

REGIONE EMILIA ROMAGNA



**PROGETTO PER LA VERIFICA SISMICA PRE E POST INTERVENTO
RELATIVAMENTE AL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO
DELL'EDIFICIO DENOMINATO PALESTRA ESISTENTE "MONTESSORI
DA VINCI" SITO IN VIA DELLA REPUBBLICA, 3 A PORRETTA TERME
(BO) - BLOCCO DENOMINATO 2
CIG Z2725F3148 – C19F18000420001**

RELAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI PROGETTUALI



1	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	3
2	SINTESI DEI RISULTATI E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4	NORMATIVA	10
5	PERICOLOSITA' SISMICA	12

Il progettista delle strutture



SOMMARIO

1	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	3
1.1	DESCRIZIONE GENERALE	3
1.2	DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA	5
2	SINTESI DEI RISULTATI E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
2.1	STATO DI FATTO	6
2.2	STATO DI PROGETTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.1	DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.....	7
3.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI	7
3.3	MATERIALI UTILIZZATI NEGLI INTERVENTI DI NUOVA REALIZZAZIONE.....	8
4	NORMATIVA	10
4.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
4.2	AZIONI DI PROGETTO	10
4.3	COMBINAZIONI DI CARICO	10
4.3.1	Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali.....	11
5	PERICOLOSITA' SISMICA	12

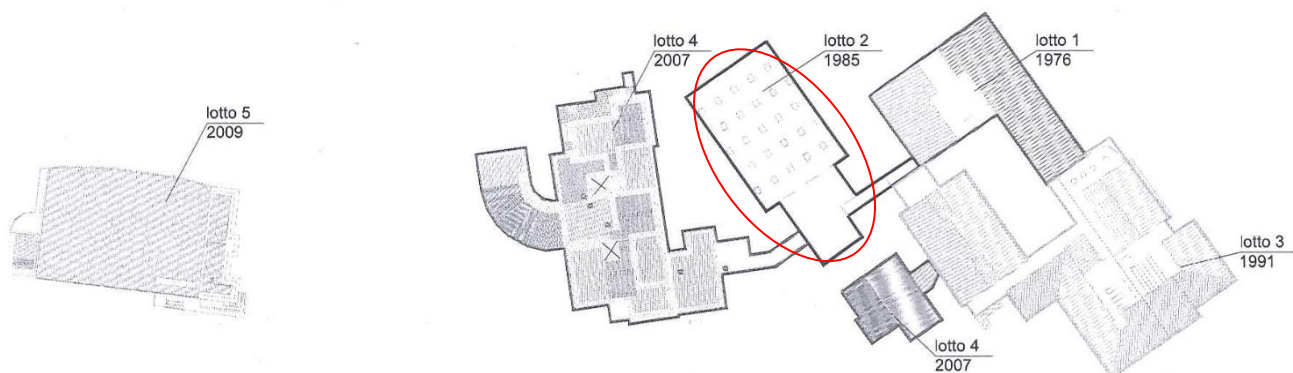
1 RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

1.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'attuale Istituto "Montessori - da Vinci" sito in Via della Repubblica, 3 – Porretta Terme (Bologna) è costituito da una serie di corpi di fabbrica inseriti in un'area piuttosto ampia, ubicata in una zona accliva sovrastante Porretta Terme.

Il complesso scolastico venne realizzato a partire dal 1976 in sei lotti successivi come di seguito elencati:

1. Corpo Vecchio – Magistrali - lotto 1 – 1976
2. Palestra 1985 - lotto 2 – 1985
3. Corpo A e B - lotto 3 – 1991
4. Corpo "ampliamento" – lotto 4 – suddiviso a sua volta in 7 blocchi strutturali – 2007
5. Corpo palestra "nuova" – lotto 5 – 2009



Vista del complesso scolastico - in rosso l'edificio analizzato

I manufatti oggetto di indagine sono il corpo palestra e l'annesso corpo spogliatoi (lotto 2 del 1985). L'obiettivo della presente relazione è quello di dare una valutazione tecnica sulla sicurezza statica della struttura. In particolare sono stati considerati i carichi verticali (pesi propri, pesi permanenti portati, neve e carichi accidentali) e il carico orizzontale da vento.



