

RISTRUTTURAZIONE CON MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA MARCO POLO codice: A_182 anno 2022



DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Progettista
Ermes Torreggiani ingegnere
Responsabile del Procedimento
Ermes Torreggiani ingegnere

Reggio Emilia, Marzo 2020

Indice generale

DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE.....	3
VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA.....	4
BISOGNI DA SODDISFARE.....	8
SCELTA DELLE ALTERNATIVE.....	8
CRITICITÀ.....	9
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	9
FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO.....	9
SUDDIVISIONE IN LOTTI.....	10
STIMA SOMMARIA.....	10
FABBISOGNO FINANZIARIO E QUADRO ECONOMICO.....	11
LIVELLI DELLA PROGETTAZIONE.....	11
CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE.....	12
MODALITÀ DI APPALTO.....	12

DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

L'edificio che ospita la scuola primaria "Marco Polo" si compone di diversi blocchi adibiti ad aule dedicate alle attività didattiche, palestra, e spazi comuni, in particolare:

- 14 aule attrezzate per la didattica, 1 atelier;
- una palestra per attività motorie.

Dati dimensionali principali: Sup.lotto: 9.198m² Sup.coperta: 1.415m² Sup. calpestabile: 1.748m² Sup. lorda: 3.580m² Volume lordo 13.266m³

L'edificio è adeguatamente inserito nel contesto urbano esistente e risulta facilmente accessibile sia ciclopedonalmente perché è adiacente alla rete ciclopedonale principale della città, sia veicularmente poiché si trova nei pressi di via Del Partigiano, una delle strade più importanti della città.

È accessibile e fruibile da parte dei diversi utenti, comprese le persone con disabilità.

È facilmente accessibile dai mezzi di soccorso (ambulanze) e dai mezzi di pronto intervento (Polizia, Vigili del Fuoco, ecc.).

VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA

Nel 2017 è stata affidato l'incarico per la redazione della Verifica di Vulnerabilità Sismica all'ing. Luca Forti, professionista specializzato nella redazione di calcoli strutturali.

La normativa definisce tre livelli di verifica, da utilizzare in funzione delle caratteristiche dell'opera in esame:

- Il primo livello, Livello 0, prevede solamente l'acquisizione di dati generali, ha carattere di rilevazione statistica e si applica a tutte le tipologie di opera;
- I livelli successivi, Livello 1 e Livello 2, si applicano alle opere strategiche o rilevanti e prevedono una verifica sismica propriamente detta. I livelli 1 e 2 si differenziano per il diverso livello di conoscenza ed i diversi strumenti di analisi e di verifica richiesti e si applicano in funzione della regolarità o meno della struttura oggetto di verifica.

L'incarico è stato affidato per eseguire una Verifica di Livello 1 in quanto un edificio scolastico appartiene alla categoria delle opere rilevanti.

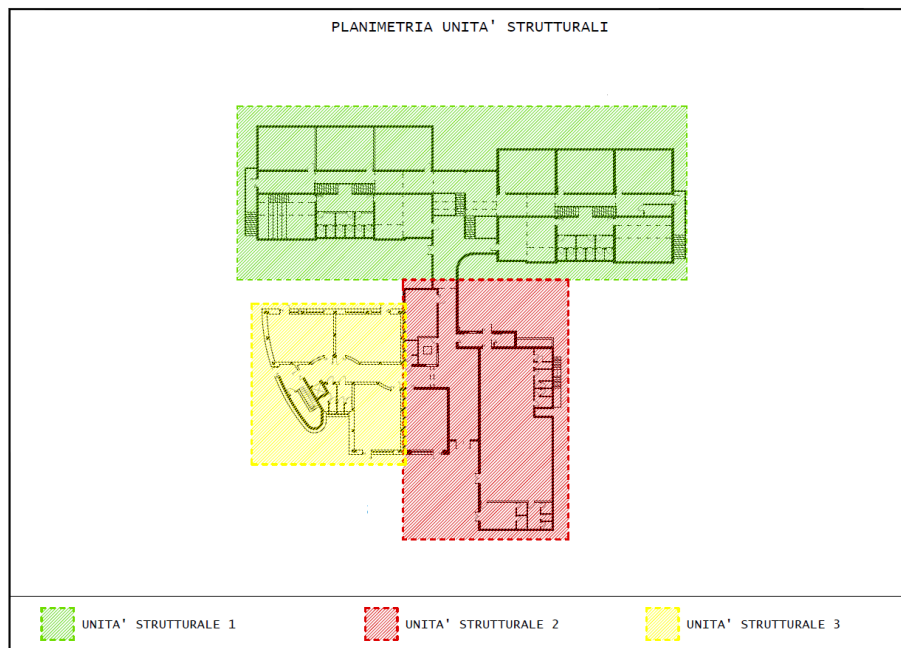
L'esito della verifica viene riassunto in un unico valore che si chiama Indice di rischio sismico "IS-V" ed è un valore numerico percentuale dato dal rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita e l'accelerazione di picco al suolo che la norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio.

Lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) è definito dalla norma come quello stato in cui, 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 e in cui 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.

Se l'indice di rischio sismico IS-V è inferiore al 60% è necessario un intervento di miglioramento sismico.

Il professionista incaricato della verifica ha effettuato numerosi sopralluoghi volti alla conoscenza ed al rilievo della struttura, ha inoltre raccolto tutte le informazioni e la documentazione disponibile sul sito di costruzione, sull'epoca di costruzione e sulle trasformazioni (sopraelevazioni, ampliamenti, modifiche strutturali) e gli interventi subiti dalla struttura.

Ha quindi individuato la tipologia strutturale della costruzione originaria e quelle presenti nelle trasformazioni successive.



L'edificio, costruito nel 1975 e 2006 (ampliamento) , è costituito da 3 corpi di fabbrica/unità strutturali:

- **US 1 Blocco aule:** struttura in muratura avente due piani fuori terra, realizzata con struttura in muratura portante con mattone pieno, travi di fondazione in c.a. e solai di piano e copertura in travetti e pignatte. Corpo scala in cemento armato. Vulnerabilità riscontrate in coperture di tipo spingente che hanno provocate varie lesioni in corrispondenza dei cambi di pendenza;
- **US 2 Blocco palestra, ingresso portineria:** struttura avente un piano fuori terra, realizzata con struttura in muratura portante doppio uni, travi di fondazione in c.a. e solai di piano e copertura in travetti e pignatte. Solai di copertura piani sfalsati tra corpo palestra ed ingresso ad un'unica campata;
- **US 3 Nuovo blocco aule, ampliamento anno 2006:** struttura avente due piani fuori terra realizzata giunta strutturalmente dal blocco US2 e realizzata con plinti su pali e travi di fondazioni di collegamento in cemento armato Rck 25. Solai di primo piano e copertura in predalles h 28 cm e travi in cemento armato Rck 30. Per l'unità in oggetto è stato ritrovato il progetto esecutivo dei particolari costruttivi e relazione di calcolo di deposito delle strutture risalenti all'anno 2006.

Le 3 unità strutturali sono state quindi analizzate con modelli matematici distinti, secondo

quanto previsto dalla normativa vigente, come sinteticamente riportato nel seguito.

Materiali: per le proprietà meccaniche è stato fatto riferimento ai materiali di uso comune per l'epoca di realizzazione. Ai fini della verifica e conferma delle proprietà meccaniche dei materiali non sono state eseguite prove di controllo quindi per quanto riguarda il livello di conoscenza è stato definito un livello di conoscenza LC1 con fattore di confidenza 1,35 (LC1: conoscenza limitata, LC2: conoscenza adeguata, LC3: conoscenza accurata).

