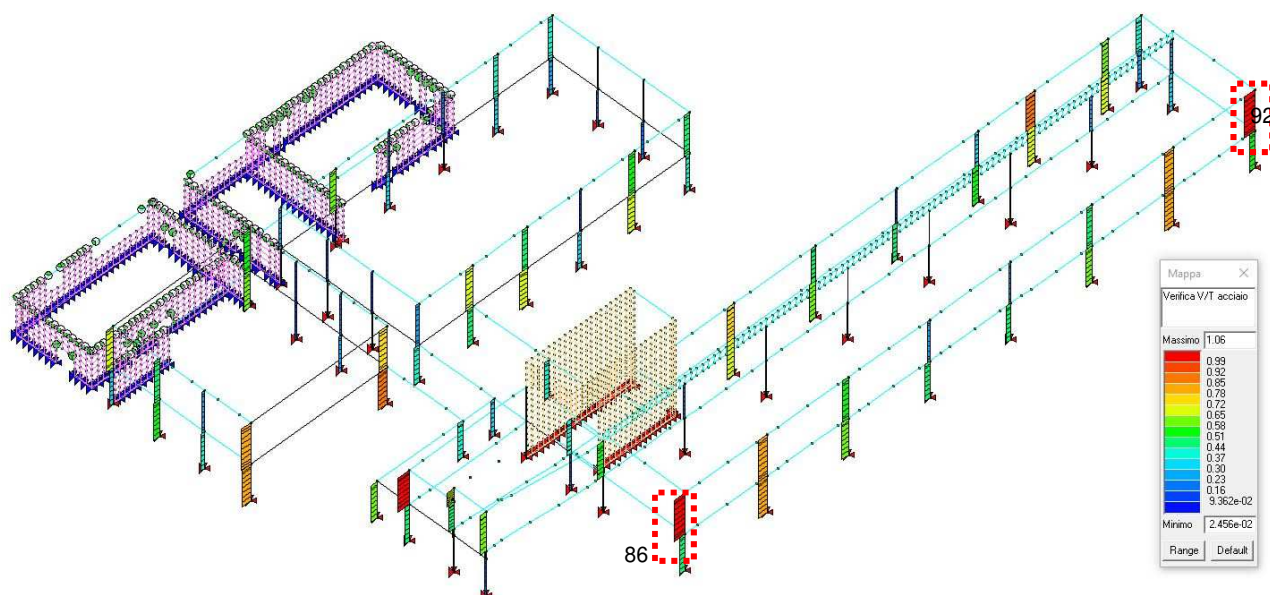


Figura 6.47: Verifica a Taglio-Trazione dei Pilastrì

I pilastrì che mostrano problemi a taglio trazione sono stati verificati nuovamente secondo le indicazioni contenute nel §C8.7.2.5, ovvero considerando un contributo del conglomerato pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio. Questo tipo di verifica appare coerente con la modellazione e la verifica eseguita dai progettisti negli anni Settanta, quando gli elementi non si schematizzavano mediante traliccio di Mörsh e la resistenza al taglio era completamente affidata al calcestruzzo, riducendo l'armatura ad un ruolo secondario.

In questo caso si ottiene:

Pilastrò	Direzione	$V_{SD}$ [daN]	$V_{RD}$ [daN]	$V_{SD}/V_{RD}$
92 piano primo	x	3'015,55	5'862,65	0,51
	y	-1'046,06	5'862,65	0,18
86 piano primo	x	482,19	5'043,72	0,10
	y	206,88	4'885,54	0,04

Tabella 6.7: Verifica dei pilastrì a taglio considerando il massimo contributo del conglomerato

- **Travi**

La verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

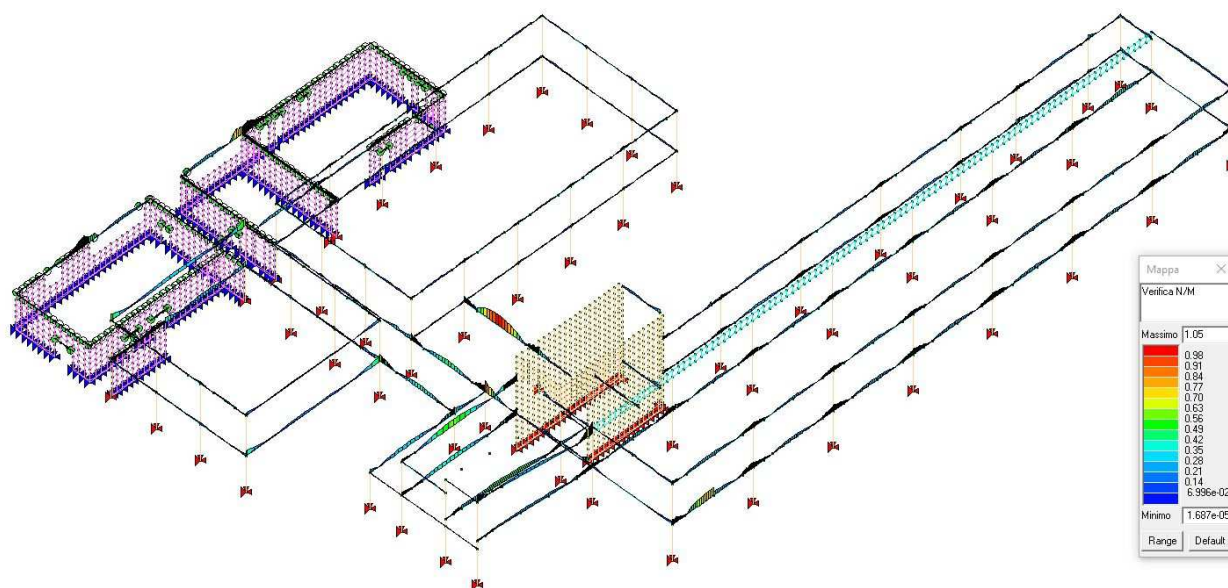


Figura 6.48: Verifica a Pressoflessione delle travi

La verifica a **taglio compressione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

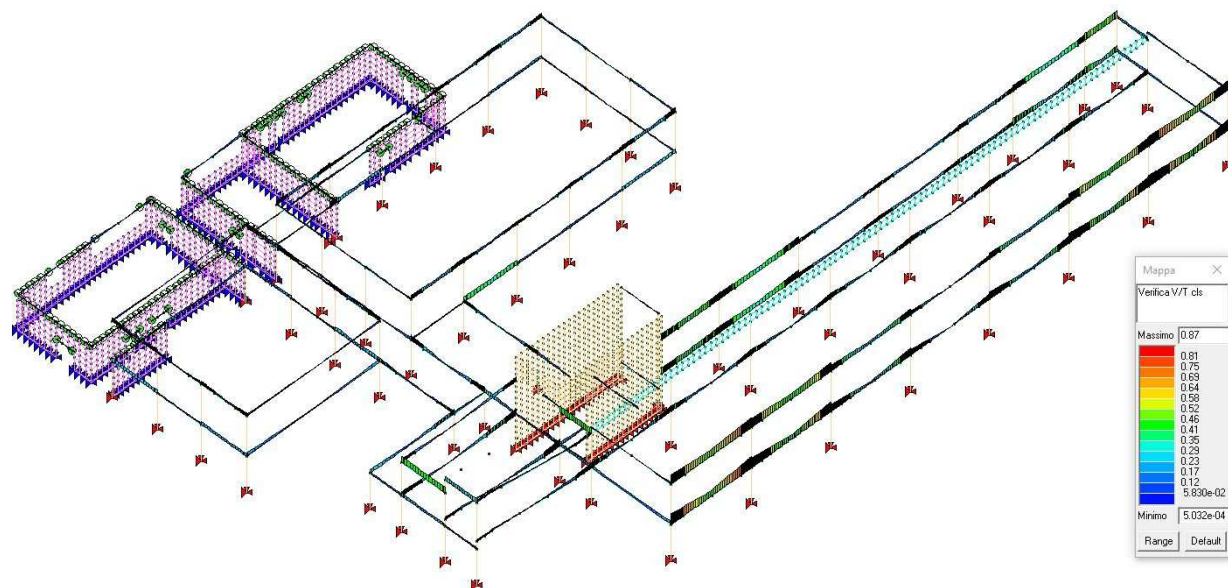


Figura 6.49: Verifica a Taglio-Compressione delle travi

La verifica a **taglio trazione** prima dell'intervento, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.



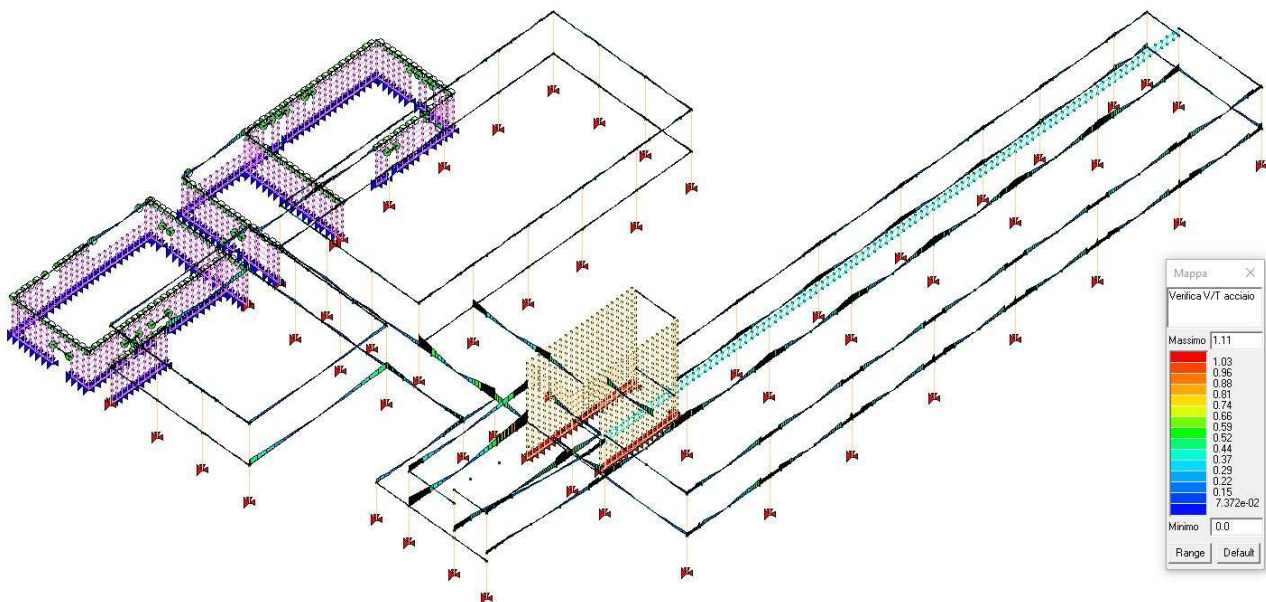


Figura 6.50: Verifica a Taglio-Trazione delle travi

## 6.4.2 Verifiche allo SLV

### 6.4.2.1 Condizioni di regolarità

Il corpo Aula magna e mensa non può definirsi regolare in altezza né in pianta.

Una costruzione si definisce *regolare in pianta* se:

1. La configurazione di pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali → **NON rispettato**
2. Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione è inscritta è inferiore a 4 → Rispettato (1,48)
3. Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione → **NON Rispettato (63%)**
4. Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano e sufficientemente resistenti → si presume **NON rispettato**

Una costruzione si definisce *regolare in altezza* se:

1. Tutti i sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza della costruzione → Rispettato
2. Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente dalla base alla sommità della costruzione. Ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti o nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza → **NON rispettato**
3. Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo (7% rispetto al primo orizzontamento; 7% rispetto all'orizzontamento immediatamente sottostante) → Rispettato (40%)

### 6.4.2.2 Analisi dinamica modale

Per determinare le azioni sismiche sugli elementi strutturali, si è proceduto al calcolo dei modi propri di vibrare del fabbricato mediante analisi modale. Nelle tabelle a seguire sono sintetizzati i risultati ottenuti e dei 350 modi necessari a raggiungere l'85% di massa modale partecipante, se ne visualizzano esclusivamente quelli con massa modale partecipante superiore al 5%.

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.525	1.906	0.117	1.41E-04	0	1.44E+05	11.1
2	0.59	1.694	0.132	0.03	2.40E-06	1.10E+05	8.5
5	0.972	1.029	0.217	13.47	1.04E-03	9.26E+04	7.1
10	1.467	0.682	0.328	1.54E+05	11.9	30.41	2.34E-03
12	1.652	0.605	0.37	237.17	1.83E-02	2.10E+05	16.2
Risulta				1.15E+06		1.23E+06	
%				88.9		94.43	

Tabella 6.8: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità nulla

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.525	1.906	0.117	8.79E-04	0	1.44E+05	11.1
2	0.59	1.694	0.132	0.02	1.30E-06	1.10E+05	8.5
5	0.972	1.029	0.217	11.13	8.58E-04	9.26E+04	7.1
11	1.619	0.618	0.362	1.19E+05	9.2	1187.91	9.16E-02
12	1.653	0.605	0.37	232.76	1.79E-02	2.09E+05	16.1
23	2.547	0.393	0.477	5354.51	0.4	7.38E+04	5.7
36	2.936	0.341	0.477	8.23E+04	6.3	4369.71	0.3
Risulta				1.16E+06		1.22E+06	
%				89.41		94.25	

Tabella 6.9: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità negativa

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.525	1.906	0.117	5.97E-05	0	1.44E+05	11.1
2	0.59	1.694	0.132	0.05	3.93E-06	1.10E+05	8.5
5	0.972	1.029	0.217	15.83	1.22E-03	9.26E+04	7.1
9	1.381	0.724	0.309	1.69E+05	13	254.13	1.96E-02
12	1.652	0.605	0.37	557.6	4.30E-02	2.10E+05	16.2
23	2.504	0.399	0.477	1.15E+05	8.9	3.06E+04	2.4
24	2.597	0.385	0.477	6.58E+04	5.1	5.23E+04	4
108	7.492	0.133	0.451	8.13E+04	6.3	25.64	1.98E-03
Risulta				1.14E+06		1.23E+06	
%				88.22		94.58	

Tabella 6.10: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità positiva

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.525	1.906	0.117	1.41E-04	0	1.44E+05	11.1
2	0.59	1.694	0.132	0.03	2.40E-06	1.10E+05	8.5
5	0.972	1.029	0.217	13.47	1.04E-03	9.26E+04	7.1
10	1.467	0.682	0.328	1.54E+05	11.9	30.41	2.34E-03
12	1.652	0.605	0.37	237.17	1.83E-02	2.10E+05	16.2
Risulta				1.15E+06		1.23E+06	
%				88.9		94.43	

Tabella 6.11: analisi dinamica per sisma spirante lungo y ed eccentricità nulla

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.544	1.838	0.122	0.84	6.46E-05	1.30E+05	10
2	0.615	1.627	0.138	1.4	1.08E-04	1.00E+05	7.7
5	1.024	0.977	0.229	11.57	8.92E-04	7.54E+04	5.8
9	1.479	0.676	0.331	1.57E+05	12.1	851.25	6.56E-02
11	1.597	0.626	0.357	2039.68	0.2	1.71E+05	13.2
26	2.65	0.377	0.477	1.02E+05	7.8	2.02E+04	1.6
27	2.747	0.364	0.477	7.78E+04	6	1.15E+04	0.9
117	7.678	0.13	0.447	9.41E+04	7.3	263.54	2.03E-02
Risulta				1.15E+06		1.22E+06	
%				88.87		94.4	

Tabella 6.12: analisi dinamica per sisma spirante lungo y ed eccentricità negativa

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN	
1	0.504	1.985	0.113	0.49	3.75E-05	1.58E+05	12.2
2	0.564	1.772	0.126	0.32	2.49E-05	1.21E+05	9.3
5	0.925	1.081	0.207	14.34	1.11E-03	1.10E+05	8.5
10	1.451	0.689	0.325	9.99E+04	7.7	443.71	3.42E-02
11	1.508	0.663	0.337	8.10E+04	6.2	8508.82	0.7
12	1.625	0.616	0.364	1.36E+04	1	7.60E+04	5.9
13	1.725	0.58	0.386	218.77	1.69E-02	1.08E+05	8.3
30	2.804	0.357	0.477	9.97E+04	7.7	1.18E+04	0.9
Risulta				1.16E+06		1.22E+06	
%				89.07		94.21	

Tabella 6.13: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità positiva

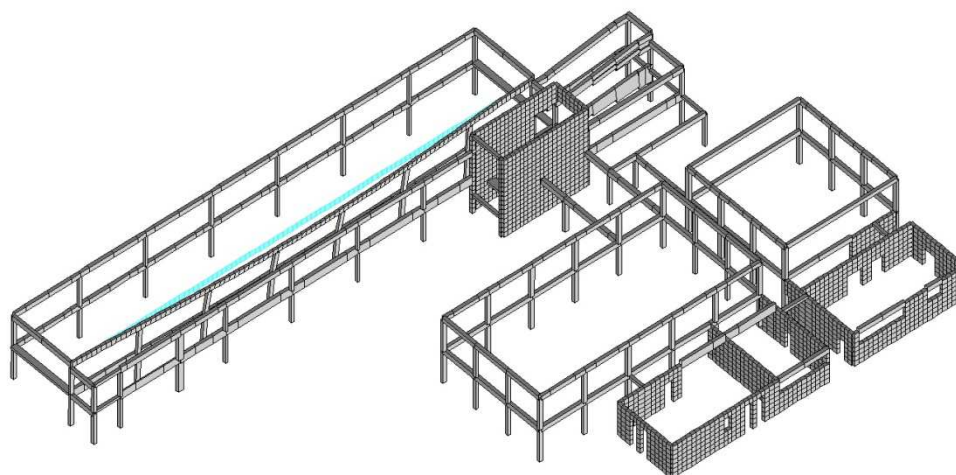


Figura 6.51 deformata modale relativa al modo 1, calcolo privo di eccentricità,  $T=1,906$  s,  $M_y = 11,1$  %

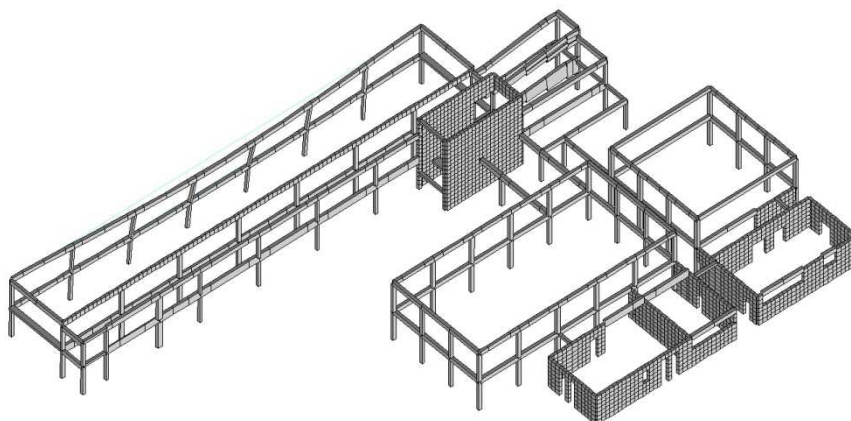


Figura 6.52: deformata modale relativa al modo 2, calcolo privo di eccentricità,  $T=1,694$  s,  $M_y = 8,5$  %

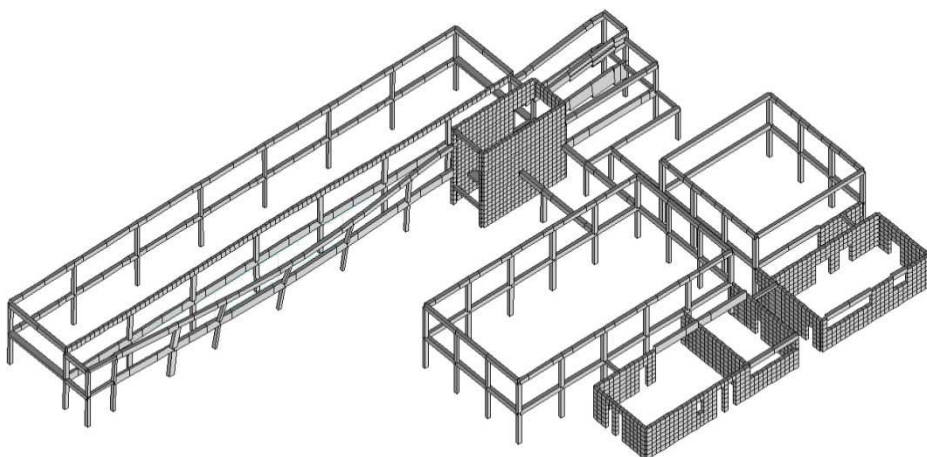


Figura 6.53: deformata modale relativa al modo 5, calcolo privo di eccentricità,  $T=1,029$  s,  $M_y = 7,1$  %

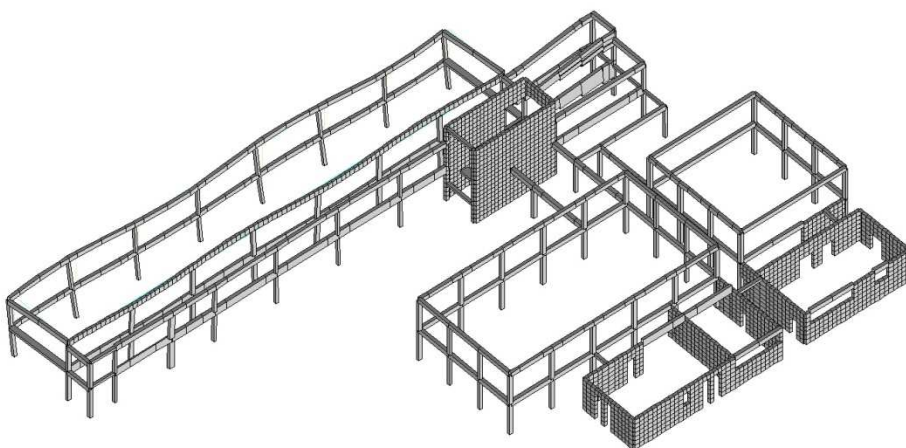


Figura 6.54: deformata modale relativa al modo 10, calcolo privo di eccentricità,  $T=0,682$  s,  $M_x = 11,9$  %

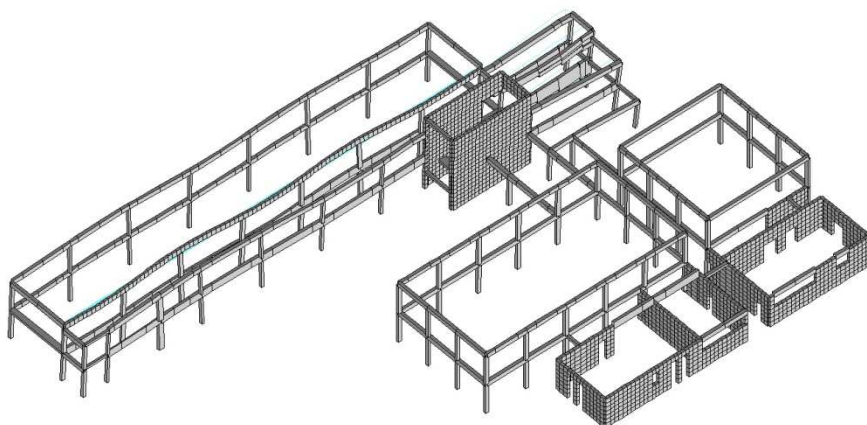


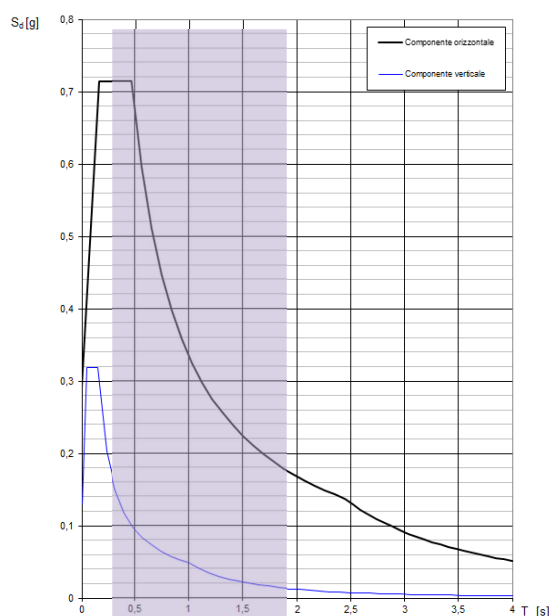
Figura 6.55: deformata modale relativa al modo 12, calcolo privo di eccentricità,  $T=1,652$  s,  $M_y = 16,2$  %

I modi propri di vibrare rispecchiano la forte irregolarità e la mancanza di rigidità dei solai di interpiano, consentendo ai telai monodirezionali di muoversi reciprocamente con una certa libertà.