Vista dell'edificio oggetto di indagine

Il fabbricato monopiano in oggetto ospita la palestra e i relativi servizi spogliatoi. La palestra ha dimensioni in pianta 30,00 x 20,00 ed altezza dal solaio di calpestio di ml. 7,50. Gli spogliatoi hanno una pianta ad L inscritta in un rettangolo di dimensioni 16,00x14,00 e un'altezza dal piano di calpestio pari a 3,00 mt.

Il progetto originale delle strutture in opera è a firma del dott. ing. Giuseppe Andina, datato 1981, mentre la struttura di copertura prefabbricata è stata progettata dal dott. ing. Andrea Franchi. La costruzione è stata eseguita dall'Impresa Cooperativa Muratori di Porretta Terme e dall'Impresa Pizzarotti & C Spa per le parti prefabbricate.

Il collaudo strutturale è stato eseguito il 23.04.1985 dall'Ing. Giorgio Gasparini.

I corpi analizzati possiedono un proprio organismo strutturale completamente indipendente rispetto ad altri fabbricati. I giunti di costruzione, che dividono il corpo spogliatoi dai due corridoi, non hanno ampiezza sufficiente per essere considerati giunti sismici, ma in prima approssimazione nell'ottica di una valutazione di vulnerabilità sismica, è stato considerato opportuno analizzare tale unità strutturale in maniera indipendente.

Per la definizione delle armature e delle caratteristiche meccaniche necessarie alla definizione degli elementi strutturali principali, sono stati utilizzati i dati desunti dalla relazione tecnica

specialistica "Indagini e controlli non distruttivi sulle strutture della palestra dell'IIS Maria Montessori di Porretta Terme" a cura della società IN SITU s.r.l.

Per gli elementi non indagati sono stati utilizzati i dati presenti nei seguenti documenti progettuali:

- elaborati grafici strutture in opera ing. Andina;
- elaborati grafici e relazione strutture prefabbricate ing. Franchi;
- relazione a struttura ultimata a firma dell'ing. Silvano Casini;
- certificato di collaudo a firma dell'ing. Gasparini.

1.2 DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA

La struttura verticale della palestra è del tipo a telaio, costituito da pilastri, cordoli intermedi e travi di chiusura continue in c.a. realizzati in opera.

La copertura della palestra è composta da travi ad omega e tegoli a pi-greco prefabbricati in cemento armato precompresso.

Il solaio di calpestio della palestra è realizzato in laterocemento con elementi prefabbricati tipo "varese" e cappa gettata in opera. La copertura della palazzina spogliatoi è costituita da un solaio in laterocemento con travi in c.a. in spessore.

Le tamponature della palestra e del corpo spogliatoi sono realizzate in mattoni forati di laterizio.

Le fondazioni sono di tipo diretto a suola continua in c.a. intestate sullo strato di limi ed argille limose (Livello 2).

Nel 2012 è stato progettato ed eseguito un intervento di messa in sicurezza della copertura della palestra, avente lo scopo di collegare tra di loro gli elementi prefabbricati e le travi gettate in opera (tegoli - travi omega, travi omega - travi di chiusura).

2 SINTESI DEI RISULTATI E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

2.1 STATO DI FATTO

Le verifiche e le analisi svolte (riportate nei documenti "Valutazione della sicurezza - stato di fatto" e "Analisi sismica dello stato di fatto") hanno dimostrato l'adeguatezza della struttura a riprendere i carichi verticali e i carichi orizzontali da vento (fatto salvo l'accumulo di neve sulla copertura del corpo spogliatoi), ma hanno evidenziato anche notevoli mancanze della struttura nel resistere all'azione sismica. Gli indici ξ ottenuti sono infatti:

- valutazione della sicurezza statica $\xi_V = 1.00$;
- valutazione della sicurezza sismica $\xi_E = 0.26$.