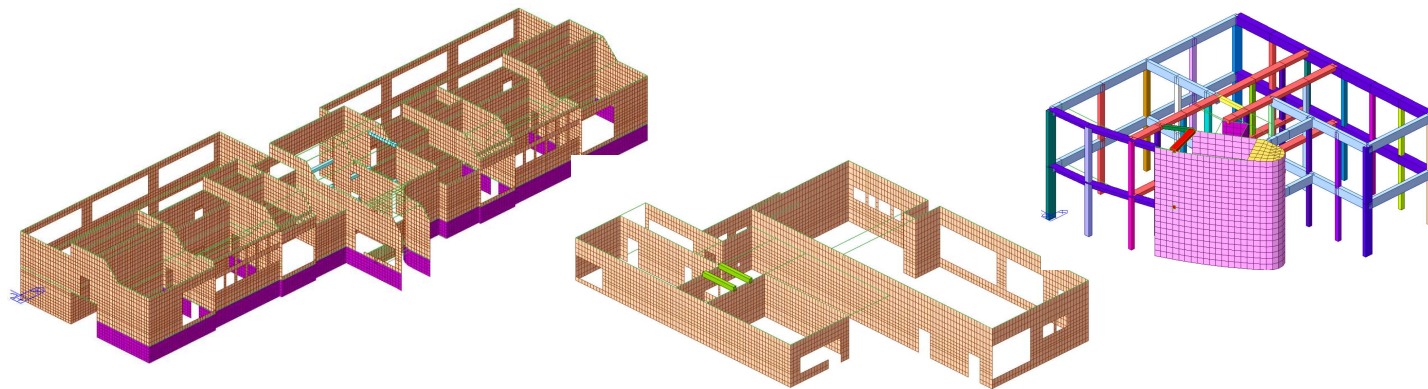
Fondazioni: sono esistenti quindi, non essendo state riscontrate lesioni da cedimenti differenziali o comunque riconducibili a dissesti in fondazione, non cambiando lo schema statico strutturale e soprattutto non modificando i carichi agenti in fondazione, per l'edificio oggetto di studio è stata legittimamente omessa la verifica delle fondazioni anche perché l'inadeguatezza delle fondazioni è raramente la causa dei danneggiamenti sismici come si osserva nei rilevamenti post-sisma.

Analisi delle strutture: è stata effettuata utilizzando un modello matematico tridimensionale completo creato con un codice di calcolo commerciale (Midas Gen 2015 v2.3 codice licenza U001-07682) basato sulla teoria degli elementi finiti.

Gli elementi utilizzati per la discretizzazione spaziale sono di tipo monodimensionali ("beam" o "truss") a 2 nodi per travi, pilastri e bidimensionali ("thick plate") a 4 nodi per murature e setti.

È stata effettuata un'analisi spettrale, applicando lo spettro di progetto relativo allo SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita), come definito dalla normativa vigente.

Modello matematico delle unità strutturali 1, 2 e 3



Al fine di analizzare il comportamento dinamico della struttura, è stata condotta un'analisi dinamica modale considerando i primi 20 modi di vibrazione. La combinazione dei modi, al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi dovuta ai singoli modi, è stata effettuata adottando una combinazione di tipo quadratica completa.

Il riferimento per la descrizione del moto sismico è costituito dallo spettro di risposta elastico indicato nella normativa vigente. Il moto orizzontale è considerato composto da

due componenti indipendenti (chiamate X e Y) caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. Per definire correttamente lo spettro di risposta elastico è necessario identificare la categoria del sottosuolo che le indagini geognostiche eseguite hanno permesso di definire in categoria C.

Ai fini della determinazione dello spettro di progetto dell'azione sismica, sono stati scelti i seguenti parametri:

- Vita nominale della costruzione: $V_n \geq 50$ anni;
- Classe d'uso III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_u = 1.5$.

Ne consegue che:

- Il Periodo di riferimento risultante per la costruzione è $V_r = V_n \times C_u = 75$ anni
- In relazione allo Stato limite Ultimo di salvaguardia della Vita (SLV), il periodo di ritorno risultante per la definizione dell'azione sismica è di 712 anni.
- La probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r e per lo stato limite considerato è pari al 10%.

Combinazioni dell'azione sismica con le altre azioni: le verifiche agli stati limite ultimi sono state poi effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni.

Verifiche di sicurezza: l'analisi dinamica lineare con spettro di risposta ha permesso di calcolare le azioni agenti sugli elementi strutturali in caso di sisma. Si sono potute così eseguire le verifiche di sicurezza in corrispondenza di travi e pilastri determinando per ciascuna trave e pilastro l'accelerazione di picco che porta le strutture al raggiungimento dello stato limite.

Indice di rischio sismico IS-V in termini di accelerazione di picco al suolo (P_g) per le varie unità strutturali e per gli elementi strutturali più critici:

- Us 1: IS-V1 = 2% muratura sollecitata a pressoflessione nel piano e ortogonale;
- US 2: IS-V2 = 2% muratura sollecitata a pressoflessione nel piano e ortogonale;
- US 3: IS-V3 = 44% travi sollecitate a flessione;

I sopralluoghi e le verifiche effettuate hanno inoltre evidenziato che:

- le strutture si presentano in buono stato di conservazione, non risultano evidenti particolari segni di degrado, ad esame visivo il calcestruzzo strutturale appare compatto e privo di fessurazioni per l'unità US3;
- lo stato manutentivo delle coperture e della regimazione delle acque induce a escludere la presenza di infiltrazioni dannose per le strutture;
- nella unità US1 si riscontrano lesioni alle murature causate dalla tipologia di copertura di tipo spingente legata a probabili fenomeni di assestamento delle fondazioni.