I periodi propri cui corrispondono i modi di vibrare cui corrisponde una quota maggiore di massa modale partecipante, sono compresi nell'intervallo 1,906 s e 0,605 s, ovvero:



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



### 6.4.3 Verifiche elementi strutturali

- **Pilastri**

Verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

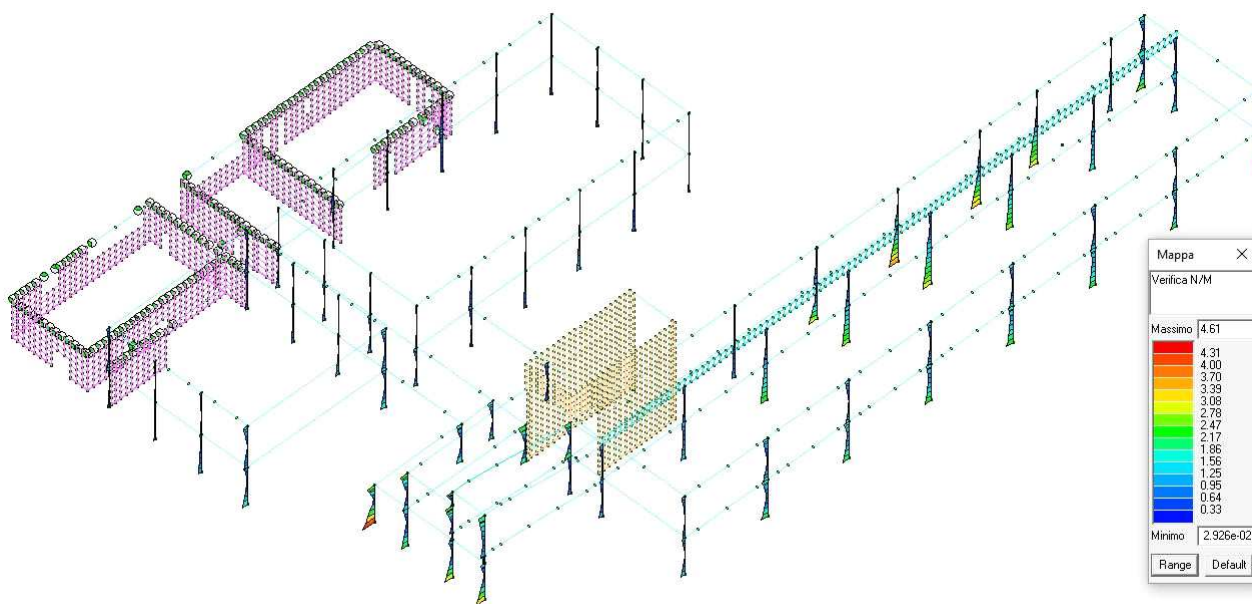


Figura 6.56: Verifica a Pressoflessione dei pilastri

Verifica a **taglio compressione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

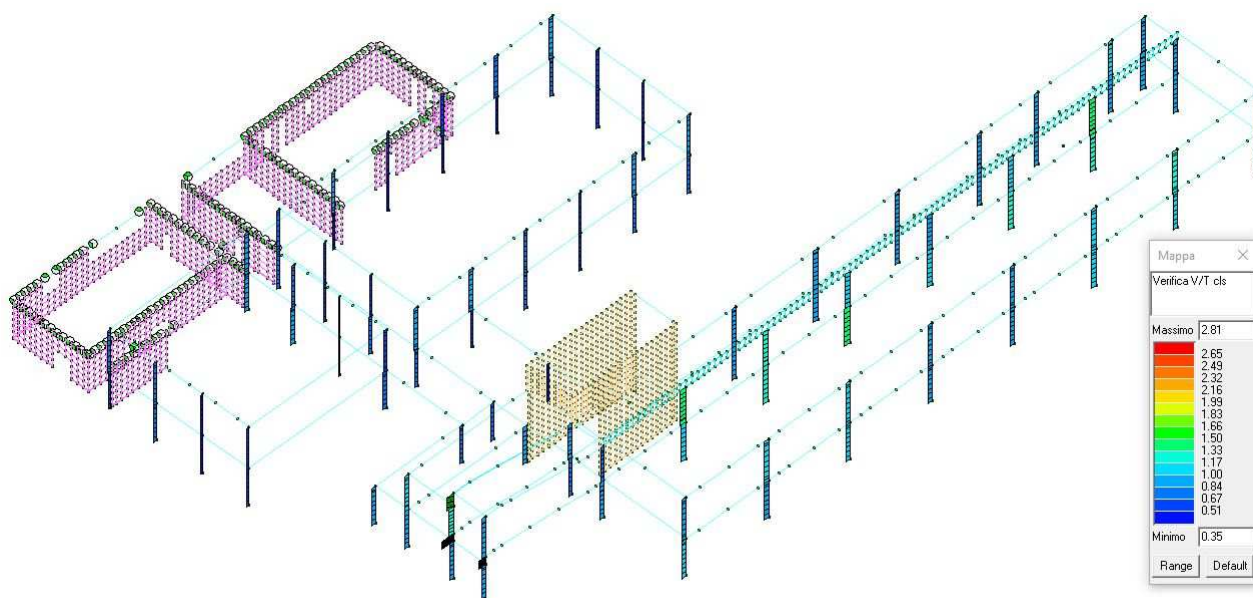


Figura 6.57: Verifica a Taglio-Compressione dei Pilastrì

Verifica a **taglio trazione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

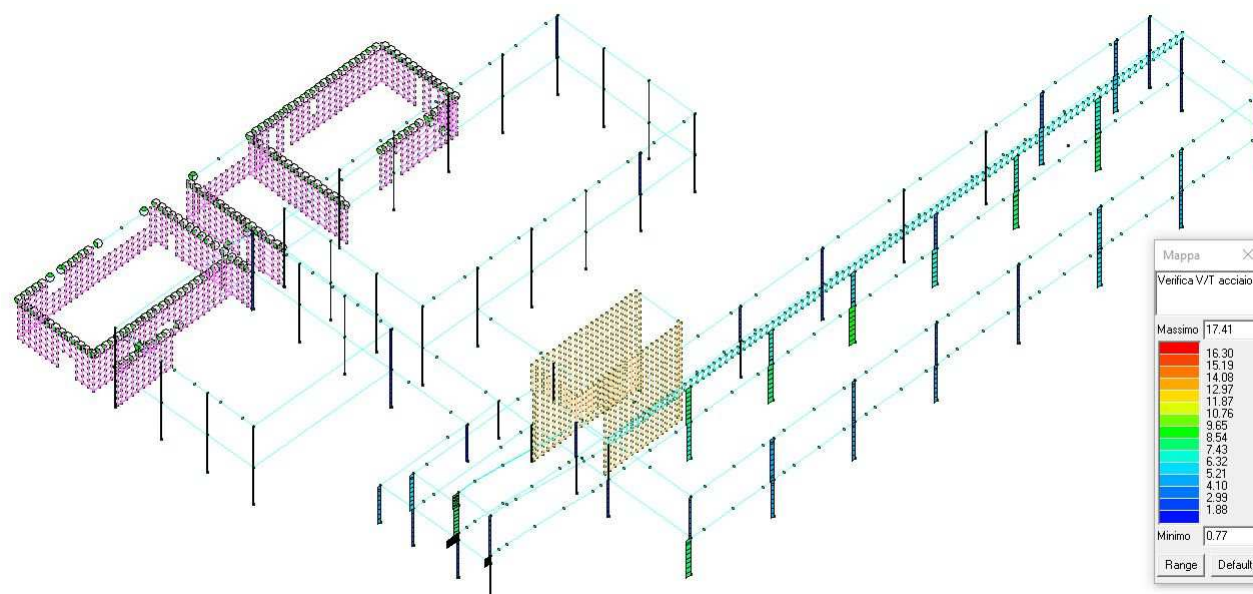


Figura 6.58: Verifica a Taglio-Trazione dei Pilastrì

- **Travi**

Verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

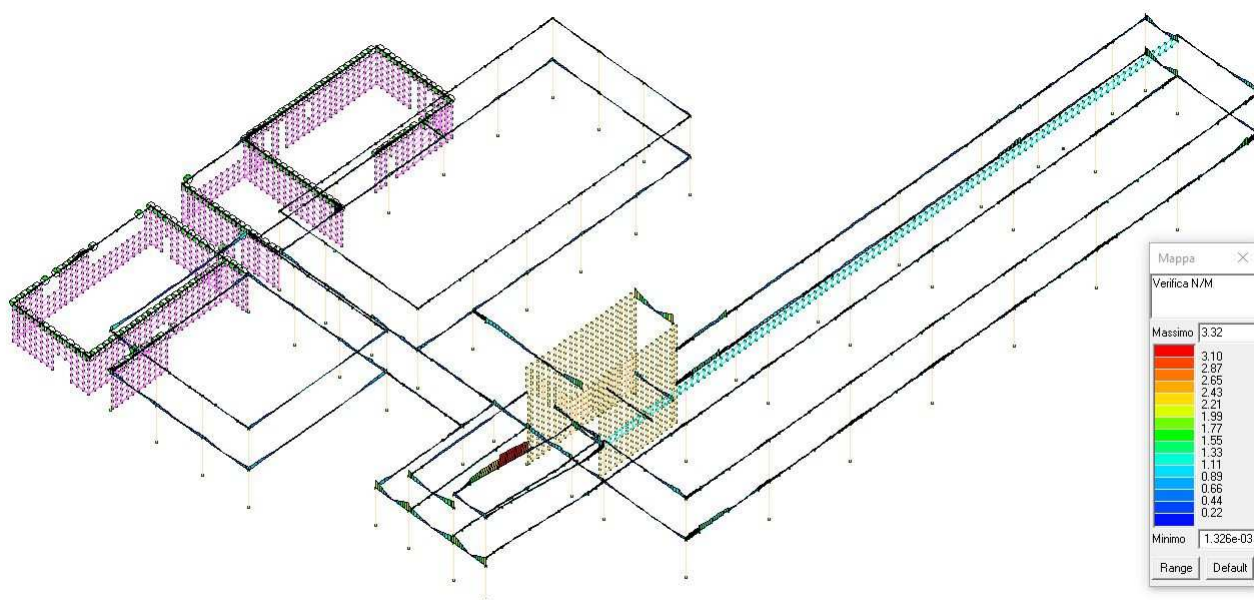


Figura 6.59: Verifica a Pressoflessione delle travi

Verifica a **taglio compressione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

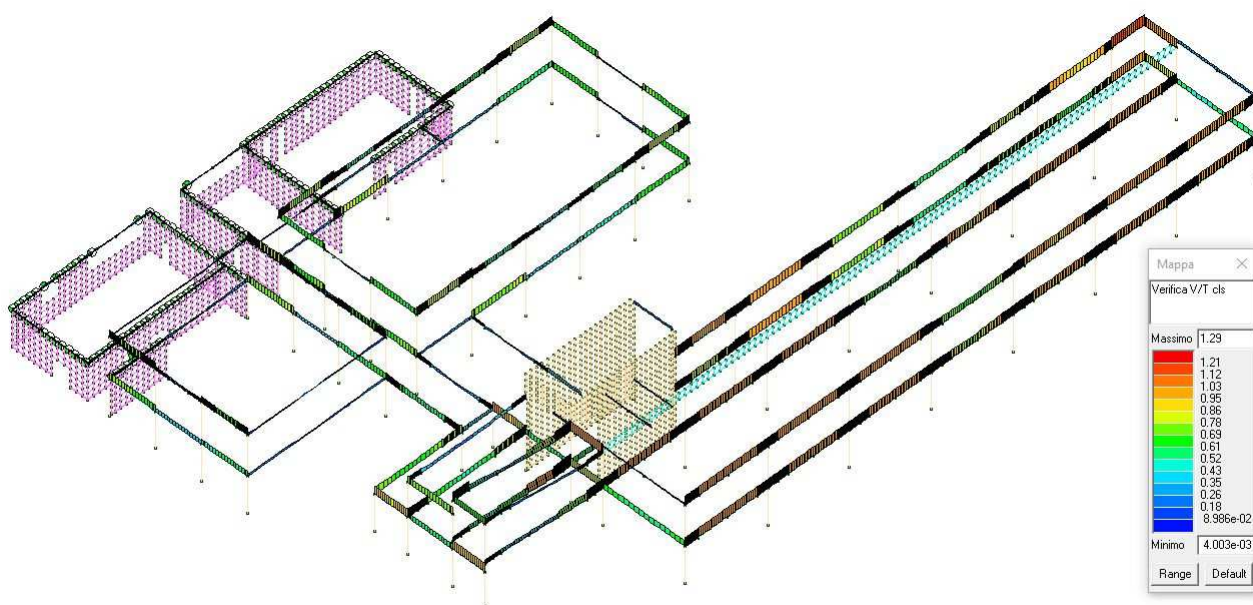


Figura 6.60: Verifica a Taglio-Compressione delle travi

Verifica a **taglio trazione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.



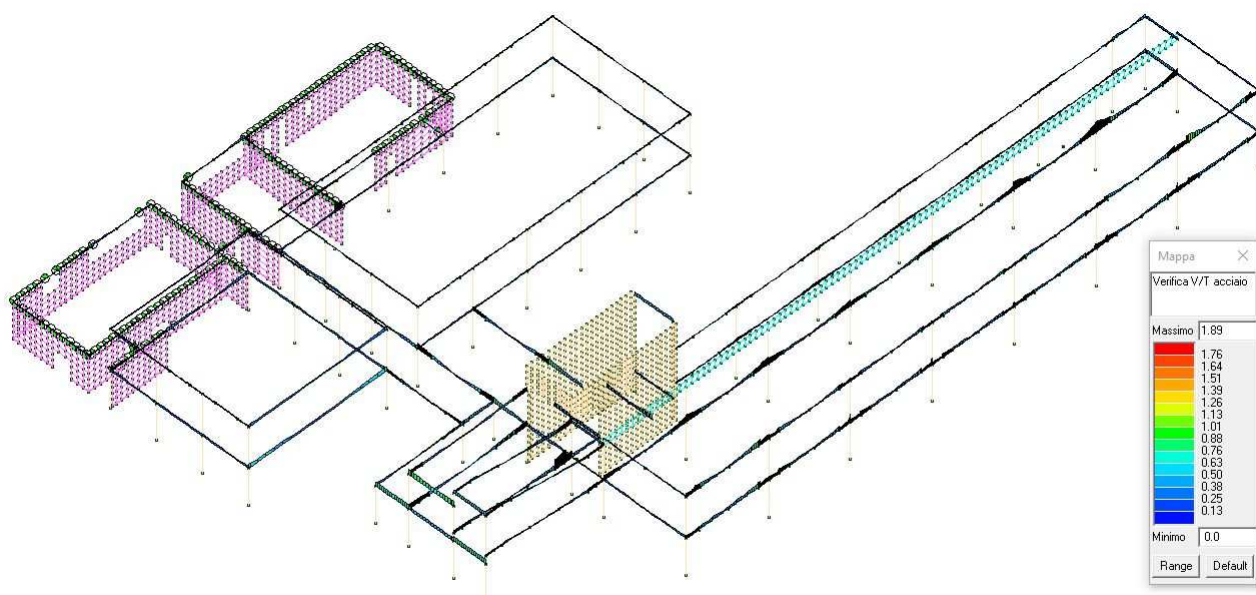


Figura 6.50: Verifica a Taglio-Trazione delle travi

- **Nodi**

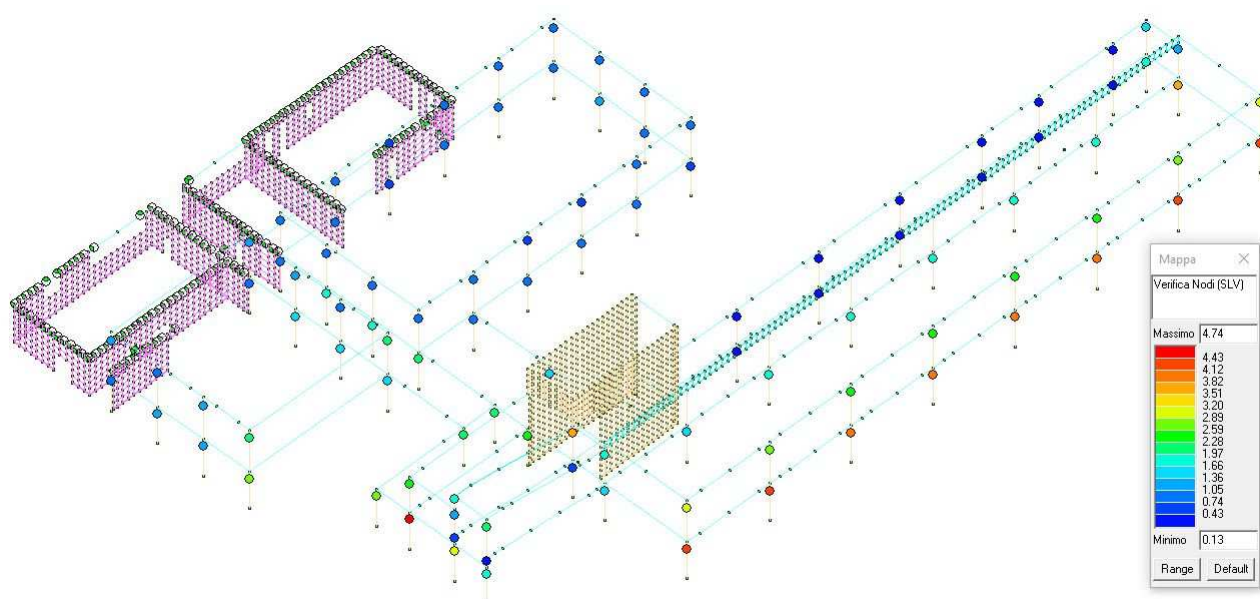


Figura 6.51: Verifica dei nodi



#### 6.4.4 Verifiche esplicite degli elementi rinforzati mediante FRP

Le sezioni oggetto di verifica rinforzate mediante compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato sono state modellate adottando l'approccio agli elementi finiti e impiegando il codice di calcolo strutturale GeoForce One versione 1.12 distribuito dall'azienda KeraKoll.

Le verifiche in oggetto vengono effettuate per gli elementi strutturali a cui viene applicato il rinforzo con le sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo illustrato nei precedenti capitoli.

