COMUNE
DI
MIRANDOLA

sede legale Comune
via Giolitti, 22

MIRANDOLA (MO)

dirigente
Arch.Adele Rampolla

tel. 0535 29722 fax. 0535 29711
e.mail: lavori pubblici@comune.mirandola.mo.it

4° SETTORE - LAVORI PUBBLICI

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E STRUTTURALE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLA SCUOLA DI MUSICA "FONDAZIONE C. E G. ANDREOLI" SITA IN VIA FERMI 3 A MIRANDOLA

PROGETTISTA
Dott. Ing. Stefano Curli
STUDIO CURLI
INGEGNERIA, ARCHITETTURA, AMBIENTE
Dott. Ing. Massimo Curli
Dott. Ing. Stefano Curli
Dott. Arch. Francesca Curli
via Fiordibelli 3, 42121 Reggio Emilia
+39 0522 435317 - info@studiocurli.it

Responsabile Unico del Procedimento
Geom. Aurelio Borsari

Collaboratore al R.U.P.
Dott. Ing Laura Barbieri

PROGETTO DI FATTIBILITA' DELLE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

ALLEGATI: - PLANIMETRIE
- ELABORATI GRAFICI
- ESTRATTO DEL QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

data 21/01/2019	SCALA
archivio	
xrif:	

PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO E DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLA SCUOLA DI MUSICA "Fondazione C. e G. Andreoli" sita in Via Fermi a Mirandola

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

DESCRIZIONE GENERALE DEL FABBRICATO

Il fabbricato denominato "Scuola di Musica Andreoli" è situato in Via Enrico Fermi 3 a Mirandola; edificato negli anni '80 come fabbricato isolato, è adiacente ad un recente ampliamento, dal quale è strutturalmente separato mediante un giunto sismico.

Il fabbricato originario, cui si riferisce il presente Progetto di fattibilità del miglioramento sismico e della riduzione del rischio sismico, è stato edificato in base a Concessione edilizia prot.n.12446 del 13/03/1986; le opere strutturali sono state oggetto di deposito presso il Genio Civile di Modena con protocollo n. 515 del 27/03/1987 pratica n. 10682; a fine lavori è stato emesso il collaudo in data 27/05/1988.

In aderenza al fabbricato originario è stato recentemente realizzato un nuovo edificio antisismico. I due fabbricati sono stati resi comunicanti mediante apertura di una porta (progetto del sottoscritto ingegnere approvato con provvedimento n. 99. del 21/06/2018 ed appaltato all'Impresa *Società Cooperativa di Lavoro B.A.T.E.A. con sede in Via G. Pastore 27 – 41033 Concordia*).

Il fabbricato originario, al quale si riferisce il presente progetto di fattibilità, è formato dal piano terra e dal primo piano, quest'ultimo di dimensioni inferiori, con copertura a terrazza non accessibile se non per ispezione.

DESCRIZIONE STRUTTURALE DEL FABBRICATO

Nell'occasione del progetto per la formazione dell'apertura di collegamento fra il fabbricato originario e l'ampliamento recente, è stata esaminata la documentazione originaria; la conoscenza del fabbricato è stata integrata con un approfondito rilievo geometrico e strutturale e con indagini sui materiali e sul terreno di fondazione, raggiungendo per il fabbricato in esame un livello di conoscenza elevato.

Si tratta di un fabbricato composito, con struttura portante parzialmente intelaiata, costituita da pilastri in cemento armato, muri portanti interni in muratura posti fra pilastri in cemento armato, paramenti perimetrali in cemento armato dello spessore di 16 cm.

Le fondazioni sono di tipo continuo, di sezione rettangolare, in alcuni casi con funzione di trave rovescia.

Il primo solaio, per le porzioni di fabbrica non sovrastate dal piano superiore più piccolo, ed il secondo solaio per quest'ultima porzione di fabbrica, costituiscono le strutture portanti di copertura a terrazza non praticabile, non essendovi porte di accesso ma solo finestre apribili a vasistas rovescio, dalle quali è impossibile uscire.

I solai, di tipo laterocementizio, in alcuni casi sono sostenuti da travi in cemento armato, in altri casi poggiano sui paramenti perimetrali in cemento armato, in altri casi ancora sui muri portanti interni mediante cordoli. Come si è detto precedentemente, i muri portanti interni sono interrotti da pilastri in cemento armato, alcuni dei quali non hanno una funzione statica diretta in quanto non sostengono travi.

I solai sono di tipo laterocementizio semiprefabbricato del tipo travetti e pignatte, realizzati secondo tre tipologie diverse.

Nelle strutture del fabbricato, in certi casi i ferri di armatura del cemento armato hanno diametri inferiori a quanto oggi prescritto (staffe dei pilastri Ø6 ogni 15 cm, cordoli di imposta dei solai con 4Ø10 e staffe Ø6 ogni 25 cm); in

altri casi l'armatura è superiore alle abitudini costruttive dell'epoca, come ad esempio nei cordoli rompitratta dei solai più lunghi (4Ø14 con staffe Ø6 ogni 25 cm) e per la presenza di rete elettrosaldata nel getto integrativo dei solai.

I risultati delle indagini hanno confermato la buona qualità del materiali indicata nei certificati di prova risalenti alla realizzazione del fabbricato, la assenza o poca rilevanza di fenomeni di degrado quali la carbonatazione del calcestruzzo, la corretta disposizione delle armature.

STATO DI CONSERVAZIONE DEL FABBRICATO – DANNI RISCONTRATI

Il fabbricato è stato costruito negli anni 1987/88 con le tecnologie costruttive ed in base alle normative vigenti all'epoca della sua costruzione.

Dal punto di vista statico l'edificio appare solido, ben costruito e in buone condizioni di manutenzione, conseguenza di valide scelte progettuali iniziali e di buona qualità dei materiali impiegati.

Il fabbricato, pur essendo stato progettato prima dell'inserimento del Comune di Mirandola nell'elenco delle zone sismiche, non ha subito danni strutturali significativi in seguito agli eventi sismici subiti, fra i quali quello severo del 2012

DESCRIZIONE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Cemento armato:

- Calcestruzzo di classe Rck250.

  La prescrizione della qualità del calcestruzzo è riportata sui disegni esecutivi delle strutture in cemento armato, ed è confermata dai certificati di prova dei materiali originali, risalenti all'epoca della realizzazione del fabbricato e confermati dal collaudatore.

  Le strutture in cemento armato sono state controllate dal sottoscritto con metodologia non distruttiva, mediante sclerometro di controllata taratura, riscontrando valori di resistenza che confermano la qualità del calcestruzzo indicata.

Le prove eseguite sui provini estratti durante il piano di indagini hanno riportato valori di resistenza sempre superiori a quelli previsti per la classe di calcestruzzo indicata, che risulta pertanto confermata.

Le indagini non hanno mostrato stati di carbonatazione significativa.

- Acciaio tipo FEB38K controllato in stabilimento (tensione ammissibile=2200 Kg/cmq)

  La prescrizione della qualità dell'acciaio di armatura del cemento armato è riportata sui disegni esecutivi delle strutture, ed è confermata dai certificati di prova del materiale prelevato in stabilimento all'origine; non sono stati reperiti certificati di prova di barre di acciaio prelevato in cantiere.

  Le prove eseguite sui provini estratti durante il piano di indagini hanno riportato valori di resistenza sempre superiori a quelli previsti per il tipo di acciaio indicato, che risulta pertanto confermato.

Muri portanti in laterizio: sono formati con mattoni semipieni con foratura verticale (tipo doppio uni) e malta cementizia.

Pareti accoppiate alle pareti in cemento armato perimetrali: le contropareti sono formate con un paramento in mattoni forati dello spessore di circa 8 cm. , con foratura disposta orizzontalmente (tramezzi), intonacato solo sul lato visibile, con intercapedine di 5 cm. isolata con lana di roccia fra il paramento stesso e il muro in cemento armato dello spessore di 16 cm.

METODO DI CALCOLO

Il calcolo strutturale è stato eseguito mediante modellazione tridimensionale del fabbricato, determinando con il software Sismicad il comportamento di insieme e le sollecitazioni negli elementi strutturali.

Il software utilizzato è aggiornato alla recente versione delle NTC 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni pubblicata con DM 17/01/2018; tuttavia si precisa che alla data attuale non è stata ancora pubblicata la Circolare esplicativa

della Norma, per cui si fa espresso riferimento alla precedente Circolare esplicativa N. 617 del 02/02/2009, per quanto non in contrasto con le NTC 2018, seguendo le indicazioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e degli Ordini degli Ingegneri.

Tutti i pilastri e tutte le strutture di piano più significative sono state analizzate nelle sezioni di maggiore sollecitazione, raffrontando le sollecitazioni provocate dal sisma con le capacità di resistenza, individuando per ogni elemento strutturale la percentuale di resistenza reale rispetto alla resistenza che dovrebbe avere in base alle NTC 2018.

E' stata ottenuta così una precisa mappatura degli elementi non resistenti del fabbricato, utile per definire la percentuale di resistenza allo stato di fatto, ed anche per individuare i possibili interventi di miglioramento strutturale.

COMPORTAMENTO DEL FABBRICATO DURANTE UN EVENTO SISMICO

Il fabbricato in esame è formato da un involucro in cemento armato notevolmente rigido, mentre la struttura portante interna è formata da elementi progettati unicamente per sostenere carichi verticali, costituiti da pilastri poco armati e da murature non controventate.

I piani portanti sono formati da solai laterocementizi con buone caratteristiche, accoppiati a travi e a cordoli di cemento armato dotati a volte di armature molto modeste.

Le azioni orizzontali provocate dalle masse presenti nel fabbricato, durante un evento sismico, sono in gran parte trasmesse all'involucro rigido ad opera delle travi e dei cordoli, che in molti casi sono soggetti a sollecitazioni importanti di flessione e compressione / trazione, situazione quest'ultima particolarmente critica per la scarsità di armatura presente in molte strutture.

RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE - STATO DI FATTO

I risultati dell'analisi strutturale sono riportati nel tabulato allegato nel seguito, nel quale è stato riportata la resistenza attribuita ad ogni elemento strutturale, determinata in percentuale rispetto alla resistenza richiesta per un edificio di nuova costruzione.

Nel tabulato sono evidenziati in rosso le percentuali di resistenza più basse, inferiori al 60% (il 60 % è il livello minimo di resistenza che deve essere raggiunto da un edificio ad uso scolastico in caso di intervento di miglioramento strutturale, secondo le NTC 2018). In colore blu sono indicate le percentuali di resistenza comprese fra il 60 % e l'80%.