BISOGNI DA SODDISFARE

Poiché dall'analisi di vulnerabilità sismica emerge che l'indice di rischio sismico IS-V è inferiore al 60%, analizzando il quadro fessurativo e le caratteristiche delle unità strutturali si può affermare che sono necessari i seguenti interventi di miglioramento sismico per portare l'indice ad essere superiore al 60%:

- Unità strutturali US1 e US2:
 - miglioramento delle connessioni fra maschi murari;
 - miglioramento delle connessioni fra solai e maschi murari;
 - aumento della resistenza a pressoflessione nel piano, fuori dal piano e a taglio dei maschi murari mediante applicazione di tessuti in fibra di acciaio.
- Unità strutturali US3:
 - probabile aumento della resistenza a flessione a taglio di elementi trave e pilastro e ancoraggio dei tamponamenti alla struttura principale, probabilmente non necessarie in caso di ulteriori indagini e verifiche in quanto di recente realizzazione.

Nel momento in cui si interviene con il miglioramento sismico si rende necessario anche:

- Sostituire parzialmente le finiture dell'edificio, sia perché si danneggeranno durante i lavori strutturali sia perché sono ormai in parte obsolete.

SCELTA DELLE ALTERNATIVE

Le alternative principali sono due:

1. **migliorare sismicamente e ristrutturare l'edificio esistente;**
2. **demolire l'edificio e ricostruirne uno nuovo.**

È stata individuata l'alternativa 1 come la soluzione che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire, per le motivazioni che vengono descritte nel seguito.

Motivazioni della scelta di migliorare sismicamente e ristrutturare l'edificio esistente:

Il Comune di Reggio Emilia ha improntato la propria politica urbanistica al rispetto, alla tutela ed alla valorizzazione del territorio, ponendosi fra gli obiettivi prioritari anche la salvaguardia, la valorizzazione e il recupero del patrimonio edilizio esistente, obiettivi che consentono di non "appesantire" il territorio stesso con nuove costruzioni e di impedire il consumo di suolo agricolo per nuove costruzioni edilizie.

In questa ottica si pone questo progetto che raggiunge sia l'obiettivo di valorizzare una risorsa esistente e sia di non consumare ulteriore suolo.

I vantaggi ambientali ed economici sono assolutamente evidenti, ricostruire significherebbe:

- consumo di nuovo suolo agricolo perché sarebbe impossibile ricostruire l'edificio

sullo stesso sedime senza interrompere l'attività scolastica per il tempo necessario per demolire e poi ricostruire;

- tempi molto lunghi di demolizione dell'edificio esistente, costruzione del nuovo edificio e nel contempo riconversione dell'area scolastica attuale;
- costi notevolmente superiori della ricostruzione stimabili in circa 8,2 milioni di euro (indicativamente: nuovo edificio $3.580\text{m}^2 \times 2.000\text{€}/\text{m}^2$, acquisto area $9.200\text{m}^2 \times 100\text{€}/\text{m}^2$, urbanizzazione (parcheggi, marciapiedi, strada accesso, fognature, servizi, ...) 50 posti auto $\times 3.000\text{€}/\text{posto auto}$) contro 0,9 milioni di euro per il miglioramento sismico.

CRITICITÀ

La presenza dell'attività scolastica renderà necessario procedere con più stralci attuativi consecutivi in modo da mantenere l'attività scolastica spostando solo alcune classi per volta.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

IL progetto dovrà prevedere lavori di:

- Completamento: Connessione di elementi esistenti, ancoraggio, controventatura di componenti esistenti, ...
- Rinforzo ed irrigidimento: Pareti, contrafforti, rinforzo impalcati esistenti, applicazione di tessuti in fibra di acciaio ...
- Miglioramento capacità deformativa: Confinamento, rinforzo pilastri, riduzioni locali di rigidità, appoggi supplementari, realizzazione di giunti strutturali;
- Rifacimento parziale delle finiture.

FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

L'intervento dal punto di vista edilizio si configura come RRE "interventi di ristrutturazione edilizia, cioè gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti".