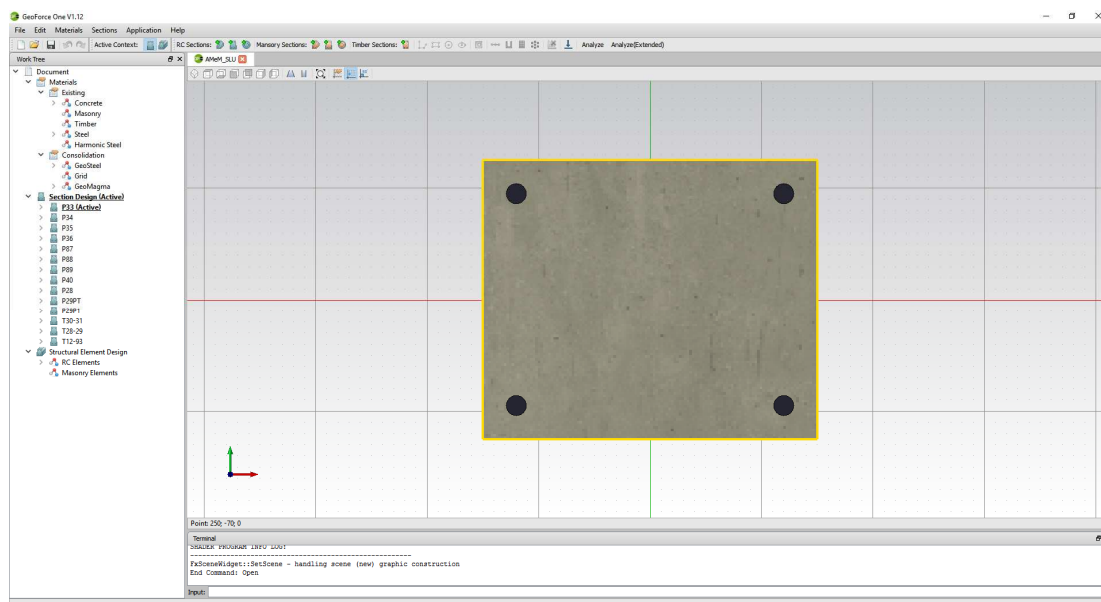


Figura 6.52: Interfaccia del programma GeoForce One

- **Pilastro 33 PT**

#### Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strati}$	3	$b_f[mm]$	300	$n_{fasce}$	1
2	$n_{strati}$	3	$b_f[mm]$	300	$n_{fasce}$	1
3	$n_{strati}$	3	$b_f[mm]$	250	$n_{fasce}$	1
4	$n_{strati}$	3	$b_f[mm]$	250	$n_{fasce}$	1

Tipologia di avvolgimento

-

Tipologia di applicazione

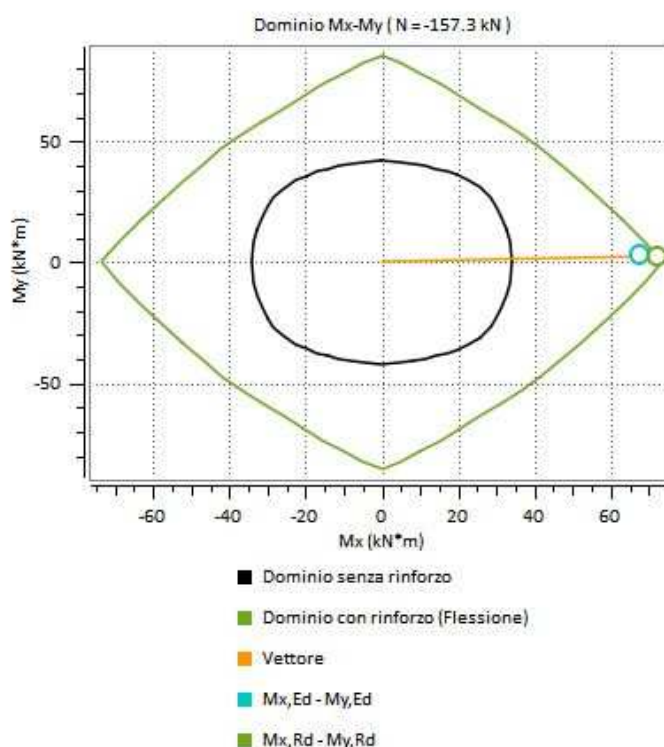
-

$n_{str}$     $b_f[mm]$     $p_f[mm]$     $\beta[gradi]$

-   -   -   -



$M_{x,Rd}$ : 71.9587 (kN\*m)  
 $M_{y,Rd}$ : 2.87353 (kN\*m)  
 $\beta$ : -2 (deg.)  
 $x_c$ : 119.345 (mm)  
 $\varepsilon_c$ : -0.00201304 (-)  
 $\varepsilon_s$ : 0.00185448 (-)  
 $\varepsilon_t$ : 0.00236902 (-)  
 $\sigma_c$ : -16.8902 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_s$ : 286.026 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_t$ : 450.115 (N/mm<sup>2</sup>)



$|M_{Ed}|/|M_{Rd}|$ : 0.939001  
**Esito verifica:** VERIFICATO

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:  
 $[|M_{Ed}|/|M_{Rd}| \leq 1.0]$

# - Pilastro 34 PT

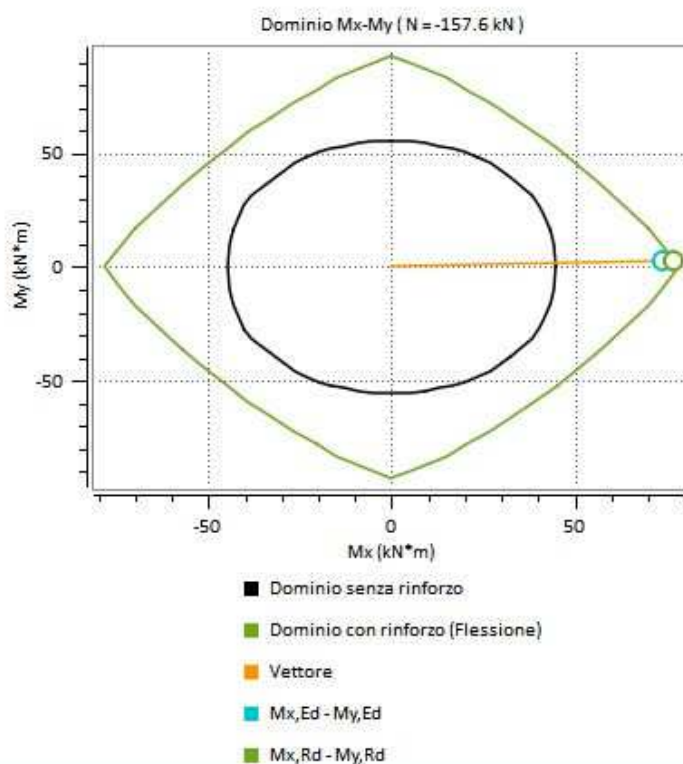
## Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strab}$	2	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
2	$n_{strab}$	2	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
3	$n_{strab}$	2	$b_f$ [mm]	250	$n_{fascie}$	1
4	$n_{strab}$	2	$b_f$ [mm]	250	$n_{fascie}$	1

Tipologia di avvolgimento	-			
Tipologia di applicazione	-			
$n_{str}$	$b_f$ [mm]	$p_f$ [mm]	$\beta$ [gradi]	
-	-	-	-	



$M_{x,Rd}$ : 77.0643 (kN\*m)  
 $M_{y,Rd}$ : 2.76194 (kN\*m)  
 $\beta$ : -2 (deg.)  
 $x_c$ : 108.009 (mm)  
 $\epsilon_c$ : -0.00206465 (-)  
 $\epsilon_s$ : 0.00231833 (-)  
 $\epsilon_t$ : 0.00290145 (-)  
 $\sigma_c$ : -16.8902 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_s$ : 286.026 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_t$ : 551.276 (N/mm<sup>2</sup>)



$|M_{Ed}| / |M_{Rd}|$ : 0.963212

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:

Esito verifica: VERIFICATO

$[|M_{Ed}| / |M_{Rd}| \leq 1.0]$

## • Pilastro 36 PT

### Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
2	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
3	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
4	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1

Tipologia di avvolgimento

-

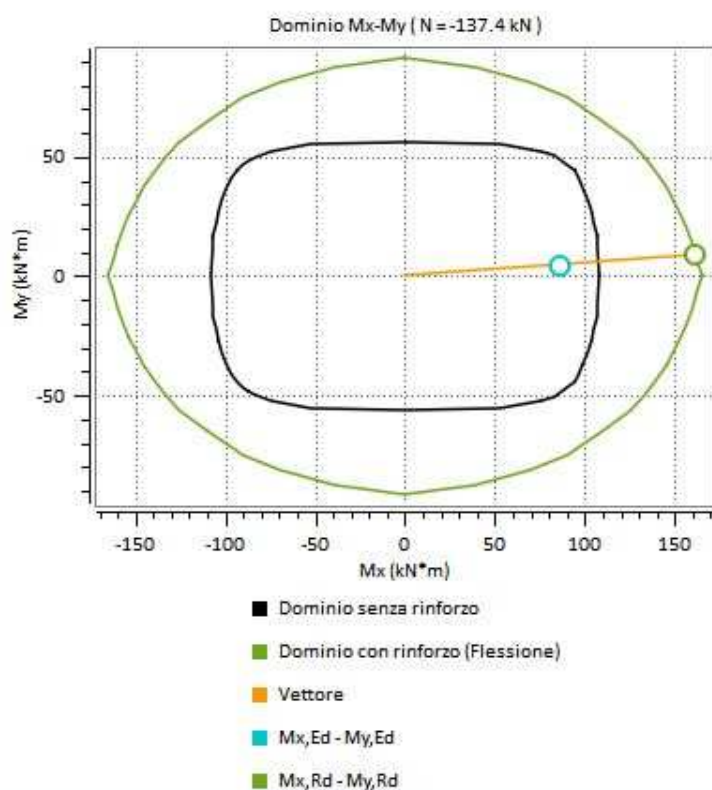
Tipologia di applicazione

-

$n_{str}$	$b_f$ [mm]	$p_f$ [mm]	$\beta$ [gradi]
-	-	-	-



$M_{x,Rd}$ :	161.334 (kN*m)
$M_{y,Rd}$ :	9.10487 (kN*m)
$\beta$ :	351 (deg.)
$x_c$ :	153.159 (mm)
$\varepsilon_c$ :	-0.00144587 (-)
$\varepsilon_s$ :	0.00380139 (-)
$\varepsilon_r$ :	0.00410327 (-)
$\sigma_c$ :	-15.5936 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_s$ :	286.026 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_r$ :	779.621 (N/mm <sup>2</sup> )



$|M_{Ed}| / |M_{Rd}|$ : 0.533704

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:

Esito verifica: VERIFICATO

$[|M_{Ed}| / |M_{Rd}| \leq 1.0]$

#### • Pilastro 28 P1

##### Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
2	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
3	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1
4	$n_{strati}$	1	$b_f$ [mm]	300	$n_{fascie}$	1

##### Caratteristiche del rinforzo a taglio

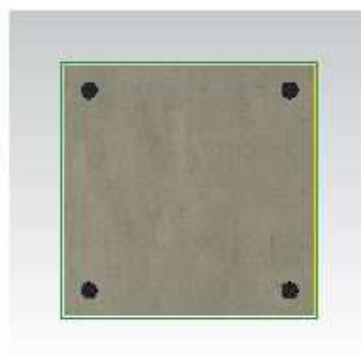
Tipologia di avvolgimento

Rinforzo in avvolgimento

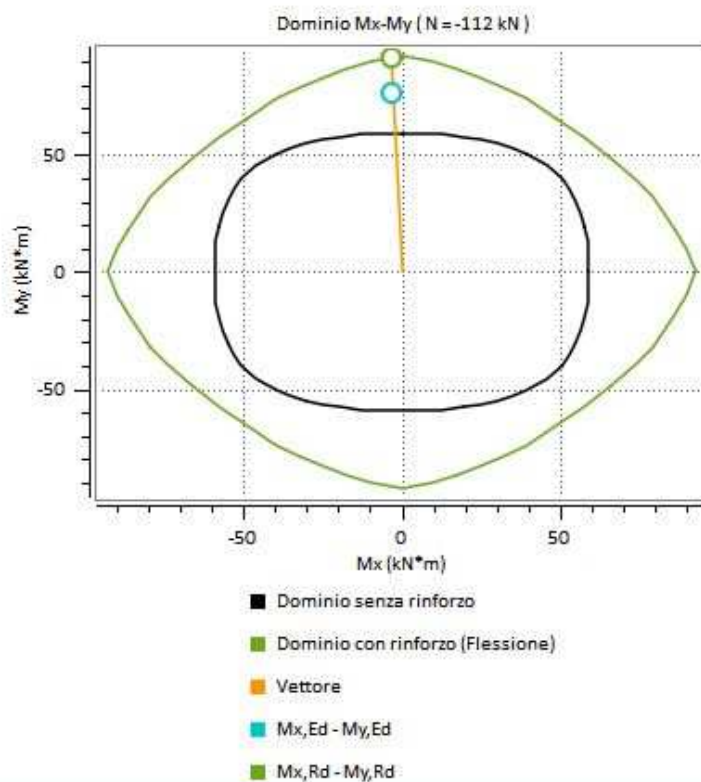
Tipologia di applicazione

Rinforzo continuo

$n_{se}$	$b_f$ [mm]	$p_f$ [mm]	$\beta$ [gradi]
1	-	-	90



$M_{x,Rd}$ :	-3.27886 (kN*m)
$M_{y,Rd}$ :	91.6364 (kN*m)
$\beta$ :	268 (deg.)
$x_c$ :	97.134 (mm)
$\varepsilon_c$ :	-0.00187447 (-)
$\varepsilon_s$ :	0.00351459 (-)
$\varepsilon_r$ :	0.00410327 (-)
$\sigma_c$ :	-16.8236 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_s$ :	286.026 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_r$ :	779.621 (N/mm <sup>2</sup> )



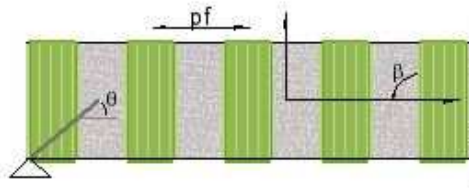
$|M_{Ed}|/|M_{Rd}|$ : 0.835846

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:

Esito verifica: VERIFICATO

$[|M_{Ed}|/|M_{Rd}| \leq 1.0]$

### Valutazione del taglio resistente



Contributo resistente offerto dal cls e dall'acciaio

cotθ	$V_{Rc,d}$	$V_{Rs,d}$
2.39568	162.025 (kN)	40.9388 (kN)

Contributo resistente offerto dal rinforzo

$\varphi_R$	$f_{Rd}$	$V_{Rs,r}$
0.2 (rad)	327.555 (N/mm <sup>2</sup> )	121.086 (kN)

Resistenza a taglio della sezione

$V_{Rd}$

162.025 (kN)

$|V_{Ed}|/|V_{Rd}|$ : 0.341189

Rapporto tra il taglio agente e il taglio resistente:

Esito verifica:

VERIFICATO

$[|V_{Ed}|/|V_{Rd}| \leq 1.0]$



- Trave 12-93 PT

### Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fascie}$	1
2	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fascie}$	1
3	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fascie}$	1
4	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fascie}$	1

### Caratteristiche del rinforzo a taglio

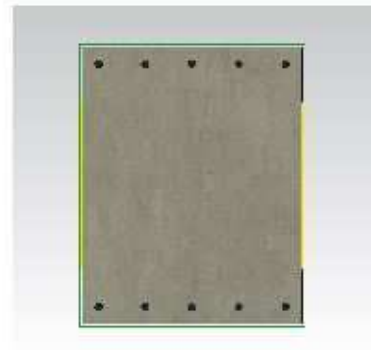
Tipologia di avvolgimento

Rinforzo in avvolgimento

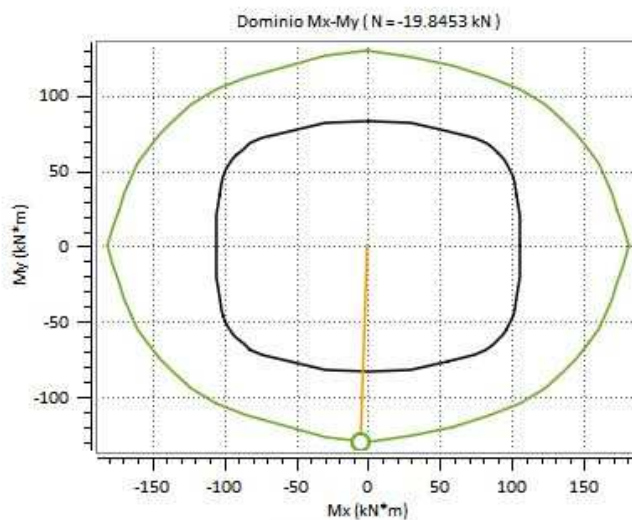
Tipologia di applicazione

Rinforzo continuo

$n_{str}$	$b_f[mm]$	$p_f[mm]$	$\beta[gradi]$
1	-	-	90



$M_{x,Rd}$	-5.27955 (kN*m)
$M_{y,Rd}$	-129.815 (kN*m)
$\beta$	91 (deg.)
$x_c$	113.416 (mm)
$\epsilon_c$	-0.00112218 (-)
$\epsilon_s$	0.00261934 (-)
$\epsilon_f$	0.00290145 (-)
$\sigma_c$	-13.6364 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_s$	286.026 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_f$	551.276 (N/mm <sup>2</sup> )



- Dominio senza rinforzo
- Dominio con rinforzo (Flessione)
- Vettore
- Mx,Ed - My,Ed
- Mx,Rd - My,Rd

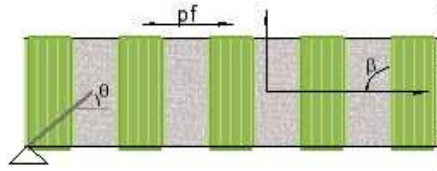
$|M_{Ed}|/|M_{Rd}|:$  0.999886

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:

Esito verifica: VERIFICATO

$[|M_{Ed}|/|M_{Rd}| \leq 1.0]$

### Valutazione del taglio resistente



Contributo resistente offerto dal cls e dall'acciaio

$\cot\theta$	$V_{Rcd}$	$V_{Rsd}$
2.5	326.092 (kN)	83.2629 (kN)

Contributo resistente offerto dal rinforzo

$\varphi_R$	$f_{Rd}$	$V_{Rdf}$
0.2 (rad)	341.891 (N/mm <sup>2</sup> )	180.736 (kN)

Resistenza a taglio della sezione

$V_{Rd}$   
263.999 (kN)

$|V_{Ed}|/|V_{Rd}|:$  0.530683

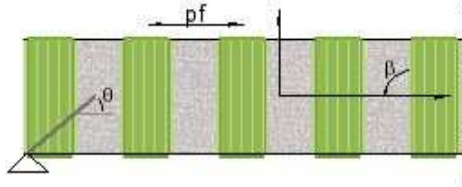
Rapporto tra il taglio agente e il taglio resistente:

Esito verifica: VERIFICATO

$[|V_{Ed}|/|V_{Rd}| \leq 1.0]$

- **Trave 28-29 PT**

### Valutazione del taglio resistente



Contributo resistente offerto dal ds e dall'acciaio

$\cot\theta$	$V_{Rd,c}$	$V_{Rd,s}$
2.5	396.279 (kN)	50.6328 (kN)

Contributo resistente offerto dal rinforzo

$\varphi_R$	$f_{teo}$	$V_{Rd,f}$
0.2 (rad)	241.511 (N/mm <sup>2</sup> )	186.332 (kN)

Resistenza a taglio della sezione

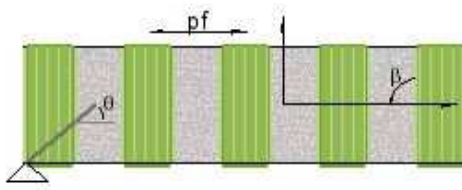
$$V_{Rd} = 236.964 \text{ (kN)}$$

$|V_{Ed}| / |V_{Rd}| :$  0.77269  
**Esito verifica:** VERIFICATO

Rapporto tra il taglio agente e il taglio resistente:  
 $[|V_{Ed}| / |V_{Rd}| \leq 1.0]$

- **Trave 30-31 PT**

### Valutazione del taglio resistente



Contributo resistente offerto dal ds e dall'acciaio

$\cot\theta$	$V_{Rd,c}$	$V_{Rd,s}$
2.5	912.856 (kN)	50.6328 (kN)

Contributo resistente offerto dal rinforzo

$\varphi_R$	$f_{teo}$	$V_{Rd,f}$
0.2 (rad)	241.511 (N/mm <sup>2</sup> )	186.332 (kN)

Resistenza a taglio della sezione

$$V_{Rd} = 236.964 \text{ (kN)}$$

$|V_{Ed}| / |V_{Rd}| :$  0.913639  
**Esito verifica:** VERIFICATO

Rapporto tra il taglio agente e il taglio resistente:  
 $[|V_{Ed}| / |V_{Rd}| \leq 1.0]$

- **Nodi**

Le verifiche dei nodi vengono effettuate secondo le seguenti formule:

"Compression" carried out according to the Circ. 2009 indication [8.7.2.3]:

$$\left| \frac{N}{2 \cdot A_g} + \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \leq 0.5 \cdot f_c \quad Edc = \left| \frac{N}{2 \cdot A_g} + \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \quad Rdc = 0.5 \cdot f_c$$

"Tension" carried out according to the Circ. 2009 indication [8.7.2.2]:

$$\left| \frac{N}{2 \cdot A_g} - \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \leq 0.3 \cdot \sqrt{f_c} \quad Edt = \left| \frac{N}{2 \cdot A_g} - \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \quad Rdt = 0.3 \cdot \sqrt{f_c}$$

"Reinforcement" carried out according to the NTC indication [7.4.10]:

$$\frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_j \cdot h_{ju}} - \frac{[V_{jzd} / (b_j \cdot h_{jk})]^2}{f_{ctd} + v_d \cdot f_{ctd}} + f_{ctd} \geq 0 \quad Edr = \frac{[V_{jzd} / (b_j \cdot h_{jk})]^2}{f_{ctd} + v_d \cdot f_{ctd}} - f_{ctd} \quad Rdr = \frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_j \cdot h_{ju}}$$