Gli elementi strutturali deboli sono anche evidenziati negli elaborati grafici allegati nelle pagine seguenti, dai quali risulta evidente la debolezza strutturale del "cuore" del fabbricato.

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA - STATO DI FATTO

La resistenza del fabbricato è fortemente limitata dalla presenza di alcuni elementi strutturali gravemente deboli, a fronte di altri resistenti e apparentemente surdimensionati, dimostrando una notevole disomogeneità strutturale e conseguentemente di comportamento.

Come riportato nella Valutazione di Vulnerabilità del fabbricato, il livello di sicurezza sismica del fabbricato in esame, nello stato di fatto, è pari al **30,3%** (trenta virgola tre percento) del livello di sicurezza richiesto ad un edificio di nuova costruzione ai sensi delle NTC 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

MIGLIORAMENTO SISMICO E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO - PROGETTO

Il presente progetto è rivolto a verificare la fattibilità tecnica ed economica di un intervento rivolto ad apportare un significativo miglioramento strutturale del

fabbricato, per raggiungere almeno la minima resistenza prevista dalle NTC 2018 per gli edifici scolastici, pari al 60%.

Considerata la particolare tipologia costruttiva del fabbricato, che non consente di ottenere mitigazioni della spinta sismica mediante alleggerimenti, l'intervento migliorativo deve agire esclusivamente mediante rinforzo degli elementi strutturali deboli, portandoli ad un livello di resistenza accettabile.

La presenza nel fabbricato di travi in cemento armato in spessore-solaio costituisce un limite superiore difficilmente superabile per il miglioramento sismico del fabbricato, senza stravolgere la struttura con demolizioni e ricostruzioni; infatti, per le travi in spessore-solaio, non essendo accessibili le superfici laterali per la presenza dei solai, i rinforzi sui lati inferiore ed eventualmente superiore agiscono solo parzialmente per azioni sismiche orizzontali, le più gravose.

Nel caso in esame, si è ritenuto opportuno preferire rinforzi eseguiti con applicazione alle strutture di fibre ad altissima resistenza, segnatamente metalliche, in matrice organica di tipo epossidico (intervento denominato FRP); questa tipologia di intervento infatti consente significativi rinforzi localizzati senza interferire sullo stato deformativo del fabbricato, la cui variazione comporterebbe un addensamento delle sollecitazioni proprio sui pilastri da rinforzare.

L'esame della resistenza delle strutture allo stato di fatto consente di individuare le strutture deboli, rinforzandole opportunamente.

In tal modo, è possibile raggiungere un livello di resistenza pari al 65% di NTC 2018, superando pertanto il valore minimo previsto dalla legge per il miglioramento strutturale degli edifici scolastici, intervenendo prevalentemente sulle strutture interne e con modesti interventi sui pilastri esterni, pertanto con interventi che incidono in maniera poco significativa sull'aspetto estetico del fabbricato e in modo contenuto sui serramenti e sugli impianti.

Il limite del 65%, rappresentato dalla percentuale di resistenza raggiungibile per una delle trave in spessore-solaio rinforzata con FRP al massimo delle possibilità tecniche, pare insuperabile se non con interventi fortemente invasivi. Altre travi in spessore solaio, rinforzate, si trovano in condizioni analoghe.
Il livello di resistenza pari al 65% è pertanto da ritenersi prossimo alla resistenza massima raggiungibile dal fabbricato senza interventi invasivi; per superare tale limite si dovrebbe intervenire con demolizione e ricostruzione di travi e porzioni di solaio, rinforzo delle fondazioni, rinforzo di alcuni pilastri esterni con necessità di intervenire anche sui serramenti a vetri.

Si ritiene pertanto che il valore di resistenza pari al 65% della resistenza richiesta dalle NTC 2018 per un edificio nuovo, oltre a superare la soglia del 60% previsto dalla stessa norma per gli edifici scolastici, costituisca il massimo obiettivo progettuale raggiungibile dal punto di vista tecnico ed economico.
Il presente progetto di fattibilità prevede pertanto il raggiungimento di un livello di sicurezza pari al 65 % della sicurezza richiesta ad un edificio di nuova costruzione, risultato raggiungibile mediante rinforzi FRP dei pilastri e delle travi deboli e mediante perforazioni armate, limitando per quanto possibile gli interventi sugli impianti e sulle finiture del fabbricato.
Nella Tabella delle Resistenze, allegata, si riportano a confronto le resistenze degli elementi strutturali prima dell'intervento proposto (Stato di Fatto) e con l'ipotesi di miglioramento strutturale prospettata.
Le tavole 1 e 2 evidenziano le strutture sulle quali è necessario intervenire applicando rinforzi.
La tipologia di rinforzo con FRP prospettata è riportata nella tavola 3; essa consente rinforzi significativi delle strutture in cemento armato, apportando variazioni dimensionali estremamente modeste, caratteristica importante nel caso in esame dove molte finiture sono applicate "a nudo" sopra superfici in cemento armato a vista.

Il livello di sicurezza del fabbricato attualmente pari al 30,3 %, come determinato nella Valutazione di Vulnerabilità allo Stato di Fatto, raggiungerà così il 65,0% (sessantacinque percento), con un intervento che interesserà solo localmente le finiture del fabbricato.

Le tavole 4, 5, 6, 7 riportano graficamente in colore il livello di resistenza raggiunto dal fabbricato con l'intervento di miglioramento strutturale proposto, in termini di resistenza degli elementi strutturali, raffrontato con la resistenza determinata "ante operam".

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DI ELEMENTI NON STRUTTURALI - PROGETTO

L'esperienza dei danni provocati dagli eventi sismici passati sottolinea la non trascurabilità del rischio provocato dalla caduta o ribaltamento di componenti edili non strutturali.

Si tratta di elementi non facenti parte della struttura del fabbricato, ma che per il loro peso o le loro caratteristiche possono apportare gravi danni all'incolumità delle persone.

E' necessario pertanto provvedere a mettere in sicurezza tali elementi, per evitarne il distacco o almeno per impedire che cadendo possano costituire causa di pericolo.

Nel progetto è stata prevista pertanto la messa in sicurezza dei seguenti elementi non strutturali, evidenziati nella tavola 8 allegata:

- Contropareti esterne: Tutti i paramenti esterni sono realizzati con un muro di cemento armato al quale è affiancato, con intercapedine contenente isolante, una parete divisoria intonacata solo sul lato esterno. Tali pareti devono essere collegate saldamente al muro in cemento armato, mediante spinottature resinate.
- Sfondellamento dei solai: I solai laterocementizi contengono una porzione non resistente che può distaccarsi, costituendo un rischio per l'incolumità delle persone, con un meccanismo generalmente

denominato "sfondellamento". Tale distacco, abbastanza imprevedibile, è possibile soprattutto in solai di lunghezza notevole come in alcune posizioni del fabbricato in esame. Si raccomanda pertanto di costituire un presidio contro il rischio di sfondellamento, mediante applicazione di reti in fibra oppure con idonei controsoffitti, in corrispondenza delle campate più lunghe dei solai laterocementizi.

- Le pareti divisorie realizzate in mattoni forati non portanti, soprattutto quelle di grandi dimensioni, possono ribaltarsi durante un evento sismico. E' necessario pertanto metterle in sicurezza con collegamento alle strutture portanti e con applicazione di reti in fibra.
- Anche i muri portanti in muratura esistenti nel fabbricato, spesso non controventati, richiedono un intervento di collegamento alle strutture portanti in cemento armato.
- In molti locali della scuola di musica vi è un controsoffitto tra i quali segnalo quello particolarmente pesante della "sala della banda" realizzato con evidente funzione anti riverbero. Si tratta di elementi potenzialmente pericolosi, i quali devono essere sostituiti con controsoffitti di sicurezza e dotati di idonee caratteristiche acustiche.

CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA – QUADRO ECONOMICO

Il costo delle opere necessarie per realizzare gli interventi descritti è stato determinato moltiplicando le quantità delle opere necessarie per il prezzo unitario desunto dal prezziario "*Elenco Regionale dei prezzi delle opere pubbliche e di difesa del suolo della Regione Emilia Romagna – Annualità 2018*" integrato per alcune opere con altri Prezziari ufficiali di Camere di Commercio.

L'importo dei lavori determinato è comprensivo delle opere necessarie per la realizzazione in sicurezza dell'intervento.

Considerato il metodo analitico utilizzato, l'importo determinato è da considerarsi altamente affidabile.

Si riporta la tabella riassuntiva del Quadro Tecnico Economico

QUADRO TECNICO ECONOMICO			
Scuola di Musica "Andreoli" - Mirandola - MIGLIORAMENTO SISMICO			
A	**LAVORI**	**%**	**Q.T.E. Progetto Fattibilità**
A.1	Importo lavori soggetti a ribasso		€ 213.237,28
A.2	Ribasso d'asta	0,00%	€ 0,00
A.3	Importo lavori comprensivi di ribasso		€ 213.237,28
A.4	Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso		€ 12.353,28
A.5	Altri importi		€ 0,00
A	**LAVORI**	**totale**	€ 225.590,56
B	**SOMME A DISPOSIZIONE**	**%**	**Q.T.E. Progetto Fattibilità**
B.1	IVA sui lavori	22,00%	€ 49.629,92
B.2	Spese Tecniche ingegneristiche (		€ 15.500,00
B.3	Contributi spese tecniche	4,00%	€ 620,00
B.4	IVA Spese tecniche	22,00%	€ 3.546,40
B.5	Imprevisti	10,00%	€ 22.559,06
B.6	IVA Imprevisti	22,00%	€ 4.962,99
B.7	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura		€ 0,00
B.8	Rilievi, accertamenti e indagini totale		
B.9	Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 0,00
B.10	Accantonamento di cui all'articolo 133, commi 3 e 4, del codice		€ 0,00
B.11	Spese di cui agli articoli 90, comma 5, e 92, comma 5 e 7-bis Codice Appalti (Incentivi pubbliche amministrazioni)		€ 0,00
B.12	Spese di cui agli articoli 90, comma 5, e 92, comma 5 e 7-bis Codice Appalti (Incentivi RUP altri Enti NON Pubblici)	2,00%	€ 4.511,81
B.13	Contributi voce B.12 spese tecniche (cnpaia4%)	4,00%	€ 0,00
B.14	IVA di B.12 + B.13 spese tecniche	22,00%	€ 0,00
B.15	Spese per attività tecnico amministrative connesse alla proget-tazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di veri- fica e validazione (Soggetti attuatori NON Enti Pubblici)		€ 0,00
B.16	Spese Tecniche e Amministrative per Consorzi di Bonifica		€ 0,00
B.17	Eventuali spese per commissioni giudicatrici		€ 0,00
B.18	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche		€ 0,00
B.19	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto		€ 0,00
B.20	Altro (arrotondamento)		€ 3.079,26
B	**SOMME A DISPOSIZIONE**	**totale**	**€ 104.409,44**
A+B	**COMPLESSIVO GENERALE**	**totale**	**€ 330.000,00**

RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

La classe di rischio sismico attribuibile al fabbricato nello stato di fatto, determinato con il metodo convenzionale definito dal DM 65/2017 del 7/3/2017, corrisponde alla Classe di Rischio "E".