È fattibile perché:

- Le risorse economiche e finanziarie per realizzare l'opera sono state stanziare, cioè sono state inserite nel Programma Triennale dei Lavori Pubblici 2020-2022 del Comune di Reggio Emilia e sono previste nel bilancio annuale 2022 del Comune di Reggio Emilia di prossima approvazione;

- La proprietà dell'edificio è comunale;
- è conforme dal punto di vista edilizio-urbanistico;
- Non ci sono vincoli ambientali o di altro genere che impediscano la realizzazione dell'intervento;
- Non ci sono preesistenze archeologiche;
- L'intervento rispetta la legislazione in materia di requisiti igienico-sanitari, di prestazioni energetiche degli edifici e di prevenzione incendi, di accessibilità e di superamento delle barriere architettoniche;

SUDDIVISIONE IN LOTTI

I lavori di cui al presente progetto sono da eseguirsi in un unico lotto in quanto la suddivisione non è possibile.

STIMA SOMMARIA

LAVORI DA REALIZZARE	PARAMETRO (superficie, a corpo)	COSTO PARAMETRICO	COSTO LAVORI
Miglioramento sismico	3.000,00 m ²	200 €/m ²	€ 500.000
Rifacimento parziale finiture	2.500,00 m ²	60 €/m ²	€ 150.000
TOTALE LAVORI			€ 750.000

FABBISOGNO FINANZIARIO E QUADRO ECONOMICO

Il fabbisogno finanziario per la realizzazione dell'opera è di 900.000,00€ come dettagliato nel seguente Quadro Economico.

Codici	DESCRIZIONE DELLE VOCI	IMPORTI SINGOLE VOCI	TOTALI
A LAVORI A BASE D'ASTA			
A.1	Lavori di miglioramento sismico, rifacimento parziale delle finiture, sistemazione lucernario, sottofondazioni e ripristino del calcestruzzo	€ 750.000,00	
A.2	Oneri per la sicurezza (2%)	€ 15.000,00	
TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA			€ 765.000,00
B SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			
B.1	I.V.A sui LAVORI (10% perché ristrutturazione edilizia)	€ 76.500,00	
B.2	Spese tecniche Progettazione Strutturale, Impiantistica e Coord. Sicurezza (IVA 22% e 4% CNPAIA comprese)	€ 42.075,00	
B.3	Incentivo x funzioni tecniche dipendenti pubblici Art.113 c.1 D.Lgs 50/2016 (1,0%)	€ 7.650,00	
B.4	Contributo ANAC, Imprevisti, allacciamenti e arrotondamenti	€ 8.775,00	
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			€ 135.000,00
TOTALE			€ 900.000,00

LIVELLI DELLA PROGETTAZIONE

La progettazione sarà articolata secondo due livelli di successivi approfondimenti tecnici, il progetto di fattibilità tecnica ed economica e il successivo progetto esecutivo.

Si ritiene che non sia necessario il livello definitivo considerato che il progetto strutturale si può sviluppare direttamente al livello esecutivo.

La progettazione deve assicurare:

- il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- la conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela

della salute e della sicurezza;

d) un limitato consumo del suolo;

f) il risparmio e l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;

h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;

i) la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;

l) l'accessibilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Progettazione

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Da inizio NOVEMBRE 2021 a fine DICEMBRE 2021 (2 mesi)
Affidamento incarico progettazione esecutiva	da inizio GENNAIO 2022 a fine GENNAIO 2022 (1 mese)
Progetto Esecutivo	da inizio FEBBRAIO 2022 a fine GIUGNO 2022 (5 mesi)

Appalto / Esecuzione Lavori

Gara d'appalto	da LUGLIO 2022 a SETTEMBRE 2022 (3 mesi)
Contratto	da OTTOBRE 2022 a DICEMBRE 2022 (3 mesi)
Inizio lavori	GENNAIO 2023
Fine lavori	LUGLIO 2024 (19 mesi)

Collaudo / Autorizzazioni

Collaudi	AGOSTO 2024
Autorizzazioni	AGOSTO 2024

MODALITÀ DI APPALTO

Ai fini dell'aggiudicazione dell'appalto la procedura di scelta del contraente sarà di tipo aperto con pubblicazione di un bando aperto a tutti gli operatori economici in possesso dei requisiti.

Trattandosi di un appalto di lavori, l'appalto sarà affidato ponendo a base di gara il progetto esecutivo.

Il criterio di aggiudicazione sarà l'offerta economicamente più vantaggiosa.

Il Progettista e Responsabile Unico del Procedimento
ing. Ermes Torreggiani