- **Nodo 4 PT**

Direzione x										Direzione y									
Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo			Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr		Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	0.665796	6.6236	9.94839	0.044098	1.0919	24.7608	-1.03408	0.675081	1.70916	1	0.660083	6.6236	10.0345	0.038385	1.0919	28.4459	-1.0347	0.506311	1.54101
2	0.75076	6.6236	8.82253	0.015262	1.0919	71.546	-1.04943	0.675081	1.72451	2	0.77489	6.6236	8.54779	0.039392	1.0919	27.7191	-1.03168	0.506311	1.53799
3	1.11686	6.6236	5.93058	0.096856	1.0919	11.2735	-0.98623	0.675081	1.66131	3	1.02384	6.6236	6.46936	0.003842	1.0919	284.172	-1.05531	0.506311	1.56162
4	1.28168	6.6236	5.16791	0.148345	1.0919	7.36055	-0.93819	0.675081	1.61327	4	1.13345	6.6236	5.84375	0.000117	1.0919	9359.51	-1.05817	0.506311	1.56448
5	0.582862	6.6236	11.3639	0.009445	1.0919	115.608	-1.0536	0.675081	1.72868	5	0.595115	6.6236	11.13	0.021697	1.0919	50.324	-1.0459	0.506311	1.55221
6	0.784115	6.6236	8.44723	0.000336	1.0919	3247.62	-1.05807	0.675081	1.73315	6	0.812133	6.6236	8.15581	0.028354	1.0919	38.5101	-1.03873	0.506311	1.54505
7	1.02687	6.6236	6.45029	0.055202	1.0919	19.7802	-1.01962	0.675081	1.6947	7	0.981236	6.6236	6.75026	0.00957	1.0919	114.1	-1.05104	0.506311	1.55735
8	1.28397	6.6236	5.15868	0.102305	1.0919	10.673	-0.9771	0.675081	1.65218	8	1.18343	6.6236	5.59695	0.001763	1.0919	619.261	-1.05681	0.506311	1.56312
9	0.679991	6.6236	9.74071	0.114374	1.0919	9.54678	-0.99198	0.675081	1.66706	9	0.709705	6.6236	9.3329	0.144087	1.0919	7.57806	-0.95987	0.506311	1.46618
10	0.699347	6.6236	9.47113	0.019929	1.0919	54.7894	-1.04717	0.675081	1.72225	10	0.788517	6.6236	8.40007	0.109099	1.0919	10.0083	-0.98091	0.506311	1.48722
11	1.17423	6.6236	5.64081	0.098395	1.0919	11.0972	-0.98333	0.675081	1.65842	11	1.08231	6.6236	6.11989	0.006474	1.0919	168.654	-1.05314	0.506311	1.55945
12	1.37533	6.6236	4.81602	0.185326	1.0919	5.89179	-0.90136	0.675081	1.57644	12	1.19008	6.6236	5.5657	7.56E-05	1.0919	14436.2	-1.0582	0.506311	1.56451
13	0.589351	6.6236	11.2388	0.072014	1.0919	15.1624	-1.02098	0.675081	1.69607	13	0.635615	6.6236	10.4208	0.118279	1.0919	9.2316	-0.98371	0.506311	1.49002
14	0.728719	6.6236	9.08937	0.001021	1.0919	1069.52	-1.05769	0.675081	1.73277	14	0.817255	6.6236	8.10469	0.089557	1.0919	12.1923	-0.99423	0.506311	1.50054
15	1.08471	6.6236	6.10631	0.057214	1.0919	19.0846	-1.01708	0.675081	1.69217	15	1.04085	6.6236	6.36363	0.013352	1.0919	81.7769	-1.04786	0.506311	1.55417
16	1.41141	6.6236	4.69291	0.173073	1.0919	6.30889	-0.91105	0.675081	1.58613	16	1.23883	6.6236	5.34668	0.000492	1.0919	2218.37	-1.05785	0.506311	1.56416
17	0.747255	6.6236	8.86391	0.118988	1.0919	9.17655	-0.9853	0.675081	1.66038	17	0.764936	6.6236	8.65903	0.136669	1.0919	7.98399	-0.96141	0.506311	1.46772
18	1.10738	6.6236	5.98134	0.099877	1.0919	10.9325	-0.98416	0.675081	1.65924	18	1.03798	6.6236	6.38127	0.030475	1.0919	35.8291	-1.03434	0.506311	1.54065
19	0.76375	6.6236	8.67247	0.016054	1.0919	68.0157	-1.04887	0.675081	1.72395	19	1.26489	6.6236	5.23652	0.517189	1.0919	2.11122	-0.49227	0.506311	0.998583
20	1.13434	6.6236	5.89116	0.007674	1.0919	142.278	-1.05275	0.675081	1.72783	20	1.45151	6.6236	4.56326	0.32484	1.0919	3.36135	-0.72108	0.506311	1.22739
21	0.735138	6.6236	9.01001	0.123697	1.0919	8.82726	-0.98289	0.675081	1.65797	21	0.725436	6.6236	9.13051	0.113994	1.0919	9.57859	-0.98088	0.506311	1.48719
22	1.09024	6.6236	6.07537	0.099404	1.0919	10.9845	-0.98506	0.675081	1.66015	22	1.00754	6.6236	6.57405	0.016704	1.0919	65.3697	-1.04543	0.506311	1.55174
23	0.779312	6.6236	8.49929	0.014791	1.0919	73.8199	-1.04951	0.675081	1.7246	23	1.28286	6.6236	5.16317	0.518336	1.0919	2.10655	-0.48827	0.506311	0.99458
24	1.14669	6.6236	5.77626	0.002526	1.0919	432.283	-1.05645	0.675081	1.73153	24	1.50343	6.6236	4.40566	0.359264	1.0919	3.03927	-0.67508	0.506311	1.18139
25	0.878613	6.6236	7.5387	0.411283	1.0919	2.65487	-0.73043	0.675081	1.40551	25	0.57388	6.6236	11.5418	0.106549	1.0919	10.2479	-0.99564	0.506311	1.50195
26	1.44738	6.6236	4.57628	0.279042	1.0919	3.91304	-0.80721	0.675081	1.48229	26	1.16891	6.6236	5.66649	0.000573	1.0919	1903.94	-1.0578	0.506311	1.56411
27	0.800552	6.6236	8.27379	0.213791	1.0919	5.10733	-0.91427	0.675081	1.58935	27	1.05958	6.6236	6.25115	0.472819	1.0919	2.30934	-0.58241	0.506311	1.08872
28	1.41177	6.6236	4.6917	0.123435	1.0919	8.84594	-0.95548	0.675081	1.63056	28	1.48126	6.6236	4.47159	0.192928	1.0919	5.65962	-0.86798	0.506311	1.37429
29	0.87034	6.6236	7.61036	0.149834	1.0919	2.60079	-0.72307	0.675081	1.39815	29	0.53437	6.6236	12.3952	0.083864	1.0919	13.0198	-1.01186	0.506311	1.51817
30	1.43094	6.6236	4.62883	0.279277	1.0919	3.90974	-0.80798	0.675081	1.48306	30	1.1521	6.6236	5.74918	0.000429	1.0919	2546.43	-1.05792	0.506311	1.56423
31	0.811174	6.6236	8.16545	0.207589	1.0919	5.25992	-0.91802	0.675081	1.5931	31	1.06547	6.6236	6.21663	0.46188	1.0919	2.36404	-0.59557	0.506311	1.10188
32	1.40656	6.6236	4.70909	0.101556	1.0919	10.7517	-0.97461	0.675081	1.64969	32	1.52741	6.6236	4.3365	0.222406	1.0919	4.9095	-0.83367	0.506311	1.33998
33	0.72097	6.6236	9.18706	0.004125	1.0919	264.687	-1.05595	0.675081	1.73103	33	0.730607	6.6236	9.06588	0.013762	1.0919	79.3407	-1.04942	0.506311	1.55573
34	0.789251	6.6236	8.39226	0.000892	1.0919	1223.9	-1.05774	0.675081	1.73282	34	0.792855	6.6236	8.35411	0.004496	1.0919	242.846	-1.05525	0.506311	1.56156
35	1.02675	6.6236	6.45103	0.060085	1.0919	18.1727	-1.0161	0.675081	1.69118	35	1.5188	6.6236	4.36107	0.552134	1.0919	1.9776	-0.41119	0.506311	0.917503
36	1.14128	6.6236	5.80367	0.102945	1.0919	10.6066	-0.98071	0.675081	1.65579	36	1.60371	6.6236	4.13017	0.565379	1.0919	1.93127	-0.38254	0.506311	0.888852
37	0.686599	6.6236	9.64697	0.46E-05	1.0919	16905.9	-1.05823	0.675081	1.73331	37	0.697066	6.6236	9.50211	1.05E-02	1.0919	103.672	-1.05169	0.506311	1.558
38	0.819825	6.6236	8.07929	0.001156	1.0919	944.742	-1.05757	0.675081	1.73265	38	0.81986	6.6236	8.07894	0.001191	1.0919	116.671	-1.05745	0.506311	1.56376
39	0.974145	6.6236	6.79939	0.037479	1.0919	29.1338	-1.03294	0.675081	1.70802	39	1.47777	6.6236	4.48216	0.541103	1.0919	2.01792	-0.43197	0.506311	0.938284
40	1.13879	6.6236	5.81637	0.06962	1.0919	15.6837	-1.00669	0.675081	1.68177	40	1.60788	6.6236	4.11947	0.538709	1.0919	2.02688	-0.4221	0.506311	0.928411
41	0.709774	6.6236	9.33199	0.020654	1.0919	52.8675	-1.04666	0.675081	1.72174	41	0.692921	6.6236	9.55895	0.003801	1.0919	287.229	-1.05591	0.506311	1.56222
42	0.761391	6.6236	8.69935	0.000756	1.0919	1443.39	-1.05783	0.675081	1.73291	42	0.760884	6.6236	8.70513	0.00025	1.0919	4364.86	-1.0581	0.506311	1.56441
43	1.05244	6.6236	6.29359	0.057435	1.0919	19.011	-1.01752	0.675081	1.6926	43	0.997892	6.6236	6.63759	0.002892	1.0919	377.568	-1.05607	0.506311	1.56238
44	1.17812	6.6236	5.62218	0.112285	1.0919	9.72435	-0.97207	0.675081	1.64715	44	1.06588	6.6236	6.21419	5.02E-05	1.0919	21765.1	-1.05823	0.506311	1.56454
45	0.664207	6.6236	9.9722	0.005397	1.0919	202.327	-1.05538	0.675081	1.73046	45	0.660852	6.6236	10.0228	0.002042	1.0919	534.82	-1.05704	0.506311	1.56335
46	0.792346	6.6236	8.35948	0.001401	1.0919	779.118	-1.05744	0.675081	1.73252	46	0.793197	6.6236	8.35051	0.002253	1.0919	484.747	-1.05676	0.506311	1.56307
47	0.999735	6.6236	6.62536	0.035568	1.0919	30.699	-1.03393	0.675081	1.70901	47	0.970003	6.6236	6.82843	0.005837	1.0919	187.077	-1.05389	0.506311	1.5602
48	1.19783	6.6236	5.52968	0.101161	1.0919	10.7937	-0.98044	0.675081	1.65552	48	1.09685	6.6236	6.03874	0.000184	1.0919	5930.51	-1.05812	0.506311	1.56443
49	0.748783	6.6236	8.84582	0.02784	1.0919	39.2208	-1.04205	0.675081											



• **Nodo 28 PT**

Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	2.75403	6.6236	2.40506	0.151809	1.0919	7.19258	-0.8798	1.56335	2.44315
2	2.31521	6.6236	2.86091	0.051874	1.0919	21.0491	-1.00177	1.56335	2.56512
3	3.04035	6.6236	2.17857	0.01257	1.0919	86.8686	-1.04365	1.56335	2.607
4	2.68984	6.6236	2.46245	0.000951	1.0919	1147.95	-1.0572	1.56335	2.62055
5	2.90444	6.6236	2.28051	0.282214	1.0919	3.86906	-0.71029	1.56335	2.27363
6	2.30806	6.6236	2.86977	0.064725	1.0919	16.8698	-0.98757	1.56335	2.55091
7	3.05569	6.6236	2.16763	0.007916	1.0919	137.936	-1.04906	1.56335	2.61241
8	2.68494	6.6236	2.46694	0.016056	1.0919	68.0066	-1.04019	1.56335	2.60354
9	2.7945	6.6236	2.37022	0.177838	1.0919	6.13986	-0.84697	1.56335	2.41031
10	2.33644	6.6236	2.83491	0.057554	1.0919	18.9717	-0.99531	1.56335	2.55865
11	3.02239	6.6236	2.19151	0.010165	1.0919	107.416	-1.04647	1.56335	2.60982
12	2.67447	6.6236	2.47661	2.20E-05	1.0919	49538.8	-1.05824	1.56335	2.62159
13	2.95241	6.6236	2.24345	0.314637	1.0919	3.47036	-0.66556	1.56335	2.2289
14	2.32879	6.6236	2.84422	0.071013	1.0919	15.3762	-0.98034	1.56335	2.54369
15	3.03936	6.6236	2.17928	0.006025	1.0919	181.237	-1.05127	1.56335	2.61462
16	2.67973	6.6236	2.47174	0.0264	1.0919	41.3603	-1.02848	1.56335	2.59183
17	3.14508	6.6236	2.10602	0.000633	1.0919	1724.5	-1.05753	1.56335	2.62087
18	2.02653	6.6236	3.26845	0.007638	1.0919	142.958	-1.05041	1.56335	2.61375
19	3.27258	6.6236	2.02397	0.000356	1.0919	3070.61	-1.05785	1.56335	2.62119
20	2.18	6.6236	3.03835	0.034442	1.0919	31.7024	-1.02165	1.56335	2.58499
21	3.15047	6.6236	2.10242	0.000472	1.0919	2315.28	-1.05772	1.56335	2.62106
22	2.03022	6.6236	3.2625	0.006891	1.0919	158.463	-1.05117	1.56335	2.61452
23	3.26827	6.6236	2.02664	0.000494	1.0919	2208.99	-1.05768	1.56335	2.62103
24	2.17412	6.6236	3.04657	0.033006	1.0919	33.0821	-1.02322	1.56335	2.58657
25	3.22424	6.6236	2.05432	0.009792	1.0919	111.511	-1.04672	1.56335	2.61007
26	1.97581	6.6236	3.35234	0.026923	1.0919	40.5571	-1.03063	1.56335	2.59397
27	3.35059	6.6236	1.97685	0.008365	1.0919	130.539	-1.04832	1.56335	2.61166
28	2.09016	6.6236	3.16894	0.013498	1.0919	80.8922	-1.0442	1.56335	2.60755
29	3.22801	6.6236	2.05191	0.009123	1.0919	119.691	-1.04751	1.56335	2.61085
30	1.97882	6.6236	3.34725	0.025483	1.0919	42.8477	-1.0321	1.56335	2.59545
31	3.34677	6.6236	1.97911	0.008988	1.0919	121.491	-1.04758	1.56335	2.61092
32	2.08478	6.6236	3.17711	0.012562	1.0919	86.9181	-1.04519	1.56335	2.60854
33	2.67471	6.6236	2.47638	0.05693	1.0919	19.1796	-0.99354	1.56335	2.55689
34	3.11374	6.6236	2.12722	0.699293	1.0919	1.56143	-0.07857	1.56335	1.64191
35	3.33605	6.6236	1.98546	0.459381	1.0919	2.3769	-0.44973	1.56335	2.01307
36	2.68763	6.6236	2.46448	0.014292	1.0919	76.3971	-1.04218	1.56335	2.60553
37	2.74047	6.6236	2.41696	1.10E-01	1.0919	9.88396	-0.93001	1.56335	2.49336
38	3.2627	6.6236	2.03009	0.860482	1.0919	1.26894	0.209392	1.56335	1.35395
39	3.48631	6.6236	1.89989	0.597417	1.0919	1.8277	-0.23379	1.56335	1.79713
40	2.66175	6.6236	2.48844	0.00064	1.0919	1706.02	-1.05755	1.56335	2.6209
41	2.68978	6.6236	2.46251	0.061998	1.0919	17.612	-0.98758	1.56335	2.55092
42	3.08831	6.6236	2.14473	0.663863	1.0919	1.64477	-0.13845	1.56335	1.7018
43	3.31398	6.6236	1.99868	0.448427	1.0919	2.43496	-0.4665	1.56335	2.02984
44	2.67202	6.6236	2.47887	0.008688	1.0919	125.682	-1.04852	1.56335	2.61187
45	2.75718	6.6236	2.40231	0.117181	1.0919	9.31811	-0.92176	1.56335	2.48511
46	3.23519	6.6236	2.04736	0.822964	1.0919	1.32679	0.140431	1.56335	1.42291
47	3.46439	6.6236	1.91191	0.585506	1.0919	1.86489	-0.25327	1.56335	1.81661
48	2.65111	6.6236	2.49842	2.07E-06	1.0919	528042	-1.05826	1.56335	2.62161
49	2.94627	6.6236	2.24813	0.001823	1.0919	598.829	-1.05617	1.56335	2.61952
50	2.26925	6.6236	2.91886	0.000356	1.0919	3065.69	-1.05789	1.56335	2.62123
51	3.02434	6.6236	2.1901	0.002114	1.0919	516.527	-1.05582	1.56335	2.61916
52	2.37928	6.6236	2.78386	3.26E-02	1.0919	33.4774	-1.02266	1.56335	2.586
53	2.94979	6.6236	2.24545	0.002013	1.0919	542.416	-1.05595	1.56335	2.6193
54	2.27157	6.6236	2.91587	0.000458	1.0919	2384.71	-1.05778	1.56335	2.62112
55	3.02192	6.6236	2.19185	0.001921	1.0919	568.354	-1.05604	1.56335	2.61939
56	2.37512	6.6236	2.78875	0.031783	1.0919	34.3548	-1.02359	1.56335	2.58694
57	2.98668	6.6236	2.21771	1.80E-05	1.0919	60799.5	-1.05825	1.56335	2.62159
58	2.22723	6.6236	2.97392	0.000562	1.0919	1944.56	-1.05767	1.56335	2.62102
59	3.06444	6.6236	2.16144	1.47E-07	1.0919	7.41E+06	-1.05827	1.56335	2.62161
60	2.32431	6.6236	2.8497	0.01987	1.0919	54.9537	-1.03681	1.56335	2.60015
61	2.99	6.6236	2.21525	4.11E-06	1.0919	265936	-1.05826	1.56335	2.62161
62	2.23044	6.6236	2.96963	0.000445	1.0919	2456.43	-1.0578	1.56335	2.62114
63	3.06112	6.6236	2.16378	6.59E-06	1.0919	165643	-1.05826	1.56335	2.6216
64	2.3203	6.6236	2.85463	0.019192	1.0919	56.893	-1.03755	1.56335	2.6009

- **Nodo 30 PT**

Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	3.30934	6.6236	2.00149	0.28267	1.0919	3.86281	-0.70045	1.56335	2.2638
2	3.93149	6.6236	1.68475	1.00038	1.0919	1.09148	0.482149	1.56335	1.0812
3	4.69283	6.6236	1.41143	0.7895	1.0919	1.38303	0.108504	1.56335	1.45484
4	4.03113	6.6236	1.64311	0.223347	1.0919	4.8888	-0.76917	1.56335	2.33251
5	3.49319	6.6236	1.89615	0.454303	1.0919	2.40347	-0.45306	1.56335	2.0164
6	2.94644	6.6236	2.248	0.027552	1.0919	39.6306	-1.02637	1.56335	2.58972
7	3.92862	6.6236	1.68599	0.013061	1.0919	83.5983	-1.04215	1.56335	2.60549
8	4.16417	6.6236	1.59062	0.369725	1.0919	2.95328	-0.56254	1.56335	2.12589
9	3.17708	6.6236	2.08481	0.203744	1.0919	5.35918	-0.80739	1.56335	2.37074
10	3.84062	6.6236	1.72462	0.962841	1.0919	1.13404	0.409699	1.56335	1.15365
11	4.69689	6.6236	1.41021	0.740226	1.0919	1.47509	0.024986	1.56335	1.53836
12	4.01509	6.6236	1.64968	1.54E-01	1.0919	7.09121	-0.8619	1.56335	2.42525
13	3.34514	6.6236	1.98006	0.359589	1.0919	3.03652	-0.59349	1.56335	2.15683
14	2.88196	6.6236	2.2983	0.017516	1.0919	62.3358	-1.03816	1.56335	2.6015
15	3.97696	6.6236	1.66549	0.006958	1.0919	156.924	-1.04967	1.56335	2.61301
16	4.13041	6.6236	1.60362	0.281516	1.0919	3.87864	-0.68802	1.56335	2.25137
17	3.48432	6.6236	1.90097	0.038763	1.0919	28.1687	-1.01141	1.56335	2.57476
18	3.13391	6.6236	2.11353	0.007244	1.0919	150.737	-1.04979	1.56335	2.61314
19	3.71304	6.6236	1.78388	0.005257	1.0919	207.694	-1.05187	1.56335	2.61521
20	3.42681	6.6236	1.93288	0.037922	1.0919	28.7931	-1.01261	1.56335	2.57595
21	3.46414	6.6236	1.91205	0.035256	1.0919	30.9711	-1.01574	1.56335	2.57908
22	3.11912	6.6236	2.12355	0.009121	1.0919	119.707	-1.0476	1.56335	2.61095
23	3.73112	6.6236	1.77523	0.006672	1.0919	163.648	-1.05013	1.56335	2.61348
24	3.43964	6.6236	1.92567	0.034085	1.0919	32.0347	-1.01723	1.56335	2.58057
25	3.52298	6.6236	1.88011	0.036317	1.0919	30.066	-1.01428	1.56335	2.57763
26	3.09086	6.6236	2.14296	0.006415	1.0919	170.201	-1.05079	1.56335	2.61413
27	3.7545	6.6236	1.76418	0.004495	1.0919	242.889	-1.05278	1.56335	2.61613
28	3.38381	6.6236	1.95744	0.036037	1.0919	30.2999	-1.01502	1.56335	2.57837
29	3.50292	6.6236	1.89088	0.032923	1.0919	33.165	-1.01847	1.56335	2.58182
30	3.07709	6.6236	2.15255	0.008203	1.0919	133.109	-1.04871	1.56335	2.61206
31	3.77136	6.6236	1.75629	0.005807	1.0919	188.048	-1.05117	1.56335	2.61452
32	3.39563	6.6236	1.95062	0.032299	1.0919	33.8061	-1.01951	1.56335	2.58286
33	3.29544	6.6236	2.00993	0.09766	1.0919	11.1806	-0.94011	1.56335	2.50346
34	3.61415	6.6236	1.83268	0.474153	1.0919	2.30285	-0.42048	1.56335	1.98383
35	4.06015	6.6236	1.63137	0.365705	1.0919	2.98574	-0.57012	1.56335	2.13346
36	3.72163	6.6236	1.77976	0.084964	1.0919	12.8513	-0.95303	1.56335	2.51638
37	3.36852	6.6236	1.96632	1.64E-01	1.0919	6.65467	-0.85567	1.56335	2.41902
38	3.72758	6.6236	1.77692	0.594242	1.0919	1.83747	-0.23255	1.56335	1.7959
39	4.17017	6.6236	1.58833	0.469064	1.0919	2.32783	-0.41609	1.56335	1.97943
40	3.77438	6.6236	1.75488	0.14438	1.0919	7.56266	-0.87665	1.56335	2.43999
41	3.24403	6.6236	2.04178	0.068479	1.0919	15.9452	-0.97628	1.56335	2.53963
42	3.60787	6.6236	1.83588	0.490088	1.0919	2.22797	-0.39669	1.56335	1.96004
43	4.09185	6.6236	1.61873	0.375178	1.0919	2.91035	-0.55591	1.56335	2.11926
44	3.71735	6.6236	1.78181	0.058461	1.0919	18.6774	-0.98628	1.56335	2.54963
45	3.30888	6.6236	2.00176	0.126661	1.0919	8.62064	-0.90384	1.56335	2.46718
46	3.72286	6.6236	1.77917	0.611749	1.0919	1.78488	-0.20478	1.56335	1.76812
47	4.20258	6.6236	1.57608	0.479248	1.0919	2.27836	-0.40012	1.56335	1.96347
48	3.7618	6.6236	1.76075	1.10E-01	1.0919	9.96458	-0.92153	1.56335	2.48488
49	3.45341	6.6236	1.91799	0.014518	1.0919	75.2096	-1.04085	1.56335	2.60419
50	3.24876	6.6236	2.03881	0.002092	1.0919	521.978	-1.0558	1.56335	2.61915
51	3.58963	6.6236	1.84521	0.00185	1.0919	590.356	-1.05603	1.56335	2.61938
52	3.40857	6.6236	1.94322	1.30E-02	1.0919	83.9282	-1.04271	1.56335	2.60606
53	3.44534	6.6236	1.92248	0.013122	1.0919	83.2105	-1.04254	1.56335	2.60588
54	3.24271	6.6236	2.04261	0.002714	1.0919	402.309	-1.05507	1.56335	2.61841
55	3.59684	6.6236	1.84151	0.002395	1.0919	455.916	-1.05537	1.56335	2.61872
56	3.41385	6.6236	1.94022	0.011623	1.0919	93.9432	-1.04437	1.56335	2.60771
57	3.47396	6.6236	1.90664	1.40E-02	1.0919	78.201	-1.04149	1.56335	2.60484
58	3.22632	6.6236	2.05299	0.00188	1.0919	580.909	-1.05605	1.56335	2.6194
59	3.61168	6.6236	1.83394	1.68E-03	1.0919	6.51E+02	-1.05624	1.56335	2.61959
60	3.38587	6.6236	1.95625	0.012535	1.0919	87.1073	-1.0433	1.56335	2.60665
61	3.46703	6.6236	1.91045	1.26E-02	1.0919	86.7498	-1.04316	1.56335	2.6065
62	3.22025	6.6236	2.05686	0.002474	1.0919	441.427	-1.05536	1.56335	2.6187
63	3.61886	6.6236	1.8303	2.19E-03	1.0919	497.878	-1.05561	1.56335	2.61896
64	3.39117	6.6236	1.95319	0.01117	1.0919	97.7506	-1.04493	1.56335	2.60828