Il fabbricato, rinforzato con gli interventi proposti nel presente Progetto di Fattibilità, rientrerà nella Classe di Rischio "B", pertanto con un miglioramento di 3 classi di rischio.

Reggio Emilia, 21 gennaio 2019 ing. Stefano Curli

ALLEGATI

- Tabella delle resistenze degli elementi strutturali: a confronto le resistenze "ante operam" con le resistenze degli elementi strutturali rinforzati
- Tavola 1 – Individuazione dei pilastri da rinforzare
- Tavola 2 – Individuazione delle travi da rinforzare
- Tavola 3 – Metodologia del rinforzo con FRP
- Tavola 4 – Pilastri del Piano Terra: Confronto fra la percentuale di resistenza prima e dopo l'intervento di miglioramento sismico
- Tavola 5 - Pilastri del Piano Superiore: Confronto fra la percentuale di resistenza prima e dopo l'intervento di miglioramento sismico
- Tavola 6 – Strutture del primo solaio: Confronto fra la percentuale di resistenza prima e dopo l'intervento di miglioramento sismico
- Tavola 7 – Strutture del secondo solaio: Confronto fra la percentuale di resistenza prima e dopo l'intervento di miglioramento sismico
- Tavola 8 – Individuazione degli interventi di messa in sicurezza degli elementi edili non strutturali
- Determinazione della Classe di Rischio Sismico – Confronto fra la Classe di Rischio allo stato di fatto e la Classe di Rischio dopo l'intervento di miglioramento progettato

VERIFICHE DI RESISTENZA					RESISTENZA Stato di fatto	RESISTENZA Progetto di miglioramento	NOTE - intervento di miglioramento
PILASTRI		b x	b y	ferri long.	**%**	%	
piano terra	piede 1	60	30	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 2	30	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				99%	99%	
piano terra	piede 3	35	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 4	35	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 5	35	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 6	60	30	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 7	60	30	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 8	60	30	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 9	30	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 10	30	30	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 11	30	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 12	20	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 13	30	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 14	30	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 15	20	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				91%	91%	
piano terra	piede 16	30	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 17	30	30	4Ø16	36,2%	80%	FRP 4 lati 30 cm
	testa				41,8%	88%	FRP 4 lati 30 cm
piano terra	piede 18	30	30	4Ø12	**30,3%**	70%	FRP 2 stratl 30 cm. su ognuno dei 2 lati scoperti
	testa				30,9%	72%	FRP 2 stratl 30 cm. su ognuno dei 2 lati scoperti
piano terra	piede 19	30	30	4Ø12	83%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
	testa				45%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
piano terra	piede 20	30	30	4Ø12	35%	85%	FRP 4 lati 30 cm
	testa				46%	100%	FRP 4 lati 30 cm
piano terra	piede 21	30	30	4Ø16	71%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
	testa				69%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
piano terra	piede 22	30	60	6Ø16	76%	76%	
	testa				81%	81%	
piano terra	piede 23	30	60	6Ø16	74%	74%	
	testa				82%	82%	
piano terra	piede 24	30	35	4Ø16	37%	82%	FRP 2 lati 30 cm NS.
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 25	30	35	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 26	30	35	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 27	30	35	4Ø16	100%	100%	
	testa				100%	100%	
piano terra	piede 28	30	60	6Ø16	98%	98%	
quota trave intermedia					37,8%	75%	FRP 2 lati 30 cm NS + cerchiatura
	testa				45%	82%	FRP 2 lati 30 cm NS.
piano terra	piede 29	30	60	6Ø16	100%	100%	
	testa				73%	73%	
piano terra	piede 30	30	60	6Ø16	92%	92%	
	testa				100%	100%	

piano terra	piede	31	20	60	6Ø16	100%	100%	
	testa					100%	100%	
piano terra	piede	32	20	60	6Ø16	100%	100%	
	testa					100%	100%	
piano terra	piede	33	30	60	6Ø16	93%	93%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	1	60	30	6Ø14	100%	100%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	6	60	30	6Ø14	43,5%	71%	FRP lato interno 1 strato 20 cm.
	testa					47%	80%	lato esterno 2 strati 10 cm.
P 1	piede	10	30	30	4Ø16	100%	100%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	14	30	60	6Ø14	100%	100%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	15	20	60	6Ø14	100%	100%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	16	30	60	6Ø14	89%	89%	
	testa					100%	100%	
P 1	piede	17	30	30	4Ø12	100%	100%	
	testa					94%	94%	
P 1	piede	18	30	30	4Ø12	80,5%	81%	
	testa					89%	89%	
P 1	piede	19	30	30	4Ø12	56%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
	testa					82%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
P 1	piede	20	30	30	4Ø12	69%	100%	FRP 2 lati 30 cm NS.
	testa					38,5%	83%	FRP 2 lati 30 cm NS.

VERIFICHE DI RESISTENZA

TRAVI			RESISTENZA Stato di fatto	RESISTENZA Progetto di miglioramento	
			%	%	
primo solaio	TR 7 8	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	100%	100%	
	TR 1 6	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	100%	100%	
	TR 6 9	sisma //	49%	100%	FRP 15 cm. 1strato a destra e a sinistra
		sisma ort.	31,5%	83%	FRP 15 cm. 1strato a destra e a sinistra
	TR 9 10	sisma //	46%	100%	1 strato 20 cm. solo sotto
		sisma ort.	100%	100%	1 strato 20 cm. solo sotto
	TR 2 5	sisma //	86%	86%	
		sisma ort.	100%	100%	
	TR 5 6	sisma //	85%	100%	FRP vedi disegno
		sisma ort.	34%	69%	FRP vedi disegno
	TR 11 13	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	100%	100%	
	TR 14 16	sisma //	99%	99%	
		sisma ort.	86%	86%	
	TR 20 22	sisma //	34,0%	100%	FRP sopra e sotto 30 cm
		sisma ort.	37,8%	78%	FRP sopra e sotto 30 cm
	TR 18 scala	sisma //	32,0%	100%	FRP due fasce la 30cm + 1 sotto 30 cm.
		sisma ort.	72%	100%	FRP due fasce la 30cm + 1 sotto 30 cm.
	lato vuoto scala	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	100%	100%	
	trave ingr segrete	sisma //	100%	100%	FRP solo sotto 3 strati 40 cm
		sisma ort.	39%	**65%**	FRP solo sotto 3 strati 40 cm
	TR 24 25	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	67%	67%	
	TR 25 28	sisma //	100%	100%	in basso FRP 15 cm verticale dentro e fuori
		sisma ort.	31,0%	84%	in alto 15 esterno + 15 sopra
	TR 30 33	sisma //	84%	84%	
		sisma ort.	79%	79%	
	TR 23 28 bassa	sisma //	31,2%	84%	sopra e sotto 1 strato frp 40 cm
		sisma ort.	100%	100%	sopra e sotto 1 strato frp 40 cm
	TR 23 28 alta	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	88%	88%	

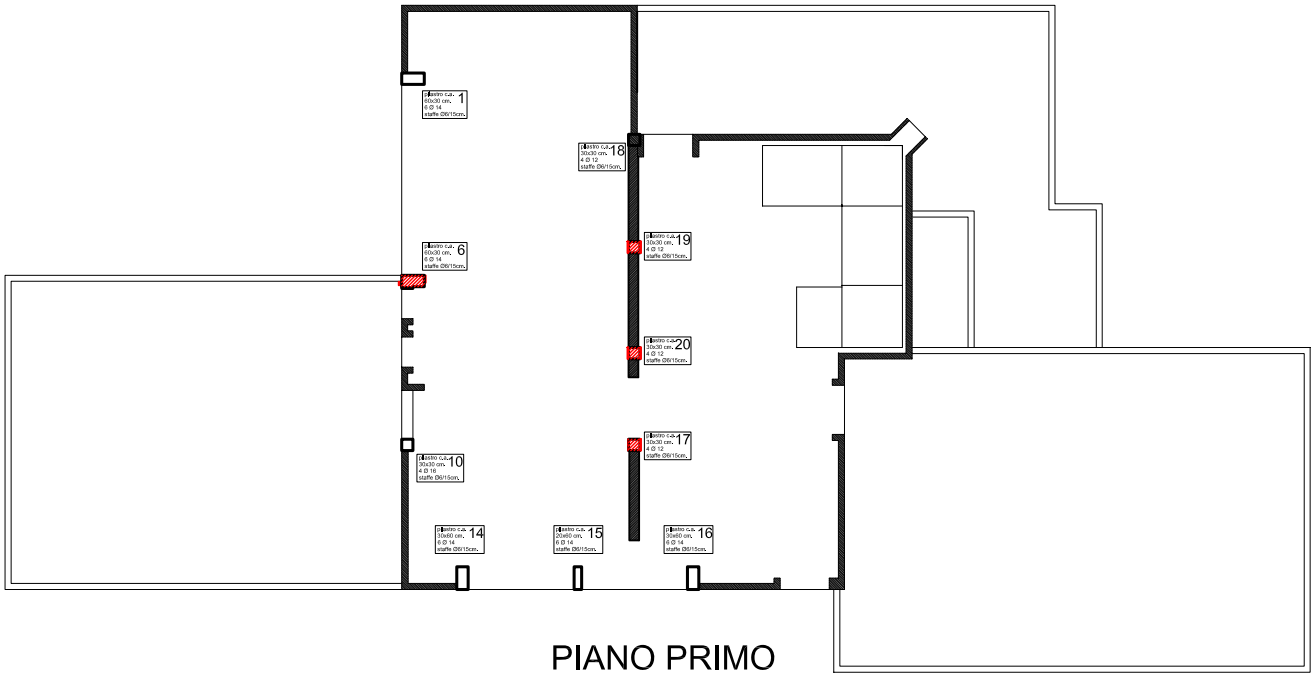
	TR 28 29 alta	sisma //	81%	81%	
		sisma ort.	100%	100%	
secondo sol.	TR 1 6 10	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	75%	75%	
	TR 14 16	sisma //	100%	100%	rinforzo FRP vedi disegno
		sisma ort.	45%	100%	rinforzo FRP vedi disegno
	trave in su G	sisma //	100%	100%	rinforzo FRP 30 cm. sui due lati
		sisma ort.	36%	83%	rinforzo FRP 30 cm. sui due lati
	trave in su F	sisma //	40%	100%	rinforzo FRP 30 cm. sui due lati
		sisma ort.	31,5%	100%	rinforzo FRP 30 cm. sui due lati
	diagonale	sisma //	100%	100%	
		sisma ort.	100%	100%	

CORDOLI		ferri long.	area ferri cmq.	**RESISTENZA Stato di fatto** **%**	**RESISTENZA Progetto di miglioramento** %	
primo solaio	22 23	4Ø10	3,16	100%	100%	
	18 20	4Ø10	5,16	51%	83%	rinforzo con inserimento cavo metallico
	20 17	4Ø16	8,04	100%	100%	
	17 esterno	4Ø10	3,16	84%	84%	
	23 scala	4Ø10	3,16	39%	77%	fibre 2 lati x 2 strati x 20 cm., primi 2 metri
secondo sol.	18 20	4Ø10	3,16	88%	88%	
	20 17	4Ø16	8,04	100%	100%	

Verifica locale delle fondazioni all'innesto dei pilastri			ferri			**RESISTENZA Stato di fatto**	**RESISTENZA Progetto di miglioramento**
pil.	b	h	long.	staffe	verifica	**%**	%
1	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80		Ø8 / 30cm	trasversal	82%	82%
2	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
3	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	73%	73%
4	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	80%	80%
5	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	72%	72%
6	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale X	100%	100%
	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale Y	100%	100%
7	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
8	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
9	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80		Ø8 / 30cm	trasversal	93%	93%
10	90	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80		Ø8 / 30cm	trasversal	88%	88%
11	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	86%	86%
12	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
13	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	94%	94%
14	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	88%	88%
15	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
16	80	80	4+4Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80		Ø8 / 30cm	trasversal	87%	87%
17	140	80	6+6Ø14	3 / 30cm	assiale	100%	100%
	140	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
18	110	80	5+5Ø14	3 / 30cm	assiale X	100%	100%
19	140	80		Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%

20	110	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale X	100%	100%
20	140	80	6+6Ø14/38 / 30cm	assiale Y	100%	100%
21	110	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	110	80	Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
22	110	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale X	100%	100%
	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale Y	100%	100%
23	110	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale X	100%	100%
	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale Y	95%	95%
24	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80	Ø8 / 30cm	trasversal	72%	72%
25	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale X	100%	100%
	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale Y	100%	100%
26	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80	Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
27	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	90	80	Ø8 / 30cm	trasversal	98%	98%
28	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale X	100%	100%
	90	80	5+5Ø14/38 / 30cm	assiale Y	100%	100%
29	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80	Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
30	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80	Ø8 / 30cm	trasversal	82%	82%
31	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80	Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
32	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80	Ø8 / 30cm	trasversal	100%	100%
33	80	80	4+4Ø14/38 / 30cm	assiale	100%	100%
	80	80	Ø8 / 30cm	trasversal	81%	81%

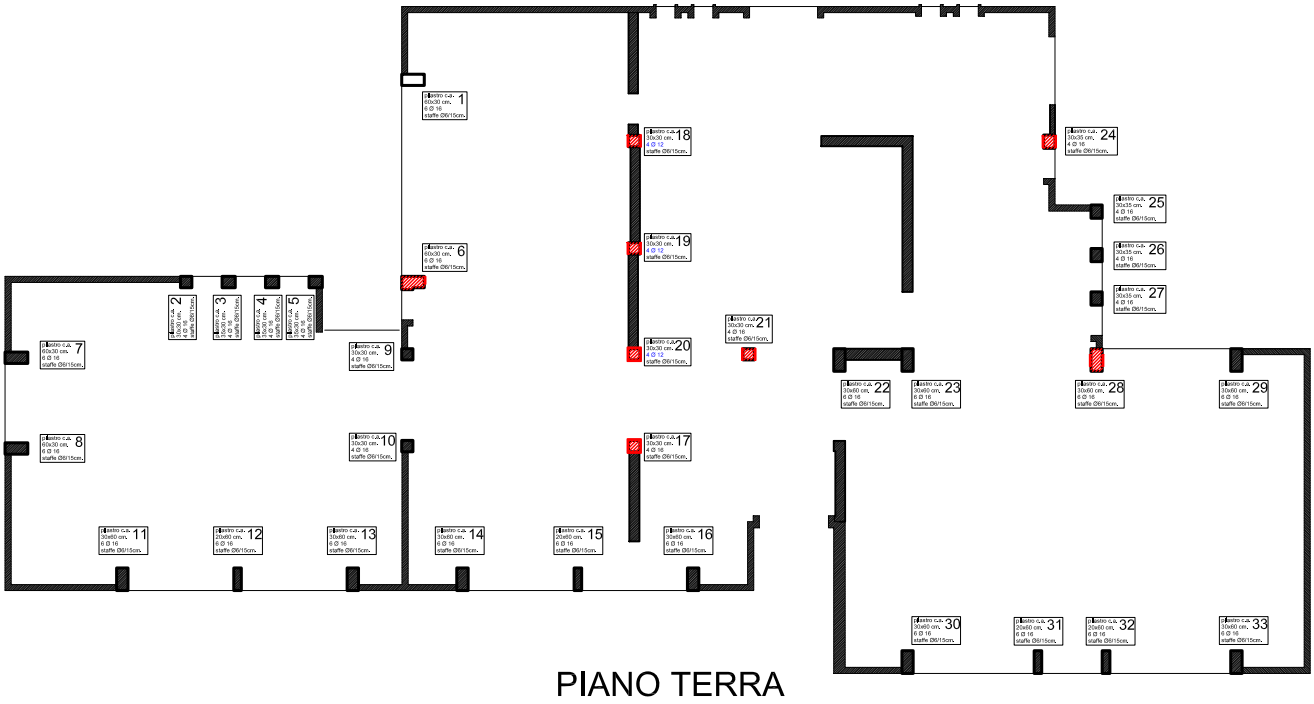
	RESISTENZA Stato di fatto	RESISTENZA Progetto di miglioramento
	%	%
RESISTENZA DEL FABBRICATO =	**30,3%**	**65,0%**