- **Nodo 48 PT**

Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	2.39809	6.6236	2.76203	0.129087	1.0919	8.45862	-0.89719	0.571223	1.46841
2	3.08662	6.6236	2.14591	0.031621	1.0919	34.5308	-1.01719	0.571223	1.58841
3	1.3014	6.6236	5.0896	0.037398	1.0919	29.1967	-1.02198	0.571223	1.5932
4	2.3344	6.6236	2.83738	0.284405	1.0919	3.83925	-0.68847	0.571223	1.25969
5	2.49825	6.6236	2.65129	0.129252	1.0919	8.44784	-0.89515	0.571223	1.46637
6	2.96139	6.6236	2.23665	0.007389	1.0919	147.781	-1.04883	0.571223	1.62005
7	1.36845	6.6236	4.84022	0.003451	1.0919	316.37	-1.05489	0.571223	1.62611
8	2.17749	6.6236	3.04185	0.228494	1.0919	4.7787	-0.77183	0.571223	1.34305
9	2.39152	6.6236	2.76962	0.181523	1.0919	6.01522	-0.8283	0.571223	1.39952
10	3.02241	6.6236	2.19149	0.027412	1.0919	39.8334	-1.02288	0.571223	1.5941
11	1.33072	6.6236	4.97744	0.006725	1.0919	162.371	-1.05176	0.571223	1.62299
12	2.3976	6.6236	2.76259	2.89E-01	1.0919	3.78338	-0.68003	0.571223	1.25125
13	2.45109	6.6236	2.70231	0.141085	1.0919	7.73931	-0.88052	0.571223	1.45174
14	2.90692	6.6236	2.27856	0.011919	1.0919	91.6107	-1.04309	0.571223	1.61432
15	1.43198	6.6236	4.62547	0.007984	1.0919	136.763	-1.05029	0.571223	1.62152
16	2.21004	6.6236	2.99705	0.201037	1.0919	5.43134	-0.80748	0.571223	1.37871
17	1.05378	6.6236	6.28555	0.052782	1.0919	20.6868	-1.0115	0.571223	1.58273
18	3.62797	6.6236	1.82571	0.008967	1.0919	121.774	-1.04623	0.571223	1.61745
19	0.708348	6.6236	9.35077	0.008604	1.0919	126.911	-1.05226	0.571223	1.62349
20	3.31868	6.6236	1.99585	0.000684	1.0919	1596.33	-1.05737	0.571223	1.62859
21	1.01485	6.6236	6.52669	0.031458	1.0919	34.7097	-1.03119	0.571223	1.60242
22	3.6072	6.6236	1.83621	0.006205	1.0919	175.984	-1.04995	0.571223	1.62117
23	0.733713	6.6236	9.02751	0.016142	1.0919	67.6451	-1.04672	0.571223	1.61794
24	3.33682	6.6236	1.98501	0.000816	1.0919	1338.04	-1.05719	0.571223	1.62842
25	1.3914	6.6236	4.7604	0.056397	1.0919	19.361	-1.0015	0.571223	1.57272
26	3.47193	6.6236	1.90776	0.186932	1.0919	5.84116	-0.79956	0.571223	1.37078
27	1.81189	6.6236	3.65563	0.77789	1.0919	1.40367	0.108021	0.571223	0.463202
28	2.984	6.6236	2.2197	3.76E-06	1.0919	290489	-1.05826	0.571223	1.62948
29	1.3547	6.6236	4.88936	0.036697	1.0919	29.7549	-1.02205	0.571223	1.59327
30	3.48842	6.6236	1.89874	0.22142	1.0919	4.93136	-0.74909	0.571223	1.32031
31	1.85269	6.6236	3.57512	0.800693	1.0919	1.36369	0.158775	0.571223	0.412448
32	3.00105	6.6236	2.20709	5.38E-05	1.0919	20299.3	-1.0582	0.571223	1.62942
33	2.31953	6.6236	2.85558	0.085527	1.0919	12.7667	-0.95394	0.571223	1.52517
34	2.72145	6.6236	2.43385	0.017452	1.0919	62.5672	-1.03641	0.571223	1.60763
35	1.62681	6.6236	4.07153	0.011808	1.0919	92.4715	-1.04583	0.571223	1.61705
36	2.20933	6.6236	2.99802	0.124328	1.0919	8.78239	-0.90697	0.571223	1.47819
37	2.34425	6.6236	2.82547	5.12E-02	1.0919	21.3056	-0.9962	0.571223	1.56742
38	2.6504	6.6236	2.4991	0.005397	1.0919	202.313	-1.05158	0.571223	1.6228
39	1.67497	6.6236	3.95446	0.000968	1.0919	1127.66	-1.05724	0.571223	1.62846
40	2.1117	6.6236	3.13662	0.085703	1.0919	12.7405	-0.95668	0.571223	1.5279
41	2.27596	6.6236	2.91024	0.077963	1.0919	14.0054	-0.96392	0.571223	1.53515
42	2.68974	6.6236	2.46255	0.021738	1.0919	50.2313	-1.0311	0.571223	1.60232
43	1.65104	6.6236	4.01177	4.39E-05	1.0919	24900.2	-1.05822	0.571223	1.62944
44	2.23297	6.6236	2.96627	0.11197	1.0919	9.75174	-0.92211	0.571223	1.49334
45	2.30316	6.6236	2.87588	0.045158	1.0919	24.1795	-1.00397	0.571223	1.57519
46	2.61686	6.6236	2.53112	0.007863	1.0919	138.869	-1.04855	0.571223	1.61978
47	1.7124	6.6236	3.86802	0.0024	1.0919	454.899	-1.0557	0.571223	1.62692
48	2.13641	6.6236	3.10034	7.54E-02	1.0919	14.4788	-0.96884	0.571223	1.54006
49	1.93251	6.6236	3.42746	0.463508	1.0919	2.35574	-0.44465	0.571223	1.01587
50	3.21849	6.6236	2.05799	0.182487	1.0919	5.98343	-0.80991	0.571223	1.38113
51	2.00643	6.6236	3.30119	0.723431	1.0919	1.50934	0.015088	0.571223	0.556135
52	3.25873	6.6236	2.03257	4.09E-01	1.0919	2.67144	-0.46824	0.571223	1.03946
53	1.95214	6.6236	3.39299	0.494144	1.0919	2.20968	-0.39455	0.571223	0.965775
54	3.22952	6.6236	2.05095	0.204522	1.0919	5.3388	-0.77821	0.571223	1.34943
55	2.05554	6.6236	3.22231	0.761545	1.0919	1.4338	0.093883	0.571223	0.47734
56	3.25625	6.6236	2.03412	0.395248	1.0919	2.76257	-0.48974	0.571223	1.06096
57	1.98546	6.6236	3.33606	3.18E-01	1.0919	3.42871	-0.65659	0.571223	1.22781
58	2.89089	6.6236	2.2912	0.052889	1.0919	20.6451	-0.99033	0.571223	1.56155
59	1.85213	6.6236	3.57621	3.71E-01	1.0919	2.94E+00	-0.58961	0.571223	1.16083
60	2.88874	6.6236	2.2929	0.23674	1.0919	4.61224	-0.73915	0.571223	1.31037
61	1.98203	6.6236	3.34183	3.26E-01	1.0919	3.34913	-0.64609	0.571223	1.21732
62	2.89312	6.6236	2.28943	0.066116	1.0919	16.515	-0.97303	0.571223	1.54425
63	1.89618	6.6236	3.49313	4.04E-01	1.0919	2.70151	-0.53798	0.571223	1.1092
64	2.87482	6.6236	2.304	0.211824	1.0919	5.15477	-0.77495	0.571223	1.34618

• **Nodo 85 PT**

Direzione x									
Caso di Carico	Compressione			Trazione		Rinforzo			
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr	
1	0.94305	6.6236	7.0236	0.098605	1.0919	11.0735	-0.99577	0.990119	1.98589
2	0.915432	6.6236	7.23549	0.010247	1.0919	106.561	-1.0522	0.990119	2.04232
3	1.8181	6.6236	3.64314	0.152917	1.0919	7.14049	-0.93611	0.990119	1.92623
4	1.89509	6.6236	3.49513	0.169167	1.0919	6.45457	-0.92092	0.990119	1.91104
5	1.01196	6.6236	6.54535	0.172696	1.0919	6.32267	-0.94042	0.990119	1.93054
6	0.955961	6.6236	6.92874	0.046331	1.0919	23.5674	-1.0297	0.990119	2.01982
7	1.75754	6.6236	3.76868	0.097536	1.0919	11.1948	-0.98278	0.990119	1.9729
8	1.86914	6.6236	3.54366	0.138769	1.0919	7.86849	-0.94735	0.990119	1.93747
9	0.970922	6.6236	6.82197	0.062034	1.0919	17.6018	-1.0194	0.990119	2.00952
10	0.994197	6.6236	6.66226	0.024568	1.0919	44.4447	-1.04308	0.990119	2.0332
11	1.72679	6.6236	3.8358	0.126787	1.0919	8.61211	-0.95935	0.990119	1.94947
12	1.75304	6.6236	3.77836	9.23E-02	1.0919	11.8305	-0.98704	0.990119	1.97716
13	1.0293	6.6236	6.43503	0.12486	1.0919	8.74504	-0.97511	0.990119	1.96523
14	1.04436	6.6236	6.34225	0.069547	1.0919	15.7002	-1.01324	0.990119	2.00336
15	1.6709	6.6236	3.96408	0.075348	1.0919	14.4915	-1.00127	0.990119	1.99139
16	1.73461	6.6236	3.81849	0.068684	1.0919	15.8974	-1.00593	0.990119	1.99605
17	1.17833	6.6236	5.62119	0.117586	1.0919	9.28597	-0.97655	0.990119	1.96667
18	1.69662	6.6236	3.90399	0.433659	1.0919	2.51788	-0.66892	0.990119	1.65904
19	1.34676	6.6236	4.91817	0.040094	1.0919	27.2334	-1.03031	0.990119	2.02043
20	1.72795	6.6236	3.83322	0.21906	1.0919	4.98449	-0.88021	0.990119	1.87033
21	1.22479	6.6236	5.40795	0.144788	1.0919	7.54136	-0.95481	0.990119	1.94493
22	1.72624	6.6236	3.83701	0.444017	1.0919	2.45914	-0.6566	0.990119	1.64671
23	1.3343	6.6236	4.9641	0.046894	1.0919	23.2847	-1.02556	0.990119	2.01568
24	1.74298	6.6236	3.80015	0.253353	1.0919	4.3098	-0.84872	0.990119	1.83884
25	1.29009	6.6236	5.13422	0.245645	1.0919	4.44504	-0.86963	0.990119	1.85975
26	2.03152	6.6236	3.26042	0.722256	1.0919	1.4515	-0.25621	0.990119	1.24633
27	1.53314	6.6236	4.32029	0.242769	1.0919	4.49769	-0.86401	0.990119	1.85413
28	1.87267	6.6236	3.53697	3.47E-01	1.0919	3.14226	-0.75439	0.990119	1.74451
29	1.34282	6.6236	4.93262	0.279113	1.0919	3.91204	-0.8376	0.990119	1.82771
30	2.06129	6.6236	3.21333	0.76277	1.0919	1.43149	-0.24101	0.990119	1.23113
31	1.52891	6.6236	4.33222	0.257804	1.0919	4.2354	-0.85055	0.990119	1.84067
32	1.89299	6.6236	3.49901	3.87E-01	1.0919	2.82096	-0.71313	0.990119	1.70325
33	1.02385	6.6236	6.4693	0.003111	1.0919	350.99	-1.05634	0.990119	2.04646
34	1.09156	6.6236	6.06801	0.033783	1.0919	32.3213	-1.03648	0.990119	2.0266
35	1.62717	6.6236	4.07062	0.114578	1.0919	9.52978	-0.97071	0.990119	1.96083
36	1.60242	6.6236	4.13349	0.053534	1.0919	20.3963	-1.01863	0.990119	2.00875
37	1.03324	6.6236	6.4105	1.55E-02	1.0919	70.6092	-1.04861	0.990119	2.03873
38	1.12203	6.6236	5.90323	0.061289	1.0919	17.8157	-1.01771	0.990119	2.00783
39	1.59188	6.6236	4.16086	0.082252	1.0919	13.2751	-0.9967	0.990119	1.98681
40	1.59323	6.6236	4.15733	0.041381	1.0919	26.3866	-1.02784	0.990119	2.01796
41	1.06043	6.6236	6.24613	0.000432	1.0919	2525.94	-1.058	0.990119	2.04812
42	1.14157	6.6236	5.8022	0.045271	1.0919	24.1195	-1.02839	0.990119	2.01851
43	1.57335	6.6236	4.20987	1.00E-01	1.0919	10.917	-0.98303	0.990119	1.97315
44	1.53464	6.6236	4.31607	0.024268	1.0919	44.9945	-1.04076	0.990119	2.03088
45	1.06487	6.6236	6.2201	0.007833	1.0919	139.391	-1.05334	0.990119	2.04346
46	1.17445	6.6236	5.63974	0.075192	1.0919	14.5215	-1.0073	0.990119	1.99742
47	1.53972	6.6236	4.30183	0.069348	1.0919	15.7452	-1.00715	0.990119	1.99727
48	1.52941	6.6236	4.33082	1.61E-02	1.0919	67.9114	-1.04672	0.990119	2.03684
49	1.17573	6.6236	5.63359	0.026104	1.0919	41.8284	-1.04103	0.990119	2.03115
50	1.54818	6.6236	4.27831	0.275587	1.0919	3.96209	-0.83359	0.990119	1.82371
51	1.29842	6.6236	5.10129	0.000638	1.0919	1711.84	-1.05784	0.990119	2.04796
52	1.53946	6.6236	4.30256	1.19E-01	1.0919	9.14051	-0.96814	0.990119	1.95826
53	1.18437	6.6236	5.5925	0.022891	1.0919	47.7	-1.04314	0.990119	2.03326
54	1.56582	6.6236	4.23011	0.281379	1.0919	3.88054	-0.82764	0.990119	1.81775
55	1.28713	6.6236	5.14604	0.00112	1.0919	909.546	-1.05746	0.990119	2.04758
56	1.54441	6.6236	4.28875	0.136263	1.0919	8.01316	-0.95455	0.990119	1.94467
57	1.21736	6.6236	5.44094	7.74E-02	1.0919	14.1139	-1.00511	0.990119	1.99523
58	1.73284	6.6236	3.82239	0.450622	1.0919	2.4231	-0.64906	0.990119	1.63918
59	1.33875	6.6236	4.9476	5.13E-02	1.0919	2.13E+01	-1.02234	0.990119	2.01246
60	1.61657	6.6236	4.09732	0.186939	1.0919	5.84093	-0.91083	0.990119	1.90095
61	1.24309	6.6236	5.32832	9.12E-02	1.0919	11.9671	-0.99466	0.990119	1.98477
62	1.71826	6.6236	3.85482	0.424188	1.0919	2.57409	-0.67857	0.990119	1.66869
63	1.33215	6.6236	4.97213	5.59E-02	1.0919	19.5505	-1.01916	0.990119	2.00928
64	1.62459	6.6236	4.07708	0.206815	1.0919	5.2796	-0.89343	0.990119	1.88355

Direzione y									
Caso di Carico	Compressione			Trazione		Rinforzo			
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	2.82006	6.6236	2.34875	1.55339	1.0919	0.702915	1.8858	0.675081	-1.21072
2	2.76145	6.6236	2.3986	1.40367	1.0919	0.777891	1.44852	0.675081	-0.77344
3	2.50014	6.6236	2.6493	0.002358	1.0919	462.981	-1.05568	0.675081	1.73076
4	2.58976	6.6236	2.55761	0.000868	1.0919	1257.71	-1.0573	0.675081	1.73238
5	2.82642	6.6236	2.34346	1.56753	1.0919	0.696576	1.92929	0.675081	-1.25421
6	2.74554	6.6236	2.4125	1.38109	1.0919	0.790607	1.38724	0.675081	-0.71216
7	2.49388	6.6236	2.65595	0.003876	1.0919	281.705	-1.05401	0.675081	1.72909
8	2.59739	6.6236	2.5501	0.00183	1.0919	596.614	-1.05623	0.675081	1.73132
9	2.47037	6.6236	2.68122	1.10704	1.0919	0.986329	0.706312	0.675081	-0.03123
10	2.54769	6.6236	2.59985	1.09325	1.0919	0.998771	0.673708	0.675081	0.001373
11	2.40215	6.6236	2.75736	0.002151	1.0919	507.528	-1.05593	0.675081	1.73101
12	2.49221	6.6236	2.65772	1.10E-03	1.0919	994.316	-1.05706	0.675081	1.73214
13	2.58778	6.6236	2.55957	1.23111	1.0919	0.886922	1.00303	0.675081	-0.32795
14	2.41624	6.6236	2.74128	0.954019	1.0919	1.14453	0.370734	0.675081	0.304347
15	2.39697	6.6236	2.76332	0.003641	1.0919	299.893	-1.05432	0.675081	1.7294
16	2.50107	6.6236	2.64831	0.00218	1.0919	500.795	-1.05587	0.675081	1.73095
17	1.59594	6.6236	4.15028	0.004828	1.0919	226.172	-1.05372	0.675081	1.7288
18	1.90707	6.6236	3.47317	0.01263	1.0919	86.4536	-1.04552	0.675081	1.7206
19	2.89967	6.6236	2.28426	0.93967	1.0919	1.162	0.352276	0.675081	0.322805
20	2.74505	6.6236	2.41293	0.481712	1.0919	2.26671	-0.43624	0.675081	1.1132
21	1.62144	6.6236	4.085	0.001443	1.0919	756.689	-1.0569	0.675081	1.73198
22	1.92333	6.6236	3.44381	2.27E-07	1.0919	4.80E+06	-1.05827	0.675081	1.73335
23	2.74416	6.6236	2.4137	0.813053	1.0919	1.34296	0.107919	0.675081	0.567162
24	2.61021	6.6236	2.53757	0.37577	1.0919	2.90577	-0.59283	0.675081	1.26791
25	1.57932	6.6236	4.19397	0.012649	1.0919	86.3201	-1.04638	0.675081	1.72146
26	1.94764	6.6236	3.40083	0.028752	1.0919	37.9766	-1.02888	0.675081	1.70396
27	2.46976	6.6236	2.68188	0.534201	1.0919	2.04399	-0.36969	0.675081	1.04477
28	3.03694	6.6236	2.18101	0.749159	1.0919	1.4575	0.004158	0.675081	0.670924
29	1.59575	6.6236	4.15078	0.000191	1.0919	5709.52	-1.05809	0.675081	1.73317
30	1.95879	6.6236	3.38147	0.011014	1.0919	99.1341	-1.04705	0.675081	1.72213
31	2.32916	6.6236	2.84377	0.422492	1.0919	2.58443	-0.53968	0.675081	1.21476
32	2.88843	6.6236	2.29315	0.629542	1.0919	1.73444	-0.20174	0.675081	0.876822
33	2.02939	6.6236	3.26384	0.498275	1.0919	2.19136	-0.44809	0.675081	1.12317
34	2.08015	6.6236	3.1842	0.493479	1.0919	2.21266	-0.45185	0.675081	1.12694
35	2.26944	6.6236	2.9186	0.000555	1.0919	1968.75	-1.05768	0.675081	1.73276
36	3.53398	6.6236	1.87426	1.21064	1.0919	0.901918	0.918602	0.675081	-0.24352
37	2.0997	6.6236	3.15454	5.73E-01	1.0919	1.90546	-0.33097	0.675081	1.06065
38	2.01321	6.6236	3.29006	0.422103	1.0919	2.58681	-0.5571	0.675081	1.23218
39	3.48359	6.6236	1.90137	1.21914	1.0919	0.895629	0.938877	0.675081	-0.2638
40	3.52562	6.6236	1.8787	1.19784	1.0919	0.911557	0.890512	0.675081	-0.21543
41	1.84821	6.6236	3.5838	0.258208	1.0919	4.22876	-0.7767	0.675081	1.45178
42	1.90091	6.6236	3.48444	0.256465	1.0919	4.2575	-0.77642	0.675081	1.4515
43	3.45796	6.6236	1.91546	1.24796	1.0919	0.874949	1.00485	0.675081	-0.32977
44	3.48833	6.6236	1.89879	1.22E+00	1.0919	0.892969	0.946884	0.675081	-0.2718
45	1.90633	6.6236	3.47454	0.32077	1.0919	3.404	-0.69688	0.675081	1.37196
46	1.84827	6.6236	3.58367	0.199385	1.0919	5.47635	-0.84557	0.675081	1.52065
47	3.44287	6.6236	1.92386	1.23731	1.0919	0.882478	0.981092	0.675081	-0.30601
48	3.47989	6.6236	1.90339	1.20989	1.0919	0.90248	0.918308	0.675081	-0.24423
49	1.75497	6.6236	3.74719	0.030527	1.0919	35.7682	-1.02818	0.675081	1.70327
50	1.9178	6.6236	3.45376	0.008907	1.0919	122.587	-1.04927	0.675081	1.72435
51	2.58596	6.6236	2.56137	0.639291	1.0919	1.70799	-0.19865	0.675081	0.873731
52	2.49727	6.6236	2.65234	3.67E-01	1.0919	2.97305	-0.60879	0.675081	1.28387
53	1.80108	6.6236	3.67756	0.058863	1.0919	18.55	-0.99912	0.675081	1.6742
54	1.92729	6.6236	3.43675	0.00062	1.0919	1761.85	-1.05764	0.675081	1.73272
55	2.49714	6.6236	2.65248	0.568247	1.0919	1.92153	-0.31603	0.675081	0.991133
56	2.4188	6.6236	2.73838	0.306578	1.0919	3.56158	-0.69281	0.675081	1.36789
57	1.71304	6.6236	3.86658	0.00304	1.0919	359.154	-1.05533	0.675081	1.73041
58	1.92695	6.6236	3.43735	0.003615	1.0919	302.047	-1.05462	0.675081	1.7297
59	2.34215	6.6236	2.828	0.41104	1.0919	2.65644	-0.55507	0.675081	1.23015
60	2.66137	6.6236	2.4888	0.516921	1.0919	2.11232	-0.3871	0.675081	1.06218
61	1.72806	6.6236	3.83297	0.000283	1.0919	3863.86	-1.05799	0.675081	1.73307
62	1.95761	6.6236	3.38351	0.016501	1.0919	66.1709	-1.04144	0.675081	1.71652
63	2.26206	6.6236	2.92813	0.347617	1.0919	3.1411	-0.64496	0.675081	1.32004
64	2.57627	6.6236	2.57101	0.4496	1.0919	2.4286	-0.49002	0.675081	1.1605