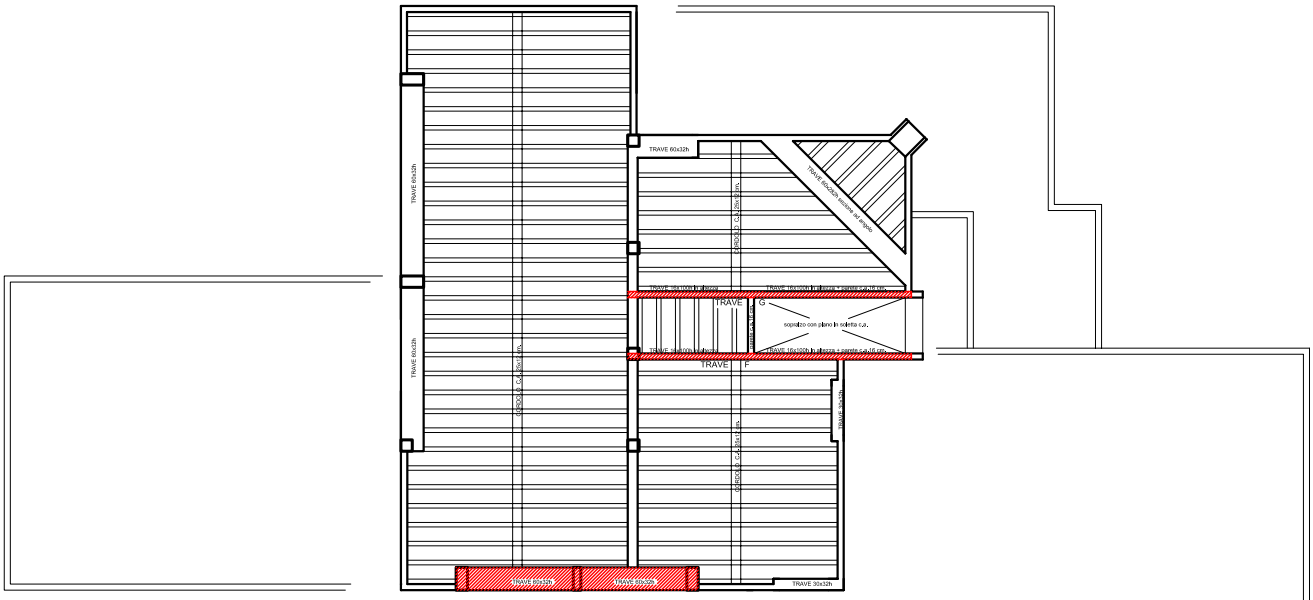
PIANO PRIMO
pianta strutturale

Tavola 1 - INTERVENTI DI RINFORZO DEI PILASTRI

Pilastri da rinforzare con FRP
Lati da rinforzare



PIANO TERRA
pianta strutturale



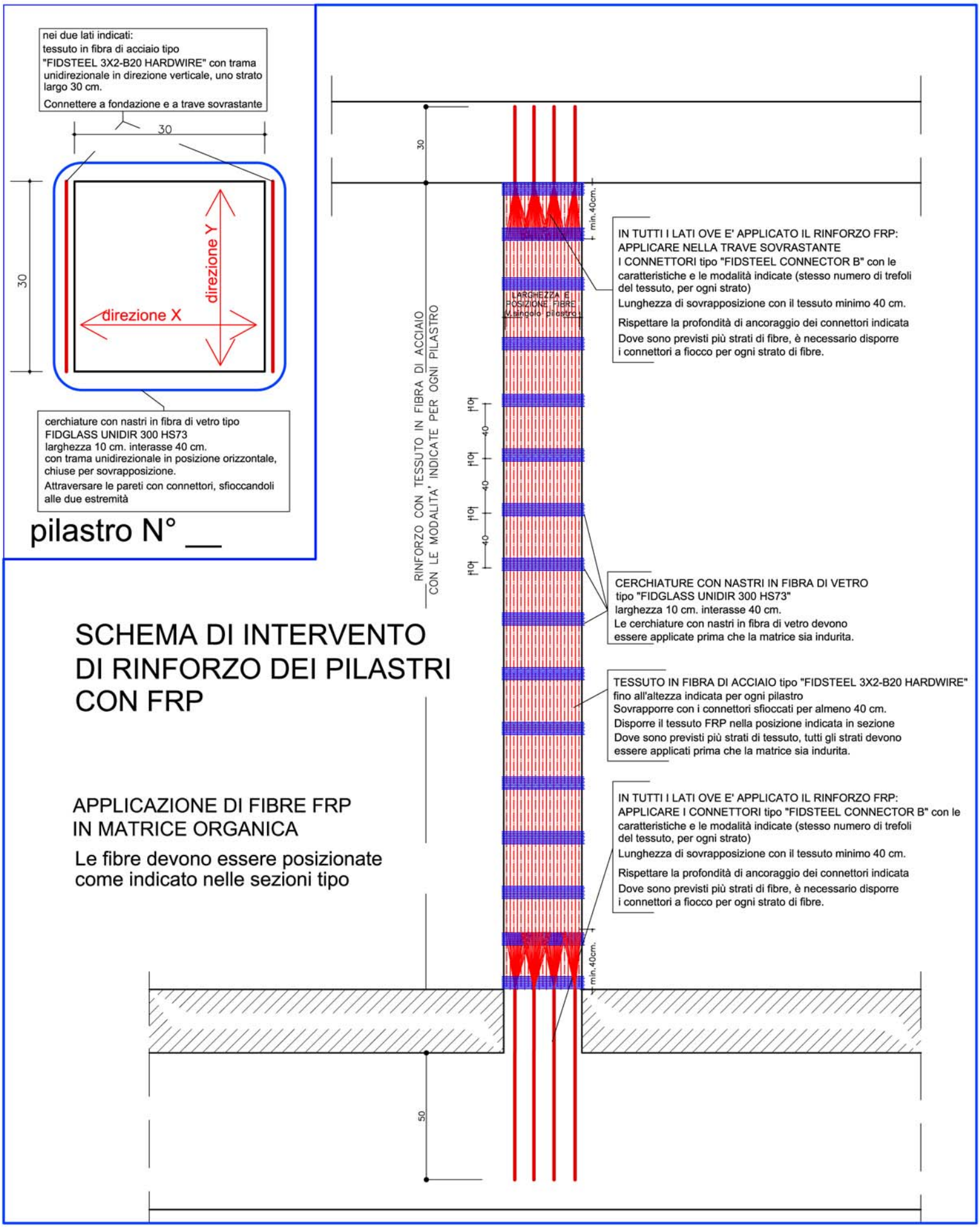
SECONDO SOLAIO
pianta strutturale

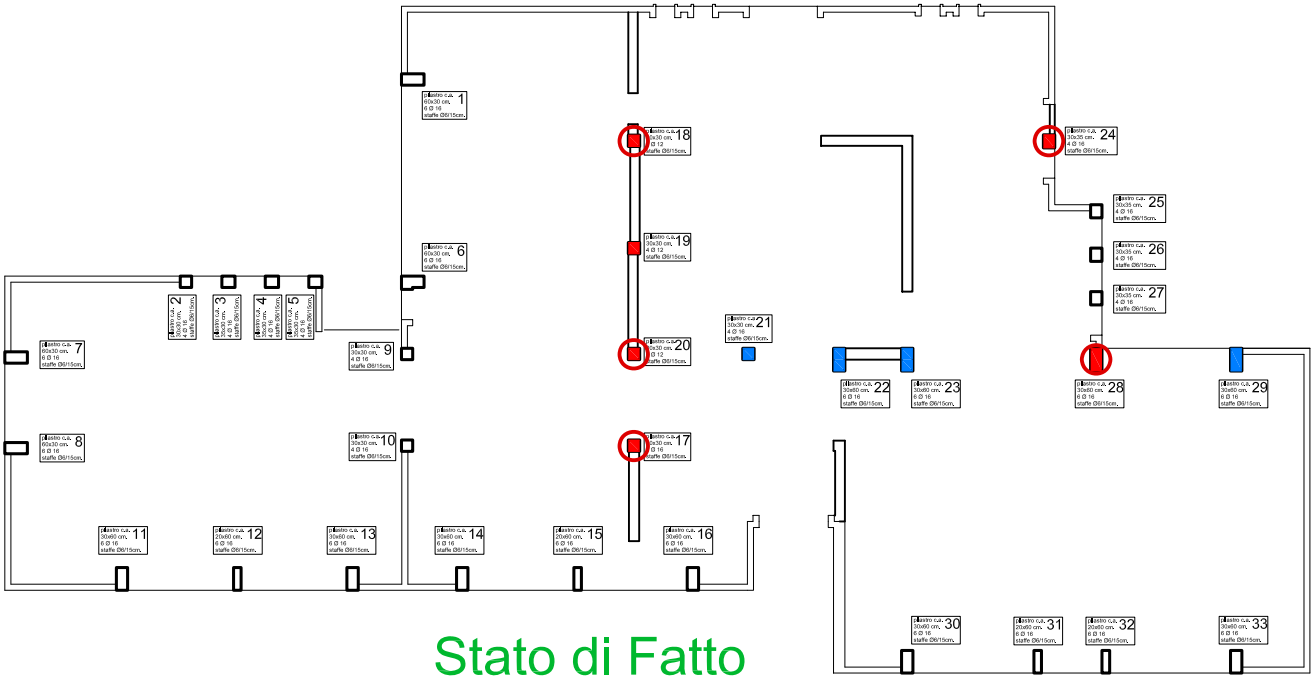
Tavola 2 - INTERVENTI DI RINFORZO DELLE TRAVI

Travi da rinforzare con FRP

Cordoli / travi da rinforzare con perforazione armata piastra di ancoraggio sotto traccia

PRIMO SOLAIO
pianta strutturale


nei due lati indicati:
tessuto in fibra di acciaio tipo
"FIDSTEEL 3X2-B20 HARDWIRE" con trama unidirezionale in direzione verticale, uno strato largo 30 cm.
Connettere a fondazione e a trave sovrastante
30
30
direzione Y
direzione X
cerchiature con nastri in fibra di vetro tipo
FIDGLASS UNIDIR 300 HS73
larghezza 10 cm. interasse 40 cm.
con trama unidirezionale in posizione orizzontale, chiuse per sovrapposizione.
Attraversare le pareti con connettori, sfioccandoli alle due estremità
pilastro N° __
SCHEMA DI INTERVENTO
DI RINFORZO DEI PILASTRI
CON FRP
APPLICAZIONE DI FIBRE FRP
IN MATRICE ORGANICA
Le fibre devono essere posizionate come indicato nelle sezioni tipo
RINFORZO CON TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO
CON LE MODALITA' INDICATE PER OGNI PILASTRO
30
min.40cm.
LARGHEZZA E POSIZIONE FIBRE (x singolo pilastro)
10
40
10
40
10
40
10
IN TUTTI I LATI OVE E' APPLICATO IL RINFORZO FRP:
APPLICARE NELLA TRAVE SOVRASTANTE
I CONNETTORI tipo "FIDSTEEL CONNECTOR B" con le caratteristiche e le modalità indicate (stesso numero di trefoli del tessuto, per ogni strato)
Lunghezza di sovrapposizione con il tessuto minimo 40 cm.
Rispettare la profondità di ancoraggio dei connettori indicata
Dove sono previsti più strati di fibre, è necessario disporre i connettori a fiocco per ogni strato di fibre.
CERCHIATURE CON NASTRI IN FIBRA DI VETRO
tipo "FIDGLASS UNIDIR 300 HS73"
larghezza 10 cm. interasse 40 cm.
Le cerchiature con nastri in fibra di vetro devono essere applicate prima che la matrice sia indurita.
TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO tipo "FIDSTEEL 3X2-B20 HARDWIRE"
fino all'altezza indicata per ogni pilastro
Sovrapporre con i connettori sfioccati per almeno 40 cm.
Disporre il tessuto FRP nella posizione indicata in sezione
Dove sono previsti più strati di tessuto, tutti gli strati devono essere applicati prima che la matrice sia indurita.
IN TUTTI I LATI OVE E' APPLICATO IL RINFORZO FRP:
APPLICARE I CONNETTORI tipo "FIDSTEEL CONNECTOR B" con le caratteristiche e le modalità indicate (stesso numero di trefoli del tessuto, per ogni strato)
Lunghezza di sovrapposizione con il tessuto minimo 40 cm.
Rispettare la profondità di ancoraggio dei connettori indicata
Dove sono previsti più strati di fibre, è necessario disporre i connettori a fiocco per ogni strato di fibre.
min.40cm.
50

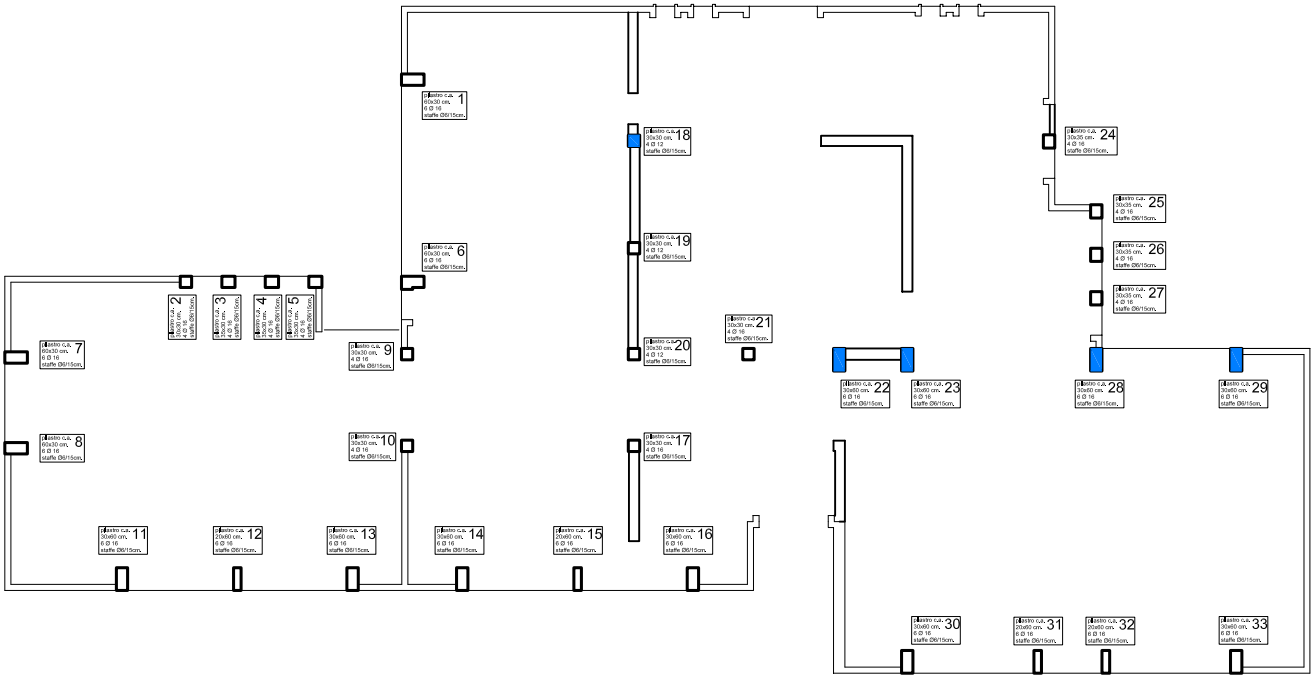


Stato di Fatto

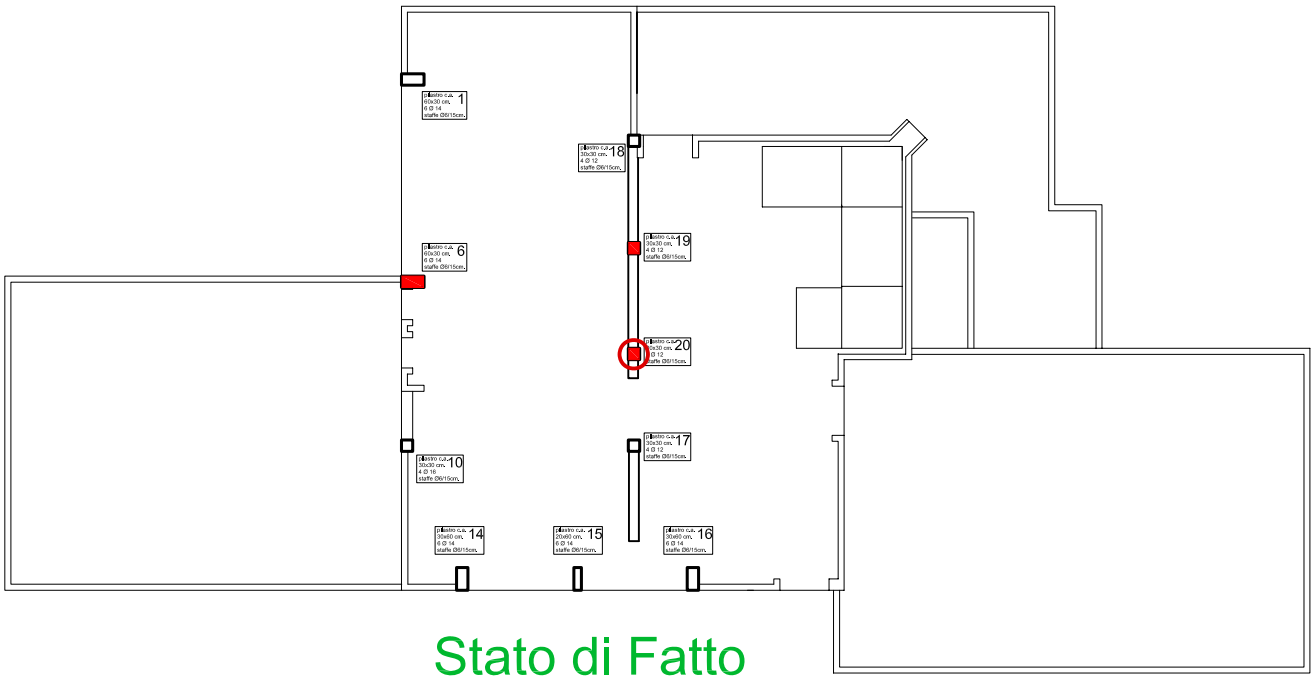
Tavola 4 - INCREMENTO DI RESISTENZA

PIANTA DELLE STRUTTURE
PILASTRI DEL PIANO TERRA

- resistenza inferiore al 40 %
- resistenza compresa tra 40 % e 60 %
- resistenza compresa tra 60 % e 80 %
- resistenzasuperiore all' 80 %