• **Nodo 92 PT**

Direzione x									
Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	1.63965	6.6236	4.03964	0.007799	1.0919	140	-1.05257	0.990119	2.04269
2	1.91393	6.6236	3.46073	0.196892	1.0919	5.54567	-0.89623	0.990119	1.88635
3	0.895886	6.6236	7.39335	0.073664	1.0919	14.8228	-1.01327	0.990119	2.00339
4	1.2935	6.6236	5.1207	0.386088	1.0919	2.82812	-0.73574	0.990119	1.72586
5	1.64855	6.6236	4.01783	0.003365	1.0919	324.518	-1.05581	0.990119	2.04593
6	1.88635	6.6236	3.51133	0.182647	1.0919	5.97819	-0.9093	0.990119	1.89942
7	0.841325	6.6236	7.87282	0.00577	1.0919	189.246	-1.05499	0.990119	2.0451
8	1.13188	6.6236	5.85188	0.237801	1.0919	4.59165	-0.88299	0.990119	1.8731
9	1.56848	6.6236	4.22293	0.005521	1.0919	197.773	-1.05429	0.990119	2.04441
10	1.77107	6.6236	3.73989	0.122918	1.0919	8.88315	-0.96192	0.990119	1.95204
11	0.969879	6.6236	6.8293	0.078768	1.0919	13.8622	-1.00842	0.990119	1.99854
12	1.33036	6.6236	4.97881	3.54E-01	1.0919	3.08392	-0.76652	0.990119	1.75664
13	1.58192	6.6236	4.18707	0.005623	1.0919	194.201	-1.05421	0.990119	2.04433
14	1.76619	6.6236	3.75022	0.131377	1.0919	8.31121	-0.95499	0.990119	1.94511
15	0.913204	6.6236	7.25315	0.008759	1.0919	124.659	-1.05309	0.990119	2.04321
16	1.17459	6.6236	5.63908	0.211625	1.0919	5.1596	-0.90308	0.990119	1.8932
17	2.05636	6.6236	3.22104	0.806728	1.0919	1.35349	-0.17442	0.990119	1.16454
18	2.2156	6.6236	2.98952	0.683012	1.0919	1.59866	-0.35395	0.990119	1.34407
19	1.63937	6.6236	4.04034	0.632701	1.0919	1.72578	-0.42723	0.990119	1.41735
20	2.63544	6.6236	2.51328	1.34581	1.0919	0.811332	0.79353	0.990119	0.19659
21	2.03581	6.6236	3.25355	0.806921	1.0919	1.35317	-0.17366	0.990119	1.16378
22	2.26299	6.6236	2.92693	0.751135	1.0919	1.45367	-0.25974	0.990119	1.24985
23	1.72013	6.6236	3.85064	0.692724	1.0919	1.57624	-0.342	0.990119	1.33212
24	2.64349	6.6236	2.50563	1.33312	1.0919	0.819058	0.762732	0.990119	0.227387
25	1.57179	6.6236	4.21404	0.278461	1.0919	3.92119	-0.83017	0.990119	1.82029
26	1.83076	6.6236	3.61795	0.341873	1.0919	3.19388	-0.76116	0.990119	1.75128
27	1.30791	6.6236	5.06428	0.257535	1.0919	4.23982	-0.85844	0.990119	1.84856
28	2.02484	6.6236	3.27117	7.79E-01	1.0919	1.40182	-0.21637	0.990119	1.20649
29	1.55003	6.6236	4.27321	0.277437	1.0919	3.93568	-0.83181	0.990119	1.82193
30	1.86827	6.6236	3.5453	0.400126	1.0919	2.72889	-0.70003	0.990119	1.69015
31	1.38067	6.6236	4.97739	0.309556	1.0919	3.52732	-0.80768	0.990119	1.7978
32	2.03426	6.6236	3.25602	7.68E-01	1.0919	1.42249	-0.23352	0.990119	1.22364
33	1.48774	6.6236	4.45213	0.001069	1.0919	1021.18	-1.05751	0.990119	2.04763
34	1.63181	6.6236	4.05905	0.094033	1.0919	11.6119	-0.98702	0.990119	1.97713
35	1.0023	6.6236	6.60842	0.000815	1.0919	1339.78	-1.05777	0.990119	2.04789
36	1.28976	6.6236	5.13555	0.237163	1.0919	4.60401	-0.87703	0.990119	1.86715
37	1.50943	6.6236	4.38815	1.54E-02	1.0919	71.1168	-1.04729	0.990119	2.03741
38	1.66251	6.6236	3.9841	0.132878	1.0919	8.21731	-0.95531	0.990119	1.94543
39	1.01651	6.6236	6.51602	0.00688	1.0919	158.709	-1.05402	0.990119	2.04414
40	1.20539	6.6236	5.49497	0.160948	1.0919	6.78418	-0.94278	0.990119	1.9329
41	1.44728	6.6236	4.57659	0.002094	1.0919	521.542	-1.0568	0.990119	2.04692
42	1.53413	6.6236	4.3175	0.037834	1.0919	28.8605	-1.03081	0.990119	2.02093
43	1.04481	6.6236	6.33955	1.84E-03	1.0919	592.453	-1.05712	0.990119	2.04724
44	1.31385	6.6236	5.04137	0.219775	1.0919	4.96828	-0.89113	0.990119	1.88125
45	1.4724	6.6236	4.49852	0.019062	1.0919	57.2823	-1.04472	0.990119	2.03484
46	1.55376	6.6236	4.26296	0.065608	1.0919	16.6428	-1.00986	0.990119	1.99998
47	1.05554	6.6236	6.27507	0.004431	1.0919	246.428	-1.05549	0.990119	2.04561
48	1.23235	6.6236	5.37475	1.46E-01	1.0919	7.45691	-0.95334	0.990119	1.94346
49	1.54204	6.6236	4.29534	0.284264	1.0919	3.84115	-0.82569	0.990119	1.81581
50	1.77262	6.6236	3.73663	0.345208	1.0919	3.16303	-0.75942	0.990119	1.74954
51	1.35349	6.6236	4.89371	0.241639	1.0919	4.51872	-0.87081	0.990119	1.86092
52	2.04046	6.6236	3.24613	7.59E-01	1.0919	1.43864	-0.24639	0.990119	1.23651
53	1.52822	6.6236	4.33418	0.283038	1.0919	3.85779	-0.82729	0.990119	1.81741
54	1.79622	6.6236	3.68752	0.381405	1.0919	2.86284	-0.7217	0.990119	1.71182
55	1.39716	6.6236	4.74076	0.272717	1.0919	4.00379	-0.84137	0.990119	1.83149
56	2.00946	6.6236	3.2962	0.71539	1.0919	1.5263	-0.30939	0.990119	1.29951
57	1.34507	6.6236	4.92437	6.14E-02	1.0919	17.7942	-1.01505	0.990119	2.00516
58	1.57253	6.6236	4.21207	0.171788	1.0919	6.35611	-0.92467	0.990119	1.91478
59	1.21621	6.6236	5.44611	7.77E-02	1.0919	1.41E+01	-1.00489	0.990119	1.99501
60	1.70881	6.6236	3.87614	0.453257	1.0919	2.40901	-0.64686	0.990119	1.63697
61	1.3311	6.6236	4.97603	6.00E-02	1.0919	18.2011	-1.01618	0.990119	2.00663
62	1.58913	6.6236	4.16806	0.200986	1.0919	5.43272	-0.89936	0.990119	1.88948
63	1.22954	6.6236	5.38707	7.92E-02	1.0919	13.7924	-1.00363	0.990119	1.99375
64	1.71491	6.6236	3.86235	0.446766	1.0919	2.44401	-0.6539	0.990119	1.64402

Direzione y									
Caso di Carico	Compressione			Trazione			Rinforzo		
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr	Rdr-Edr
1	2.47874	6.6236	2.67216	0.030967	1.0919	35.2602	-1.02406	0.675081	1.69914
2	2.5756	6.6236	2.57167	4.76E-05	1.0919	22958.4	-1.05821	0.675081	1.7333
3	2.7741	6.6236	2.38766	1.54077	1.0919	0.708673	1.85608	0.675081	-1.181
4	2.60626	6.6236	2.54142	1.24515	1.0919	0.876924	1.03756	0.675081	-0.36248
5	2.48995	6.6236	2.66013	0.022172	1.0919	49.2459	-1.0338	0.675081	1.70888
6	2.55666	6.6236	2.59072	0.001105	1.0919	987.881	-1.05704	0.675081	1.73213
7	2.74674	6.6236	2.41144	1.4934	1.0919	0.73115	1.71442	0.675081	-1.03934
8	2.63225	6.6236	2.51633	1.29114	1.0919	0.845689	1.15494	0.675081	-0.47986
9	2.36913	6.6236	2.79579	0.024686	1.0919	44.2323	-1.03141	0.675081	1.70649
10	2.47246	6.6236	2.67895	0.000236	1.0919	4627.62	-1.05801	0.675081	1.73309
11	2.57759	6.6236	2.56968	1.24093	1.0919	0.879907	1.02857	0.675081	-0.35348
12	2.29555	6.6236	2.88541	8.31E-01	1.0919	1.31379	0.123405	0.675081	0.551676
13	2.3812	6.6236	2.78162	0.016755	1.0919	65.1687	-1.04005	0.675081	1.71513
14	2.45235	6.6236	2.70092	0.000131	1.0919	8323.06	-1.05812	0.675081	1.7332
15	2.43183	6.6236	2.72371	1.07516	1.0919	1.01557	0.633427	0.675081	0.041654
16	2.4347	6.6236	2.7205	0.990256	1.0919	1.10265	0.446962	0.675081	0.22812
17	2.24136	6.6236	2.95516	0.36692	1.0919	2.97585	-0.6201	0.675081	1.29519
18	2.98396	6.6236	2.21974	0.68507	1.0919	1.59385	-0.10684	0.675081	0.78192
19	1.51133	6.6236	4.38262	0.001335	1.0919	818.065	-1.05704	0.675081	1.73212
20	2.02538	6.6236	3.2703	0.090935	1.0919	12.0075	-0.96211	0.675081	1.63719
21	2.11534	6.6236	3.13123	0.272005	1.0919	4.01427	-0.74843	0.675081	1.42351
22	2.82893	6.6236	2.34138	5.61E-01	1.0919	1.95E+00	-0.31252	0.675081	0.987601
23	1.55101	6.6236	4.27052	0.009896	1.0919	110.336	-1.04904	0.675081	1.72412
24	2.00895	6.6236	3.29704	0.043397	1.0919	25.1606	-1.01322	0.675081	1.6883
25	2.73809	6.6236	2.41906	0.798085	1.0919	1.36815	0.08053	0.675081	0.594552
26	2.71185	6.6236	2.44246	0.478518	1.0919	2.28184	-0.44227	0.675081	1.11735
27	1.59081	6.6236	4.16366	0.015255	1.0919	71.5779	-1.04387	0.675081	1.71895
28	1.8689	6.6236	3.54413	6.46E-06	1.0919	1.68972	-1.05826	0.675081	1.73334
29	2.59093	6.6236	2.55645	0.682045	1.0919	1.60092	-0.1277	0.675081	0.802778
30	2.56815	6.6236	2.57913	0.365926	1.0919	2.98394	-0.60792	0.675081	1.283
31	1.60935	6.6236	4.1157	0.002681	1.0919	407.233	-1.05574	0.675081	1.73082
32	1.91196	6.6236	3.4643	0.011959	1.0919	91.3069	-1.04619	0.675081	1.72127
33	3.37688	6.6236	1.96145	1.14688	1.0919	0.952058	0.782035	0.675081	-0.10695
34	3.57194	6.6236	1.85434	1.26527	1.0919	0.862977	1.04034	0.675081	-0.36526
35	2.05972	6.6236	3.21578	0.557496	1.0919	1.95858	-0.35754	0.675081	1.03262
36	1.93198	6.6236	3.4284	0.353093	1.0919	3.09239	-0.65409	0.675081	1.32917
37	3.4071	6.6236	1.94406	1.17E+00	1.0919	0.936461	0.823068	0.675081	-0.14799
38	3.54283	6.6236	1.86958	1.24838	1.0919	0.874654	1.00294	0.675081	-0.32786
39	1.98656	6.6236	3.3342	0.472118	1.0919	2.31277	-0.48865	0.675081	1.16373
40	1.99876	6.6236	3.31386	0.432089	1.0919	2.52703	-0.54418	0.675081	1.21926
41	3.35011	6.6236	1.97713	1.18233	1.0919	0.923514	0.860175	0.675081	-0.18509
42	3.5065	6.6236	1.88895	1.26205	1.0919	0.865178	1.03537	0.675081	-0.36029
43	1.88246	6.6236	3.51859	0.318016	1.0919	3.43348	-0.70162	0.675081	1.3767
44	1.7963	6.6236	3.68736	1.55E-01	1.0919	7.0361	-0.89691	0.675081	1.57199
45	3.38127	6.6236	1.95891	1.20127	1.0919	0.908958	0.901598	0.675081	-0.26652
46	3.51664	6.6236	1.8835	1.28442	1.0919	0.85011	1.08658	0.675081	-0.4115
47	1.82323	6.6236	3.6329	0.24656	1.0919	4.42855	-0.7917	0.675081	1.46678
48	1.84486	6.6236	3.59029	0.215974	1.0919	5.0557	-0.82658	0.675081	1.50167
49	2.20395	6.6236	3.00533	0.317288	1.0919	3.44136	-0.68724	0.675081	1.36233
50	2.63078	6.6236	2.51773	0.48967	1.0919	2.22987	-0.42913	0.675081	1.10422
51	1.68626	6.6236	3.92797	0.018486	1.0919	59.0662	-1.0404	0.675081	1.71548
52	1.92223	6.6236	3.44579	5.46E-06	1.0919	199880	-1.05826	0.675081	1.73334
53	1.22963	6.6236	3.11021	0.26185	1.0919	4.16995	-0.76049	0.675081	1.43557
54	2.54134	6.6236	2.60635	0.419113	1.0919	2.60527	-0.53501	0.675081	1.21009
55	1.69119	6.6236	3.91654	0.004521	1.0919	241.54	-1.05391	0.675081	1.729
56	1.94618	6.6236	3.40339	0.050605	1.0919	215.564	-1.05313	0.675081	1.72821
57	2.48641	6.6236	2.66393	0.56085	1.0919	1.94687	-0.32803	0.675081	1.00311
58	2.47244	6.6236	2.67898	0.371326	1.0919	2.94055	-0.60422	0.675081	1.2793
59	1.72389	6.6236	3.84223	0.016115	1.0919	67.7567	-1.04257	0.675081	1.71765
60	1.90012	6.6236	3.48588	0.016789	1.0919	65.0376	-1.04132	0.675081	1.7164
61	2.40239	6.6236	2.75709	0.495722	1.0919	2.20265	-0.43066	0.675081	1.10574
62	2.38852	6.6236	2.7731	0.306293	1.0919	3.56489	-0.69428	0.675081	1.36936
63	1.76269	6.6236	3.75766	0.037136	1.0919	29.4025	-1.02153	0.675081	1.69661
64	1.90527	6.6236	3.47647	0.003044	1.0919	358.673	-1.05521	0.675081	1.73029

- **Nodi Secondo Impalcato**

Le verifiche di resistenza dei nodi devono essere effettuate solo per i nodi non interamente confinati e vengono effettuate secondo le seguenti formule:

"Compression" carried out according to the Circ. 2009 indication [8.7.2.3]:

$$\left| \frac{N}{2 \cdot A_g} + \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \leq 0.5 \cdot f_c \quad E_{dc} = \left| \frac{N}{2 \cdot A_g} + \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \quad R_{dc} = 0.5 \cdot f_c$$

"Tension" carried out according to the Circ. 2009 indication [8.7.2.2]:

$$\left| \frac{N}{2 \cdot A_g} - \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \leq 0.3 \cdot \sqrt{f_c} \quad E_{dt} = \left| \frac{N}{2 \cdot A_g} - \sqrt{\left( \frac{N}{2 \cdot A_g} \right)^2 + \left( \frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \quad R_{dt} = 0.3 \cdot \sqrt{f_c}$$

Con:

$N=0$

Azione assiale nel pilastro superiore

$V_n = \gamma_{rd} A_{s1} f_{yd} - V_c$

Taglio totale agente sul nodo

$V_c=0$

Forza di taglio nel pilastro sopra il nodo

$f_c = f_{ccd} = [1 + 2.6 (f_{1,eff}/f_{cd})^{2/3}] f_{cd}$

Resistenza del calcestruzzo confinato

$f_{1,eff} = K_{eff} f_1$

Pressione efficace di confinamento

$K_{eff} = K_h K_v K_a = 1$

Coefficiente di efficienza

$f_1 = 1/2 \rho_f E_f \varepsilon_{f,rid}$

Pressione di confinamento

$\rho_f = 2 t_f (b+h) / (b h)$

Valore della percentuale geometrica del rinforzo per sezione rettangolare a confinamento continuo

$E_f$

Modulo elastico del materiale in direzione delle fibre

$\varepsilon_{f,rid} = \min [\eta_a \varepsilon_{fk} / \gamma_f ; 0.004] = 0.004$

Deformazione ridotta di calcolo del composito fibrorinforzato

Per i nodi in esame si ottiene:

Nodo	$A_{s,sup} [mm^2]$	$A_g [mm^2]$	$\rho_f$	$f_1 [MPa]$	$K_{eff}$	$f_{1,eff} [MPa]$	$f_{ccd} [MPa]$	$V_n/A_g [MPa]$	$0.3\sqrt{f_{ccd}} [MPa]$	$0.5 f_{ccd} [MPa]$
4 dir. X	339	120000	0.004445	1.6891	1	1.69	21.65	1.11	1.40	10.82
4 dir. Y	339	120000	0.004445	1.6891	1	1.69	21.65	1.11	1.40	10.82
25 dir. X	427	150000	0.02032	7.7216	1	7.72	36.85	1.11	1.82	18.43
25 dir. Y	380	75000	0.02794	10.6172	1	10.62	42.50	1.98	1.96	21.25
28 dir. X	942	255000	0.009054	3.440654	1	3.44	26.91	1.45	1.56	13.45
28 dir. Y	616	200000	0.010287	3.90906	1	3.91	28.14	1.21	1.59	14.07
31 dir. X	380	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57
31 dir. Y	339	96000	0.004921	1.870075	1	1.87	22.25	1.38	1.42	11.13
40 dir. X	402	200000	0.003429	1.30302	1	1.30	20.27	0.79	1.35	10.13
40 dir. Y	616	200000	0.003429	1.30302	1	1.30	20.27	1.21	1.35	10.13
41 dir. X	380	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57
41 dir. Y	381	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57
85 dir. X	380	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57
85 dir. Y	380	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57
92 dir. X	509	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	1.33	1.38	10.57
92 dir. Y	380	150000	0.004064	1.54432	1	1.54	21.14	0.99	1.38	10.57

Tabella 6.14: Indici vulnerabilità a seguito dell'intervento di miglioramento

## 6.4.5 Conclusioni

Gli elementi rinforzati, seppur ancora non garantiscono la sicurezza in condizioni di massima accelerazione sismica, presentano resistenze notevolmente maggiori rispetto a quelle attuali, apportando un contributo positivo a tutta la struttura.



## 6.5 Corpo aule posteriori

Si è inoltre predisposto il rinforzo dei nodi trave-pilastro per il corpo aule posteriori con l'obiettivo di aumentare la capacità in termini di accelerazione al suolo per la citata tipologia di rottura. Viene così raggiunto un miglioramento delle prestazioni per le azioni sismiche attese nella zona specialmente per la rottura dei nodi i quali presentano prima dell'intervento una capacità pari a zero.

Nel seguito si riportano le verifiche della struttura alla quale viene modellato il sistema di rinforzo secondo lo schema della tabella seguente.

AulPos PT		
n. elemento	Tipo di rinforzo	n. di nastri
N. 66	rinforzo del nodo	1
P. 80	rinforzo a flessione	2

Tabella 6.15: Descrizione del rinforzo utilizzato

### 6.5.1 Verifiche allo SLV

#### 6.5.1.1 Condizioni di regolarità

Il corpo Aule posteriori può definirsi regolare in altezza, ma non in pianta.

Una costruzione si definisce *regolare in pianta* se:

1. La configurazione di pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali → Rispettato
2. Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione è inscritta è inferiore a 4 → Rispettato (3,30)
3. Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione → Rispettato (10%)
4. **Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano e sufficientemente resistenti → si presume NON rispettato**

Una costruzione si definisce *regolare in altezza* se:

1. Tutti i sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza della costruzione → Rispettato
2. Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente dalla base alla sommità della costruzione. Ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti o nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza → Rispettato
3. Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo (30% rispetto al primo orizzontamento; 20% rispetto all'orizzontamento immediatamente sottostante) → Rispettato (0%)

#### 6.5.1.2 Analisi dinamica modale

Per determinare le azioni sismiche sugli elementi strutturali, si è proceduto al calcolo dei modi propri di vibrare del fabbricato mediante analisi modale. Nelle tabelle a seguire sono sintetizzati i risultati ottenuti e dei 50 modi necessari a raggiungere l'85% di massa modale partecipante, se ne visualizzano esclusivamente quelli con massa modale partecipante superiore al 5%.

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.795	1.258	0.178	1.73E+05	41.8	3.7	8.95E-04	0.34	8.25E-05
6	1.28	0.781	0.287	8.62E+04	20.8	35.34	8.55E-03	0.05	1.22E-05
12	1.67	0.599	0.374	2.55E+04	6.2	180.19	4.36E-02	0.15	3.53E-05
17	2.344	0.427	0.477	0.91	2.20E-04	9.22E+04	22.3	24.14	5.84E-03
18	2.429	0.412	0.477	139.46	3.37E-02	2.55E+05	61.7	5.9	1.43E-03
Risulta				4.00E+05		3.90E+05		7630.31	
%				96.78		94.44		1.85	

Tabella 6.16: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità nulla

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.804	1.245	0.18	1.83E+05	44.2	2.75	6.65E-04	0.42	1.01E-04
6	1.207	0.828	0.27	7.92E+04	19.2	37.09	8.97E-03	0.01	3.20E-06
17	2.29	0.437	0.477	115.21	2.79E-02	2.90E+04	7	15.82	3.83E-03
18	2.416	0.414	0.477	5.64	1.36E-03	3.32E+05	80.2	16.16	3.91E-03
Risulta				3.99E+05		3.91E+05		7865.81	
%				96.52		94.46		1.9	

Tabella 6.27: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità positiva

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.781	1.281	0.175	1.47E+05	35.6	4.05	9.80E-04	0.25	6.04E-05
4	0.802	1.246	0.18	2.92E+04	7.1	1.15	2.78E-04	0.51	1.23E-04
6	1.296	0.772	0.29	6.53E+04	15.8	16.74	4.05E-03	0.01	2.88E-06
11	1.63	0.613	0.365	3.85E+04	9.3	221.43	5.36E-02	0.2	4.92E-05
17	2.398	0.417	0.477	59.4	1.44E-02	2.88E+05	69.7	21.83	5.28E-03
19	2.522	0.397	0.477	1041.86	0.3	5.79E+04	14	2.14	5.18E-04
Risulta				4.04E+05		3.91E+05		7872.45	
%				97.76		94.46		1.9	

Tabella 6.38: analisi dinamica per sisma spirante lungo x ed eccentricità negativa

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.795	1.258	0.178	1.73E+05	41.8	3.7	8.95E-04	0.34	8.25E-05
6	1.28	0.781	0.287	8.62E+04	20.8	35.34	8.55E-03	0.05	1.22E-05
12	1.67	0.599	0.374	2.55E+04	6.2	180.19	4.36E-02	0.15	3.53E-05
17	2.344	0.427	0.477	0.91	2.20E-04	9.22E+04	22.3	24.14	5.84E-03
18	2.429	0.412	0.477	139.46	3.37E-02	2.55E+05	61.7	5.9	1.43E-03
Risulta				4.00E+05		3.90E+05		7630.31	
%				96.78		94.44		1.85	

Tabella 6.19: analisi dinamica per sisma spirante lungo y ed eccentricità nulla

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.795	1.258	0.178	1.73E+05	41.8	3.41	8.25E-04	0.33	8.02E-05
6	1.28	0.781	0.287	8.62E+04	20.8	59.38	1.44E-02	0.05	1.25E-05
12	1.67	0.599	0.374	2.55E+04	6.2	711.71	0.2	0.19	4.52E-05
16	2.224	0.45	0.477	2161.9	0.5	6.47E+04	15.6	20.62	4.99E-03
17	2.307	0.434	0.477	177.93	4.30E-02	1.32E+05	31.9	19.13	4.63E-03
18	2.464	0.406	0.477	1183.75	0.3	9.40E+04	22.7	1.65	3.98E-04
19	2.502	0.4	0.477	1.05E+04	2.5	3.44E+04	8.3	1.3	3.15E-04
21	2.812	0.356	0.477	0.02	5.45E-06	3.95E+04	9.5	9.67	2.34E-03
Risulta				4.00E+05		3.91E+05		7578.05	
%				96.79		94.51		1.83	

Tabella 6.20: analisi dinamica per sisma spirante lungo y ed eccentricità positiva

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
3	0.795	1.258	0.178	1.73E+05	41.8	4.07	9.84E-04	0.35	8.43E-05
6	1.281	0.781	0.287	8.62E+04	20.8	17.88	4.33E-03	0.05	1.19E-05
12	1.67	0.599	0.374	2.54E+04	6.1	0.04	9.90E-06	0.1	2.45E-05
17	2.334	0.428	0.477	24.33	5.88E-03	3.66E+04	8.9	2.87	6.95E-04
18	2.423	0.413	0.477	10.76	2.60E-03	3.31E+05	79.9	24.69	5.97E-03
Risulta				4.00E+05		3.90E+05		7724.87	
%				96.77		94.39		1.87	

Tabella 6.21: analisi dinamica per sisma spirante lungo y ed eccentricità negativa

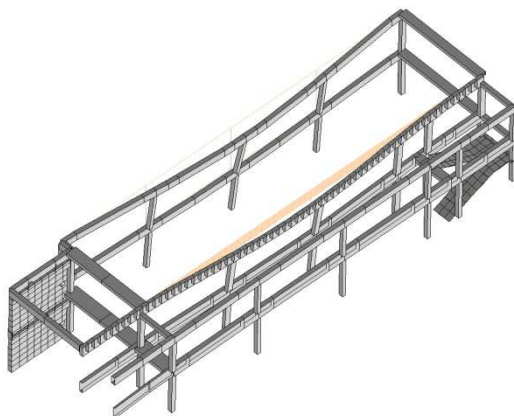


Figura 6.61: deformata modale relativa al modo 3, calcolo privo di eccentricità,  $T=1,258$  s,  $M_x = 41,8$  %

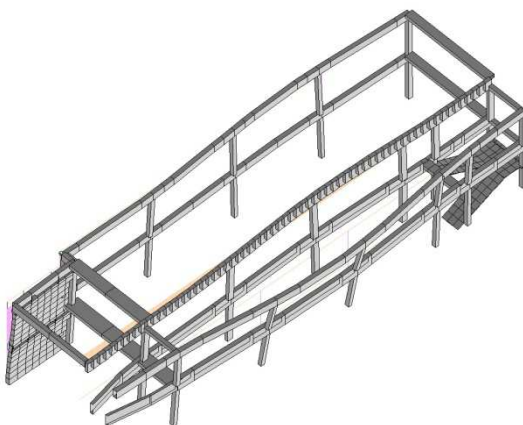


Figura 6.62: deformata modale relativa al modo 6, calcolo privo di eccentricità,  $T=0,781$  s,  $M_x = 20,8$  %

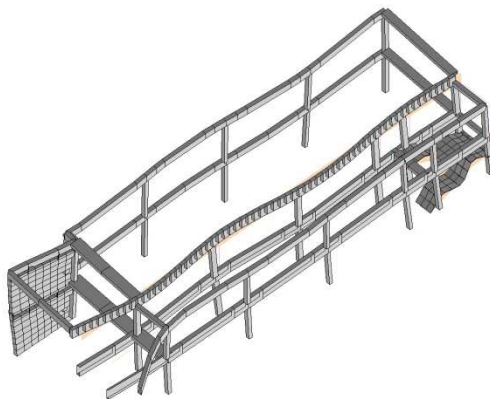


Figura 6.63: deformata modale relativa al modo 17, calcolo privo di eccentricità,  $T=0,427$  s,  $M_y = 22,3$  %

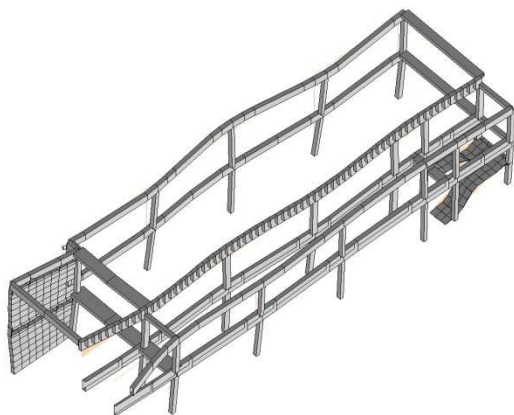
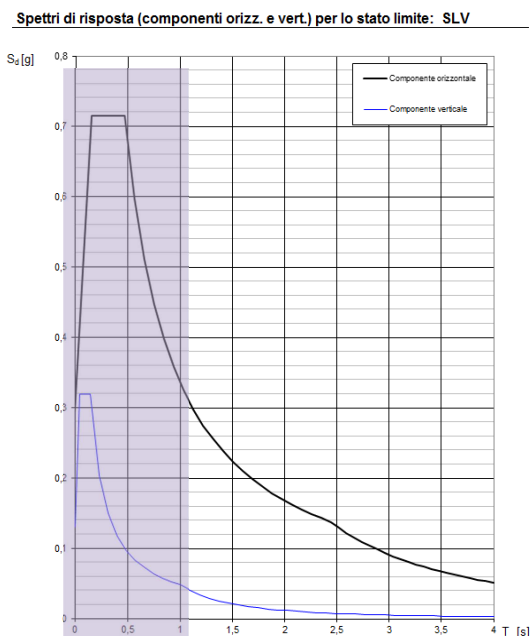


Figura 6.64: deformata modale relativa al modo 18, calcolo privo di eccentricità,  $T=0,412$  s,  $M_y = 61,7$  %

I modi propri di vibrare rispecchiano la mancanza di rigidità dei solai di interpiano, consentendo ai telai monodirezionali di muoversi reciprocamente con una certa libertà.

I periodi propri cui corrispondono i modi di vibrare cui corrisponde una quota maggiore di massa modale partecipante, sono compresi nell'intervallo 1,258 s e 0,356 s, ovvero:



## 6.5.2 Verifiche elementi strutturali

- Pilastrì

Verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

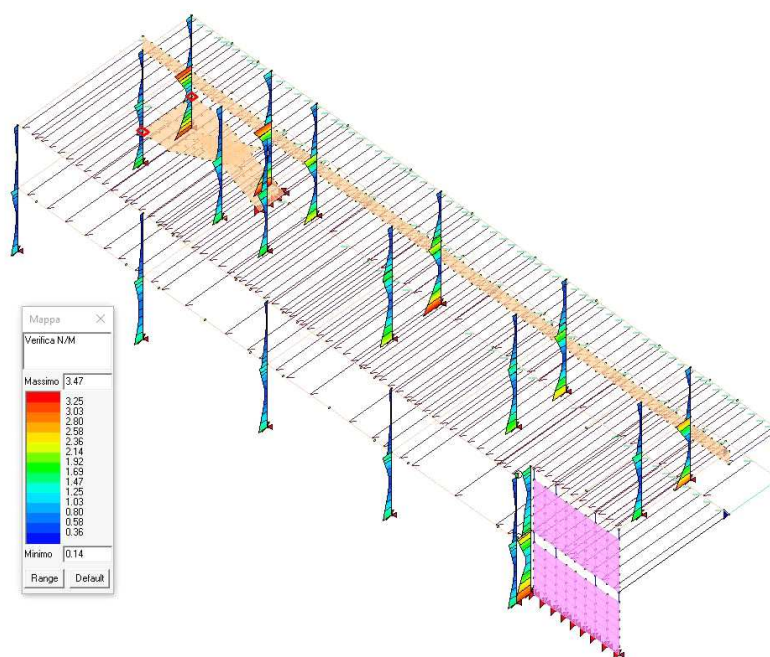


Figura 6.65: verifica a pressoflessione dei pilastrì

Verifica a **taglio-compressione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

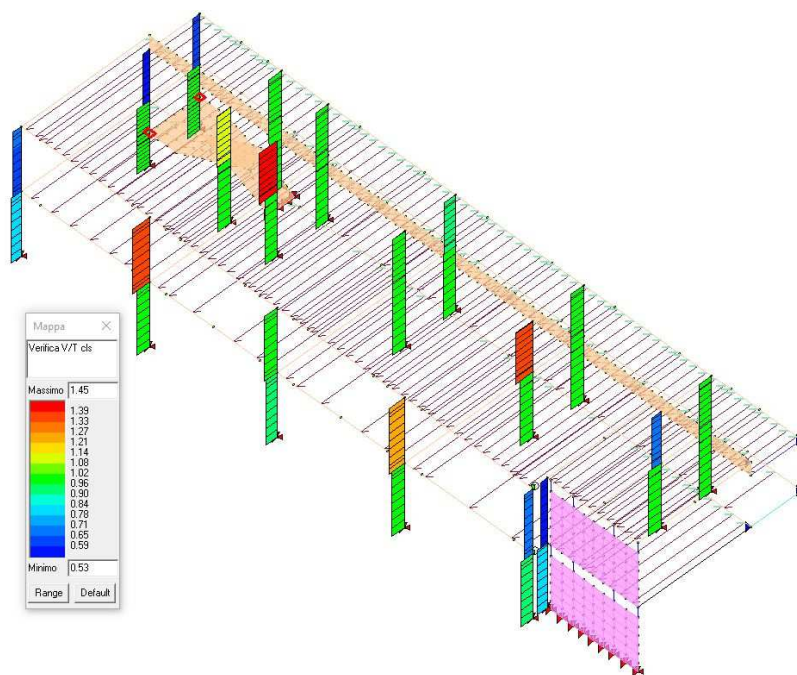


Figura 6.66: verifica a taglio compressione dei pilastri

Verifica a **taglio-trazione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

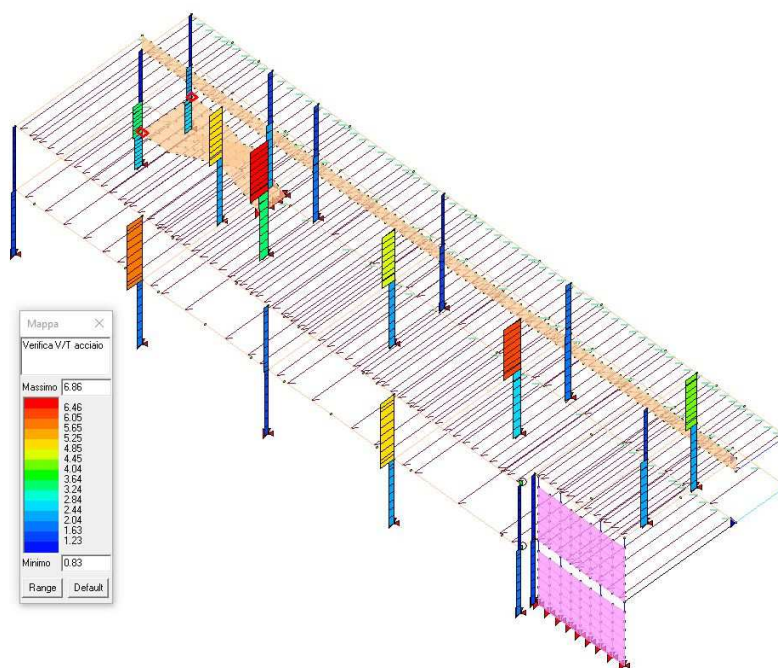


Figura 6.67: verifica a taglio trazione dei pilastri



- **Travi**

Verifica a **pressoflessione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

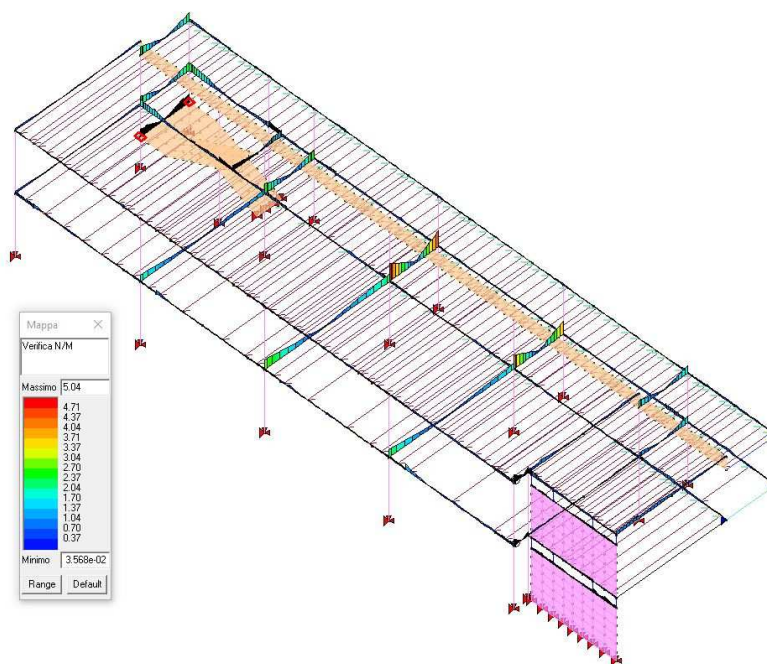


Figura 6.68: verifica a pressoflessione delle travi

Verifica a **taglio-compressione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

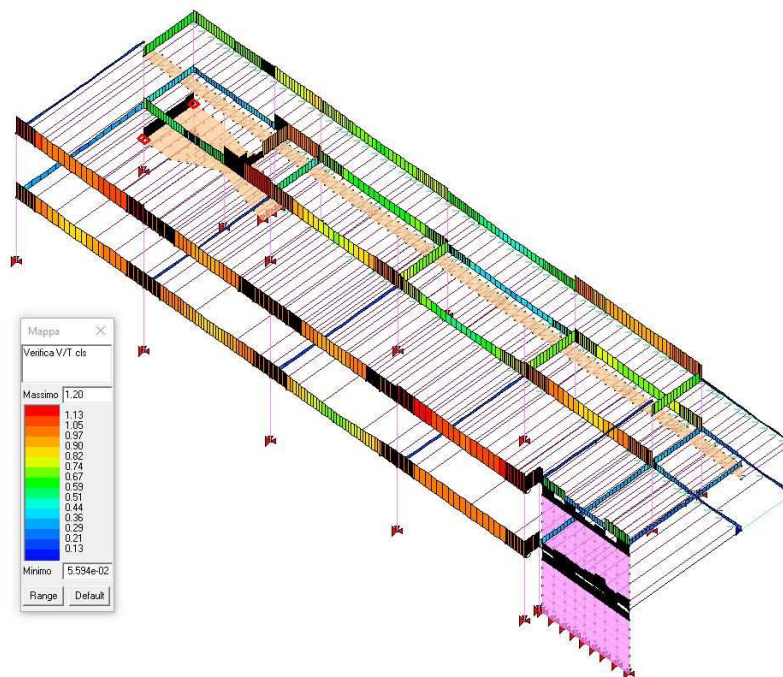


Figura 6.69: verifica a taglio compressione delle travi



Verifica a **taglio-trazione** prima dell'intervento e con il 100% dell'accelerazione sismica attesa, condotta secondo le indicazioni delle NTC 2018.