PROGETTO DI MIGLIORAMENTO

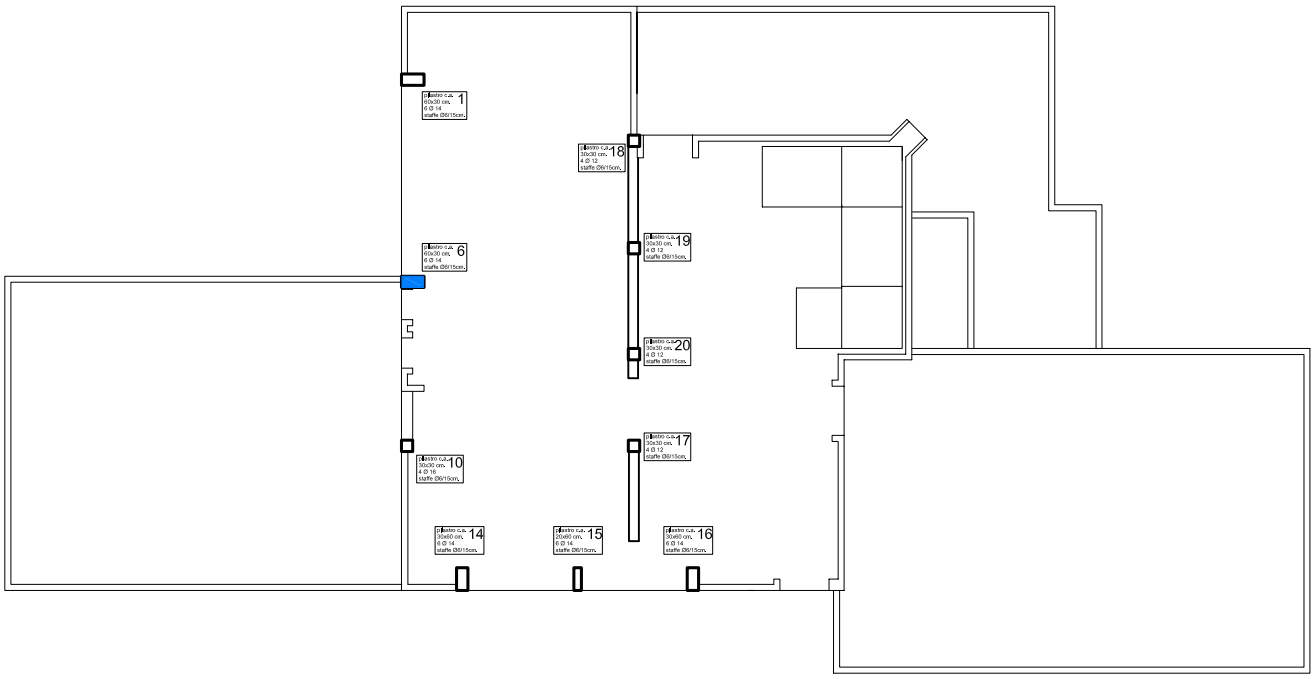


Stato di Fatto

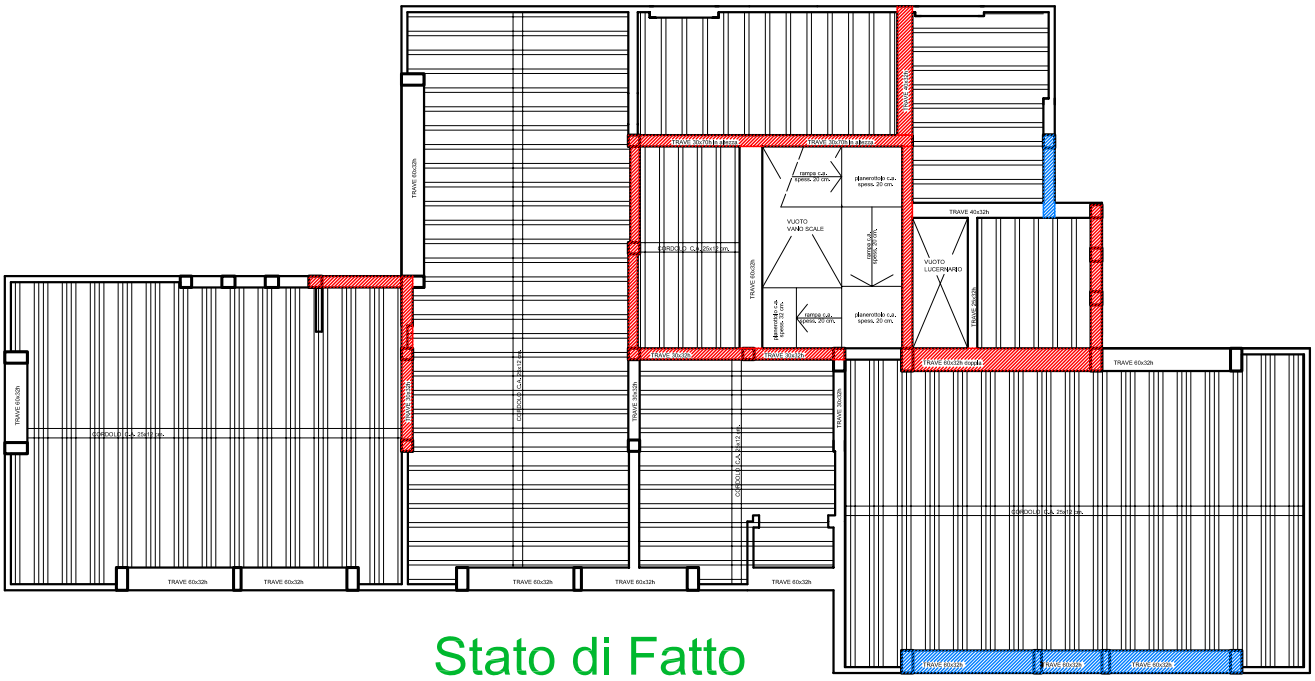
Tavola 5 - INCREMENTO DI RESISTENZA

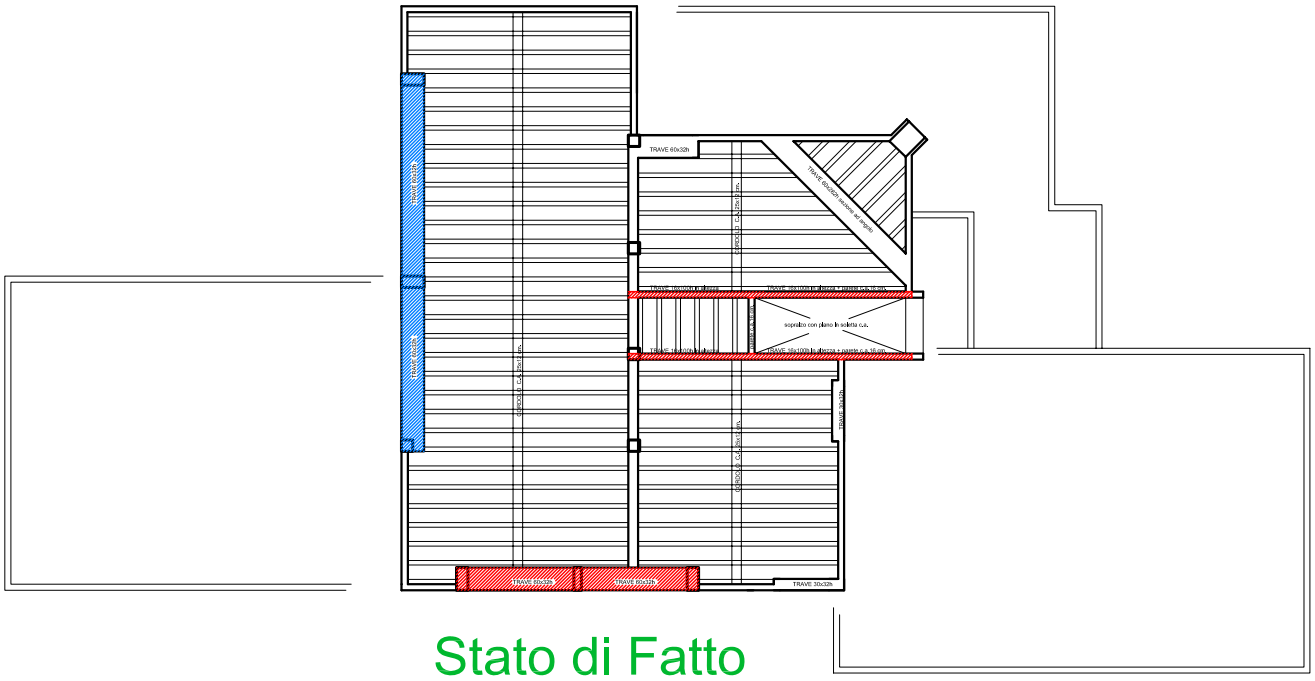
PIANTA DELLE STRUTTURE
PILASTRI DEL PRIMO PIANO

- resistenza inferiore al 40 %
- resistenza compresa tra 40 % e 60 %
- resistenza compresa tra 60 % e 80 %
- resistenzasuperiore all' 80 %