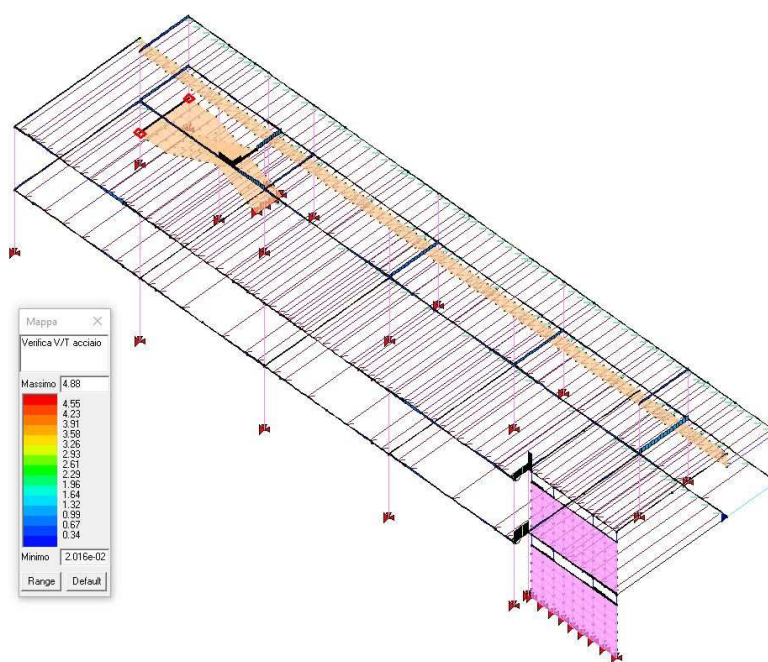


Figura 6.70: verifica a taglio trazione delle travi

- **Nodi**

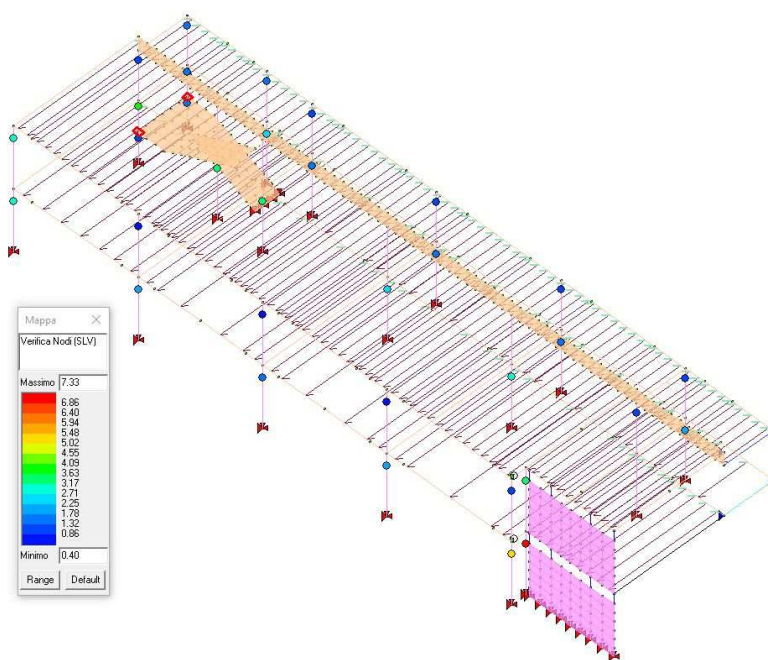


Figura 6.71: verifica dei nodi

### 6.5.3 Verifiche esplicite degli elementi rinforzati mediante FRP

- Pilastro 80 PT

#### Caratteristiche del rinforzo a flessione

1	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fasce}$	1
2	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	300	$n_{fasce}$	1
3	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	250	$n_{fasce}$	1
4	$n_{strati}$	2	$b_f[mm]$	250	$n_{fasce}$	1

Tipologia di avvolgimento

-

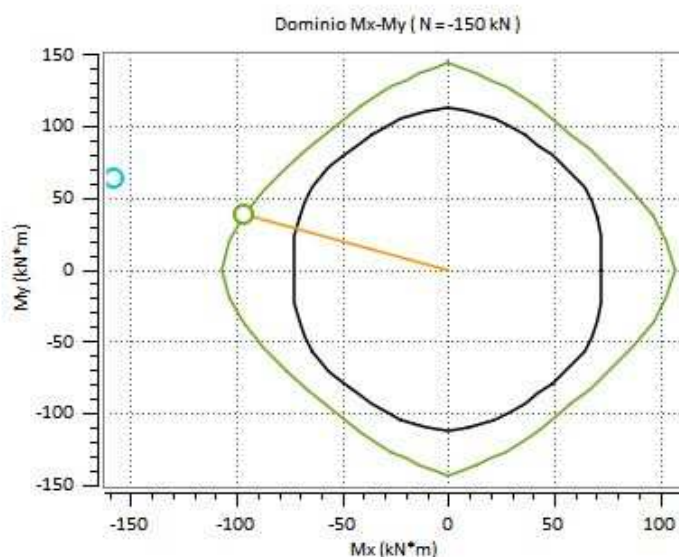
Tipologia di applicazione

-

$n_{str}$	$b_f[mm]$	$p_f[mm]$	$\beta[gradi]$
-	-	-	-



$M_{x,Rd}$	-96.6045 (kN*m)
$M_{y,Rd}$	37.7493 (kN*m)
$\beta$	193.1 (deg.)
$x_c$	140.866 (mm)
$\epsilon_c$	-0.00225667 (-)
$\epsilon_s$	0.00251947 (-)
$\epsilon_r$	0.00290145 (-)
$\sigma_c$	-16.8902 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_s$	286.026 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_r$	551.276 (N/mm <sup>2</sup> )



- Dominio senza rinforzo
- Dominio con rinforzo (Flessione)
- Vettore
- Mx,Ed - My,Ed
- Mx,Rd - My,Rd

$|M_{Ed}|/|M_{Rd}|$ : 1.64107

Rapporto tra il modulo agente e il modulo resistente:

Esito verifica: NON  
VERIFICATO

$[|M_{Ed}|/|M_{Rd}| \leq 1.0]$

• Nodo 66 PT

Caso di Carico	Direzione x							
	Compressione				Trazione			
	Edc	Rdc	Rdc/Edc	Edt	Rdt	Rdt/Edt	Edr	Rdr
1	0.854096	6.6236	7.7551	2.67632	1.0919	<b>0.407286</b>	-3.19049	0.990119
2	0.608583	6.6236	10.8836	2.66488	1.0919	<b>0.407236</b>	-2.30893	0.990119
3	4.32876	6.6236	1.53014	0.560611	1.0919	1.9477	-0.49321	0.990119
4	3.9004	6.6236	1.68818	0.366327	1.0919	2.98067	-0.7072	0.990119
5	1.03735	6.6236	6.38509	3.02032	1.0919	<b>0.361519</b>	-3.61311	0.990119
6	0.509673	6.6236	12.9958	2.80078	1.0919	<b>0.389850</b>	-1.99606	0.990119
7	4.4605	6.6236	1.48495	0.457535	1.0919	2.38649	-0.60677	0.990119
8	4.26077	6.6236	1.55466	0.569551	1.0919	1.92932	-0.48743	0.990119
9	0.939602	6.6236	7.04937	2.97071	1.0919	<b>0.367555</b>	-3.25168	0.990119
10	0.598007	6.6236	11.2111	2.83451	1.0919	<b>0.385217</b>	-2.19234	0.990119
11	4.50508	6.6236	1.47026	0.550245	1.0919	1.98439	-0.50419	0.990119
12	4.12493	6.6236	1.60575	0.82101	1.0919	2.85863	-0.68932	0.990119
13	0.976009	6.6236	6.78641	2.90008	1.0919	<b>0.43885</b>	-1.88262	0.990119
14	4.429841	6.6236	15.4094	2.25206	1.0919	<b>0.464665</b>	-1.96124	0.990119
15	3.9221	6.6236	1.68879	0.388028	1.0919	2.81397	-0.68434	0.990119
16	3.7132	6.6236	1.7838	0.487774	1.0919	2.4084	-0.57887	0.990119
17	0.874409	6.6236	7.57416	2.43672	1.0919	<b>0.445303</b>	-3.64922	0.990119
18	0.512954	6.6236	12.9727	2.38703	1.0919	<b>0.474332</b>	-2.20188	0.990119
19	3.96194	6.6236	1.67181	0.476013	1.0919	2.25385	-0.58957	0.990119
20	3.58056	6.6236	1.84988	0.306482	1.0919	3.56269	-0.77103	0.990119
21	0.442521	6.6236	14.9679	0.035383	1.0919	30.8596	-1.04361	0.990119
22	0.029286	6.6236	226.169	0.402084	1.0919	2.71561	-1.0214	0.990119
23	2.211516	6.6236	3.13149	0.030717	1.0919	35.5466	-1.03401	0.990119
24	1.52092	6.6236	4.35499	0.216477	1.0919	5.04397	-0.88764	0.990119
25	1.05373	6.6236	6.28584	0.582307	1.0919	1.87513	-0.51519	0.990119
26	4.019876	6.6236	15.7751	0.975664	1.0919	1.11914	1.79184	0.990119
27	2.30063	6.6236	2.87904	0.033222	1.0919	32.8672	-1.03149	0.990119
28	1.32447	6.6236	5.00095	8.45E-02	1.0919	12.9267	-0.99837	0.990119
29	1.08681	6.6236	6.09455	0.474659	1.0919	2.30039	-0.65046	0.990119
30	0.525467	6.6236	12.6052	0.940533	1.0919	1.16094	0.744224	0.990119
31	2.11854	6.6236	3.06856	0.03187	1.0919	34.2068	-1.03296	0.990119
32	1.16173	6.6236	5.70149	6.25E-02	1.0919	17.4782	-1.01638	0.990119
33	0.411403	6.6236	16.1	0.100291	1.0919	10.8873	-1.01599	0.990119
34	0.171792	6.6236	38.5559	0.567265	1.0919	1.92485	-0.73085	0.990119
35	2.10793	6.6236	3.14223	0.00126	1.0919	866.461	-1.05728	0.990119
36	1.65707	6.6236	3.97118	0.256328	1.0919	4.25978	-0.8482	0.990119
37	0.574692	6.6236	11.4895	1.25E-01	1.0919	8.75918	-0.99359	0.990119
38	0.268431	6.6236	24.6752	0.523183	1.0919	2.08704	-0.73373	0.990119
39	1.96599	6.6236	3.39308	6.78E-05	1.0919	1.60963	-1.05821	0.990119
40	1.5846	6.6236	4.7998	0.3246	1.0919	3.3583	-0.78567	0.990119
41	0.543261	6.6236	12.1923	1.28696	1.0919	<b>0.384541</b>	-20.1271	0.990119
42	0.371964	6.6236	17.8071	1.26233	1.0919	<b>0.464881</b>	3.7041	0.990119
43	2.93788	6.6236	2.25455	3.36E-01	1.0919	1.24583	-0.74696	0.990119
44	6.23291	6.6236	2.52432	0.168358	1.0919	6.48559	-0.9127	0.990119
45	0.660244	6.6236	10.0321	1.50098	1.0919	<b>0.722467</b>	-8.69201	0.990119
46	0.303256	6.6236	21.8416	1.33511	1.0919	<b>0.817338</b>	-2.35062	0.990119
47	4.03617	6.6236	2.20334	0.263205	1.0919	4.14847	-0.81926	0.990119
48	2.83178	6.6236	2.33903	2.79E-01	1.0919	3.91104	-0.8065	0.990119
49	0.595599	6.6236	11.1209	1.46523	1.0919	<b>0.765209</b>	-6.59725	0.990119
50	0.357718	6.6236	18.5163	1.36068	1.0919	<b>0.802467</b>	-2.76281	0.990119
51	3.07967	6.6236	2.15075	0.365596	1.0919	2.98663	-0.71529	0.990119
52	2.76113	6.6236	2.39887	1.80E-01	1.0919	6.07804	-0.90107	0.990119
53	0.632132	6.6236	10.4782	1.19217	1.0919	<b>0.919197</b>	4.33779	0.990119
54	0.256928	6.6236	25.78	1.00804	1.0919	1.08319	-0.6746	0.990119
55	2.67576	6.6236	2.47541	0.213541	1.0919	5.11331	-0.87037	0.990119
56	2.5001	6.6236	2.64934	0.228246	1.0919	4.78387	-0.85862	0.990119
57	0.564361	6.6236	11.7365	1.15E+00	1.0919	<b>0.940771</b>	4.75729	0.990119
58	0.313865	6.6236	21.1033	1.03598	1.0919	1.05398	-2.14604	0.990119
59	2.75301	6.6236	2.40831	3.17E-01	1.0919	3.44E+00	-0.76895	0.990119
60	2.43451	6.6236	2.72071	0.133773	1.0919	8.16233	-0.94542	0.990119
61	0.975759	6.6236	11.0071	1.25E+04	1.0919	8.72175	-1.05821	0.990119
62	0.216071	6.6236	30.6547	0.105839	1.0919	10.3166	-1.02906	0.990119
63	1.62915	6.6236	4.06568	2.77E-02	1.0919	39.4659	-1.03791	0.990119
64	1.27779	6.6236	5.18364	0.163715	1.0919	6.69551	-0.93851	0.990119
65	0.959468	6.6236	6.93018	0.332238	1.0919	3.37801	-0.81748	0.990119
66	0.480611	6.6236	13.7816	0.3246	1.0919	2.71224	-0.71705	0.990119
67	1.71901	6.6236	3.85115	0.007155	1.0919	152.598	-1.05249	0.990119
68	1.08558	6.6236	6.10145	0.010764	1.0919	101.441	-1.05197	0.990119
69	0.990428	6.6236	6.68761	0.269756	1.0919	4.04773	-0.86313	0.990119
70	0.562497	6.6236	11.7754	0.478411	1.0919	2.28235	-0.70325	0.990119
71	1.63049	6.6236	4.06233	0.003084	1.0919	354.083	-1.05602	0.990119
72	0.995769	6.6236	6.65175	0.004657	1.0919	234.442	-1.05542	0.990119
73	0.54633	6.6236	12.1238	0.006205	1.0919	175.983	-1.05543	0.990119
74	0.329533	6.6236	20.1	0.233353	1.0919	4.67918	-0.95835	0.990119
75	1.62014	6.6236	4.08828	0.004589	1.0919	237.522	-1.05493	0.990119
76	1.36007	6.6236	4.87003	0.188963	1.0919	5.77839	-0.91561	0.990119
77	0.639445	6.6236	10.3584	0.015094	1.0919	72.342	-1.05071	0.990119
78	0.418274	6.6236	15.8356	0.237868	1.0919	4.59037	-0.94128	0.990119
79	1.53262	6.6236	4.32175	0.00151	1.0919	722.972	-1.05719	0.990119
80	1.31493	6.6236	5.03723	0.227523	1.0919	4.79908	-0.88445	0.990119
81	0.455987	6.6236	14.5258	0.884089	1.0919	1.23506	-0.455494	0.990119
82	0.309022	6.6236	21.4341	0.854416	1.0919	1.27795	-0.659446	0.990119
83	2.4853	6.6236	2.66511	0.228205	1.0919	4.78348	-0.8588	0.990119
84	2.24641	6.6236	2.94852	0.106414	1.0919	10.2608	-0.97076	0.990119
85	0.550435	6.6236	12.0334	0.05617	1.0919	1.03383	1.97307	0.990119
86	2.08415	6.6236	26.692	0.907073	1.0919	1.20376	3.97453	0.990119
87	2.54624	6.6236	2.60133	0.175868	1.0919	6.20865	-0.90662	0.990119
88	2.40314	6.6236	2.75623	0.186098	1.0919	5.86733	-0.89887	0.990119
89	0.496345	6.6236	13.3448	0.02526	1.0919	1.065	1.94332	0.990119
90	0.294668	6.6236	22.4782	0.93042	1.0919	1.17536	3.03565	0.990119
91	2.60394	6.6236	2.54668	0.256537	1.0919	4.25631	-0.83034	0.990119
92	2.35756	6.6236	2.81166	0.115019	1.0919	4.93222	-0.96247	0.990119
93	0.53487	6.6236	12.3836	0.815237	1.0919	1.33937	0.010111	0.990119
94	0.214086	6.6236	30.993	0.467637	1.0919	1.68598	-0.52721	0.990119
95	2.28354	6.6236	2.90059	0.138352	1.0919	7.89221	-0.94282	0.990119
96	2.13928	6.6236	3.09618	0.147427	1.0919	7.40639	-0.93647	0.990119
97	0.478053	6.6236	13.8554	0.781592	1.0919	1.39702	-0.90001	0.990119
98	0.263596	6.6236	25.1279	0.673976	1.0919	1.62009	-0.43122	0.990119
99	2.33795	6.6236	2.83308	0.215727	1.0919	5.06149	-0.87247	0.990119
100	0.209634	6.6236	3.15599	0.08153	1.0919	13.3926	-0.99282	0.990119
101	0.056669	6.6236	10.1977	0.002171	1.0919	502.845	-1.05718	0.990119
102	0.33197	6.6236	19.9524	0.074447	1.0919	14.6669	-1.03153	0.990119
103	1.48279	6.6236	4.467	0.028712	1.0919	38.0293	-1.03773	0.990119
104	1.20347	6.6236	5.50377	0.140504	1.0919	7.77132	-0.95867	0.990119
105	0.937014	6.6236	7.06884	0.25737	1.0919	4.24253	-0.87691	0.990119
106	1.54353	6.6236	12.8775	0.345325	1.0919	3.16195	-0.8467	0.990119
107	1.54351	6.6236	4.29125	0.001292	1.0919	844.803	-1.05734	0.990119
108	1.03538	6.6236	6.40839	0.00173	1.0919	630.977	-1.05719	0.990119
109	0.965573	6.6236	6.85976	0.218165	1.0919	5.00493	-0.90724	0.990119
110	0.585566	6.6236	11.3114	0.348926	1.0919	3.12932	-0.83237	0.990119
111	1.47492	6.6236	6.86072	0.000108	1.0919	10.118.6	-1.0582</	

### 6.5.4 Conclusioni

Gli elementi rinforzati, seppur ancora non garantiscono la sicurezza in condizioni di massima accelerazione sismica, presentano resistenze notevolmente maggiori rispetto a quelle attuali, apportando un contributo positivo a tutta la struttura.

## 6.6 Palestra

A seguito della verifica di vulnerabilità sismica dei corpi dell'edificio scolastico, era stato individuato come ulteriore elemento critico la rampa a sbalzo in calcestruzzo presente per l'accesso alla palestra: in particolare la verifica a taglio torsione della trave che sorregge l'intera rampa non soddisfaceva la verifica. Si prevede perciò l'intervento su questo elemento, con demolizione del parapetto in cemento armato e sostituzione con un nuovo elemento più leggero.

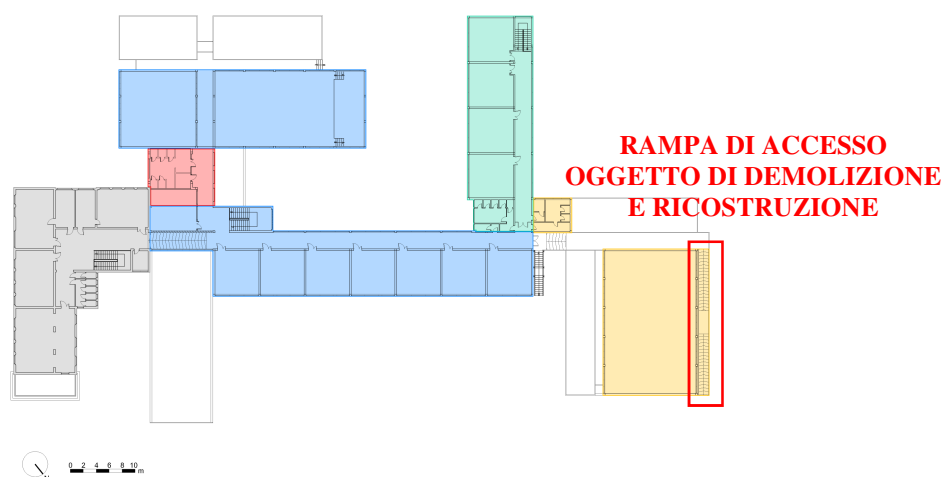


Figura 6.77: Zona di realizzazione del nuovo parapetto per la rampa di accesso alla palestra

Si effettua nel seguito la verifica a taglio-torsione della trave che porta la rampa a seguito della sostituzione del vecchio parapetto con una tipologia più leggera.

#### Analisi dei carichi:

Peso proprio e permanenti	$g_1 + g_2 = 5 \text{ kN/m}$
Peso proprio nuovo parapetto	$G_2 = 0,5 \text{ kN/m}$
Carico folla	$q_k = 4 \text{ kN/m}$
Carico folla spingente sul parapetto	$Q_k = 2 \text{ kN/m}$

I carichi sopra elencati vengono combinati secondo quanto esposto al Capitolo 4 al fine di ottenere il carico corrispondente allo Stato Limite da raggiungere.

#### Schema di calcolo:

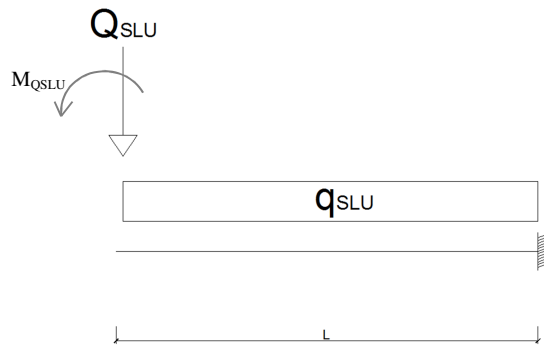


Figura 6.78: Schema di calcolo del cordolo in c.a.

Massimi valori di calcolo ipotizzando una lunghezza dello sbalzo pari a 1,5m:

- SLU

$$M_{T,ed,max} = 40,2 \text{ kNm} \quad V_{ed,max} = 66,81 \text{ kN}$$

• **Verifica a taglio-torsione**

In accordo con il capitolo 4.1.2.1.4 delle NTC 2008 la verifica a taglio-torsione deve rispettare la seguente relazione:

$$\begin{aligned} \text{lato acciaio} \quad M_{T,ed} / T_{Rd} &\leq 1 \\ V_{ed} / V_{s,Rd} &\leq 1 \end{aligned}$$

Con:

$$T_{Rd} = \min (T_{Rd,s} ; T_{Rd,l})$$

$$\text{lato calcestruzzo} \quad V_{ed} / V_{c,Rd} + M_{T,ed} / T_{Rd,c} \leq 1$$

Dove:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

Per cui:

$A_{sw}, A_s$  è l'area dell'armatura trasversale (si ipotizza  $\phi 8 / 10$ )

$A$  è l'area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico (201400 mm<sup>2</sup>)

$U_m$  è il perimetro medio del nucleo resistente

$s$  è l'interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

$f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$ )

$\alpha_c$  è il coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$t$  è lo spessore della sezione cava, per sezioni piene  $t = A_{sez}/u$

Per il caso in esame si ottiene:

- Lato acciaio

$$M_{T,ed} = 40,2 \text{ kNm}$$

$$T_{Rd} = \min (T_{Rd,s} ; T_{Rd,l}) = \min (72,85 \text{ kNm} ; 61,22 \text{ kNm}) = 61,22 \text{ kNm}$$

$$\text{Verifica a torsione: } 40,2 \text{ kNm} / 61,22 \text{ kN} = 0,65 \leq 1 \quad \textbf{verificato}$$

$$V_{ed} = 66,81 \text{ kN}$$

$$V_{s,Rd} = 272,14 \text{ kN}$$

$$\text{Verifica a taglio: } 66,81 \text{ kN} / 272,14 \text{ kN} = 0,24 \leq 1 \quad \textbf{verificato}$$

- Lato calcestruzzo

$$M_{T,ed} = 40,2 \text{ kNm}$$

$$T_{Rd,c} = 111,48 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = 66,81 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = 1869,38 \text{ kN}$$

$$\text{Verifica a taglio-torsione: } 40,2 \text{ kNm} / 111,48 \text{ kNm} + 66,81 \text{ kN} / 1869,38 \text{ kN} = 0,39 \leq 1 \quad \textbf{verificato}$$

Il tecnico

Ing. Giuseppe Nucara