PROGETTO DI MIGLIORAMENTO


TRAVE 60x32h
TRAVE 60x32h
TRAVE 60x32h

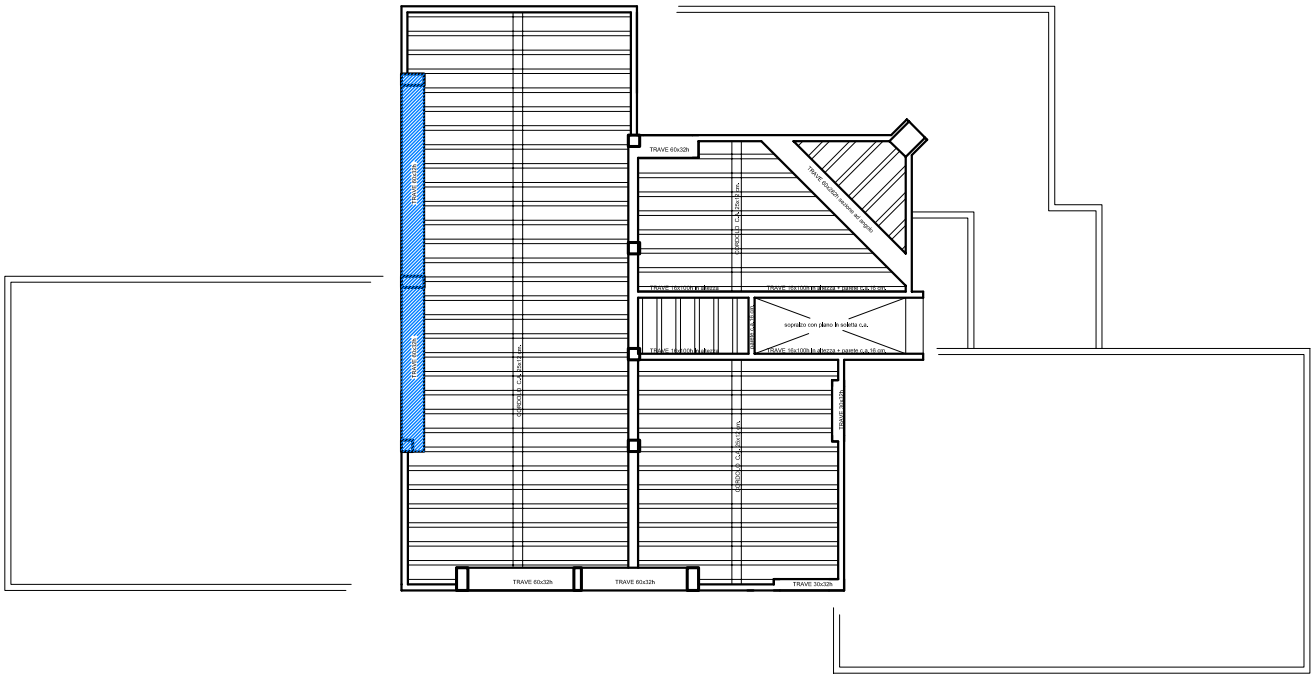


Stato di Fatto

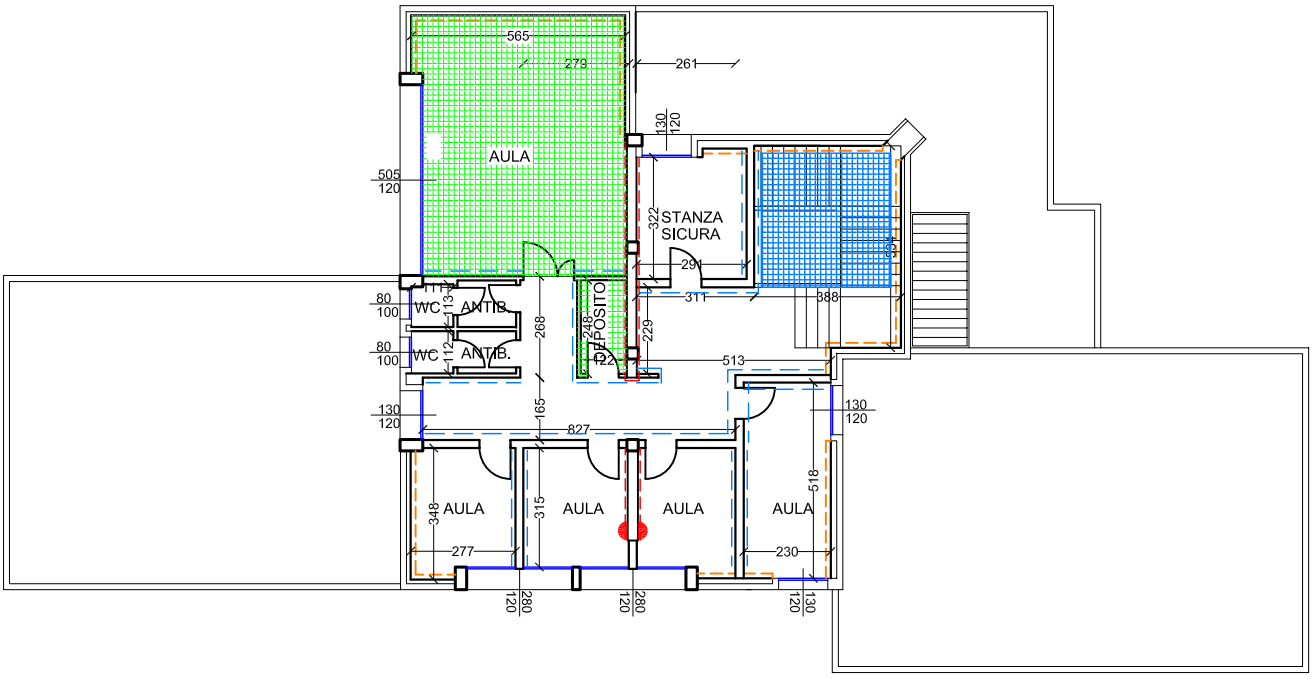
Tavola 7 - INCREMENTO DI RESISTENZA

PIANTA DELLE STRUTTURE
TRAVI DEL SECONDO SOLAIO

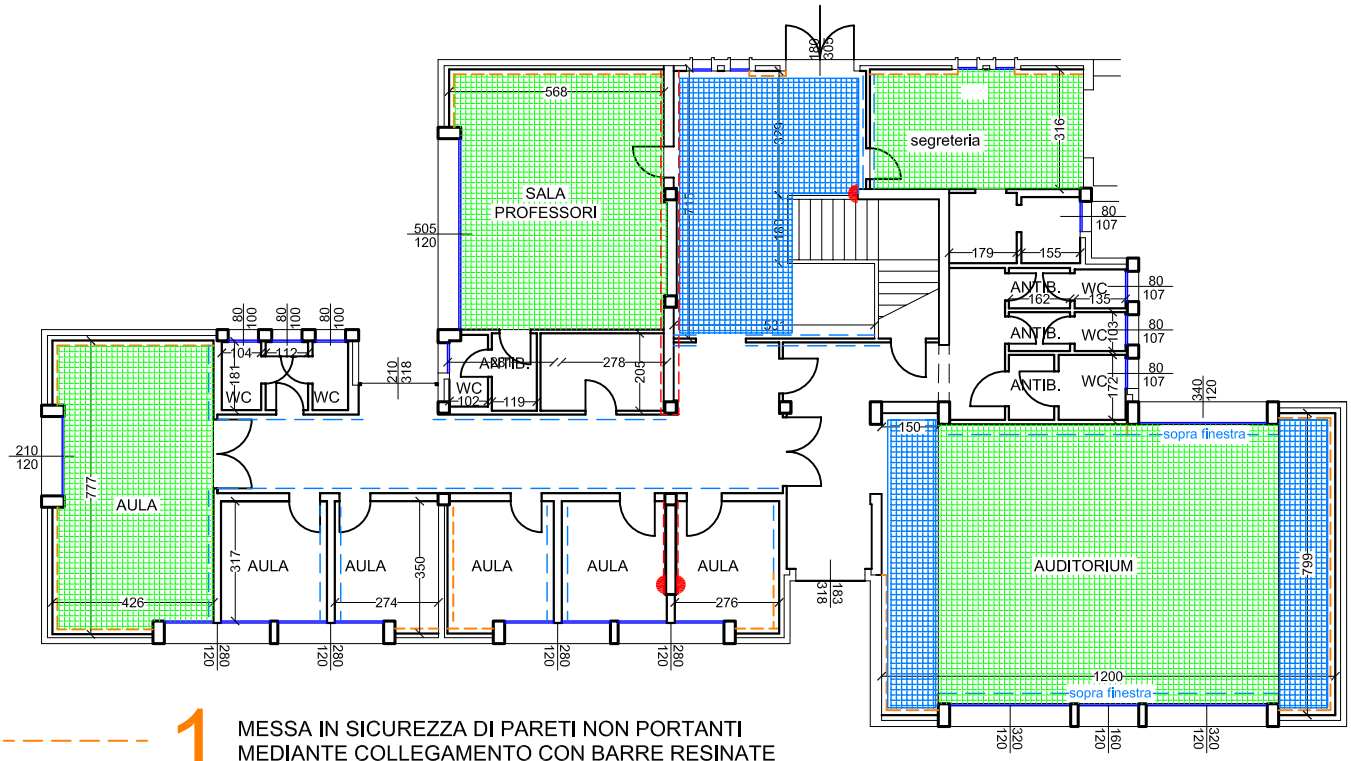
- resistenza inferiore al 60 %
- resistenza compresa tra 60 % e 80 %
- resistenzasuperiore all' 80 %



PROGETTO DI MIGLIORAMENTO



PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO TERRA

1 MESSA IN SICUREZZA DI PARETI NON PORTANTI MEDIANTE COLLEGAMENTO CON BARRE RESINATE A STRUTTURE PORTANTI

2 MESSA IN SICUREZZA DI PARETI IN MURATURA NON CONTROVENTATE MEDIANTE APPLICAZIONE DI INTONACO ARMATO COLLEGATO A STRUTTURE RESISTENTI

2bis APPLICAZIONE DI APPARATO LOCALE DI COLLEGAMENTO DELLA MURATURA CON LE STRUTTURE RESISTENTI

3 MESSA IN SICUREZZA DI PARETI NON PORTANTI MEDIANTE APPLICAZIONE DI ARMATURA BIDIREZIONALE IN FIBRA DI VETRO

4 MESSA IN SICUREZZA DAL RISCHIO DI SFONDELLAMENTO DI PORZIONI DI SOLAIO LATEROCEMENTIZIO MEDIANTE APPLICAZIONE DI ARMATURA BIDIREZIONALE IN FIBRA DI VETRO

5 MESSA IN SICUREZZA DAL RISCHIO DI SFONDELLAMENTO MEDIANTE APPLICAZIONE DI CONTROSOFFITTO DI SICUREZZA FONOASSORBENTE E ANTIRIVERBERO

OVUNQUE

SI RACCOMANDA DI METTERE IN SICUREZZA ARREDI E ATTREZZATURE
- armadi, scaffalature, biblioteche devono essere fissati a muri sicuramente resistenti
- attrezzature mobili e strumenti musicali pesanti devono essere bloccati a terra

Tavola 8

MESSA IN SICUREZZA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

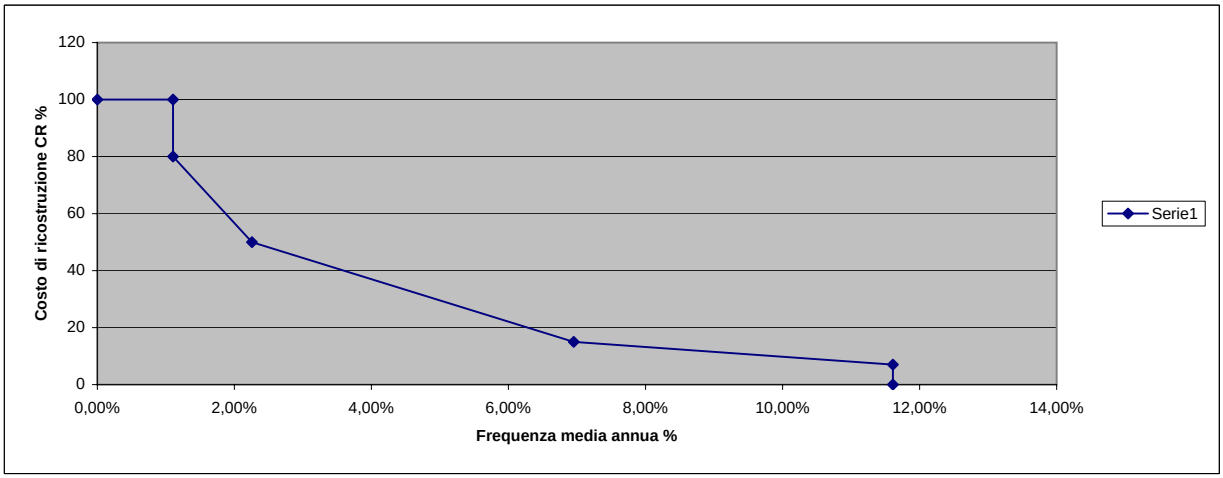
CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Comune di Mirandola **Scuola di Musica - Edificio originario sito in Via Fermi**

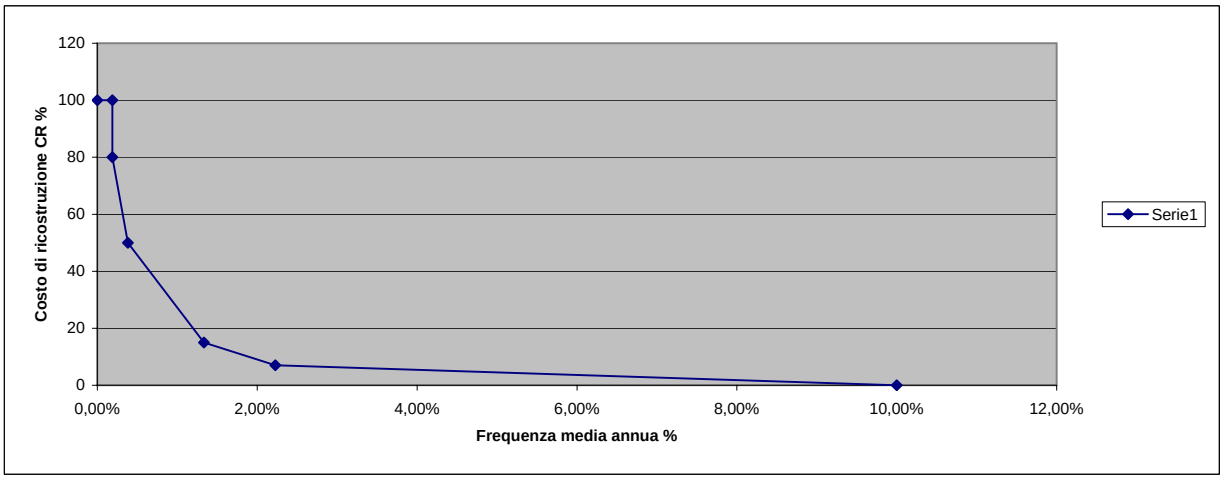
Stato di fatto

				stato limite di inizio danno	stato limite di operat.	stato limite di danno	stato limite salvaguar. della vita	stato limite di collasso	stato limite di ricostruz.
				SLID	SLO	SLD	SLV	SLC	SLR
peak ground acc. - Domanda	PGA_D					0,088	0,242		
peak ground acc. - Capacità	PGA_C					0,049	0,073		
Indice di Rischio	Ir					55,55%	30,30%		
Periodo di ritorno - Domanda	TrD	anni				75,00	712,00		
coeff. ni						2,81	2,33		
Periodo di ritorno - Capacità	TrC	anni				14,38	44,31		
Frequenza	lambda			11,61%	11,61%	6,95%	2,26%	1,11%	1,11%
percentuale del costo di ricostruzione	CR	%		0,00%	7,00%	15,00%	50,00%	80,00%	100,00%
Perdita media annua	PAM	%	3,89	0,00	0,51	1,53	0,75	0,00	1,11

PAM	3,89%	classe PAM	E
IS-V	30,30%	classe IS-V	D
		Classe di rischio	**E**



Progetto di miglioramento sismico

				stato limite di inizio danno	stato limite di operat.	stato limite di danno	stato limite salvaguar. della vita	stato limite di collasso	stato limite di ricostruz.
				SLID	SLO	SLD	SLV	SLC	SLR
peak ground acc. - Domanda	PGA_D					0,088	0,242		
peak ground acc. - Capacità	PGA_C					0,088	0,157		
Indice di Rischio	Ir					100,00%	65,00%		
Periodo di ritorno - Domanda	TrD	anni				75,00	712,00		
coeff. ni						2,81	2,33		
Periodo di ritorno - Capacità	TrC	anni				75,00	261,45		
Frequenza	lambda			10,00%	2,23%	1,33%	0,38%	0,19%	0,19%
percentuale del costo di ricostruzione	CR	%		0,00%	7,00%	15,00%	50,00%	80,00%	100,00%
Perdita media annua	PAM	%	0,99	0,27	0,10	0,31	0,13	0,00	0,19

PAM	0,99%	classe PAM	A
IS-V	65,00%	classe IS-V	B
		Classe di rischio	**B**