Gli elementi di vulnerabilità evidenziati dalle analisi sismiche sono:

- 1) copertura pesante non rigida nel proprio piano;
- 2) pilastri molto snelli e non adeguatamente armati per riprendere le azioni sismiche;
- 3) le tamponature in mattoni forati della palestra hanno un'elevata altezza libera e non sono opportunamente vincolate (tamponature esterne spessore 14 cm, $h = 7.50\text{m}$), durante l'azione sismica possono essere soggette a ribaltamento fuori piano.

2.2 STATO DI PROGETTO

Dato l'elevato livello di vulnerabilità sismica della struttura, si è deciso di analizzare l'unità strutturale proponendo un intervento di miglioramento sismico, al fine di raggiungere un indice ξ_E almeno pari a 0.6. Tale valore, in caso di miglioramento sismico, è prescritto dall'attuale normativa vigente, come target minimo per gli edifici rilevanti ad uso scolastico e strategici (§ 8.4.2 NTC18).

L'intervento proposto ha l'obiettivo di eliminare le criticità evidenziate in precedenza. In particolare esso consiste in:

- realizzazione di nuovi pilastri 30 x 50 opportunamente armati a ridosso degli esistenti, per aumentarne resistenza e duttilità;
- irrigidimento della copertura nel proprio piano mediante realizzazione di una controventatura di falda con tiranti in acciaio;
- applicazione di un sistema antiribaltamento ai tamponamenti della palestra mediante l'applicazione di uno specifico intonaco armato.

A seguito degli interventi di miglioramento sismico è stato ottenuto un indice ξ_E pari a **0.793**.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura e dei materiali che la costituiscono. Per questo vengono introdotti particolari parametri, i “fattori di confidenza”, legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive.

Essi vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare nel progetto o nella verifica (valori da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza).

Vista la documentazione in possesso (elaborati grafici, relazioni e certificato di collaudo) e viste le verifiche e prove eseguite dalla IN SITU s.r.l., si è deciso di analizzare la struttura scegliendo i seguenti livelli di conoscenza:

- **LC2** - calcestruzzo e acciaio;
- **LC1** - muratura di tamponamento in laterizio forato.

Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC2 è: $FC = 1.20$. Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio.

Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC1 è: $FC = 1.35$. Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze della muratura di laterizio forato.

3.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali realizzati in opera sono state confermate dalle indagini effettuate dalla società IN SITU s.r.l.. Le prove di laboratorio eseguite sui campioni estratti hanno evidenziato resistenze medie maggiori rispetto ai valori previsti nel progetto originale.

▪ **Calcestruzzo strutturale – pilastri e travi in c.a.**

Stati limite ultimi

$$f_{cm} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} / F.C. = 9.44 \text{ MPa}$$

▪ **Acciaio per c.a. - pilastri, travi e solai (FeB38k - barre nervate)**

Stati limite ultimi

$$f_{ym} = 428 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} / F.C. = 310 \text{ MPa}$$

- **Muratura in laterizio forato**

Stati limite ultimi	$f_m = 1.1 \text{ MPa}$
	$f_d / \text{F.C.} = 0.272 \text{ MPa}$
	$T_0 = 0.1 \text{ MPa}$
	$T_d / \text{F.C.} = 0.025 \text{ MPa}$

3.3 MATERIALI UTILIZZATI NEGLI INTERVENTI DI NUOVA REALIZZAZIONE

La presente relazione viene redatta ai sensi e per gli effetti dell'art. 3 della L. 05/11/71 n. 1086.

I materiali impiegati presentano le seguenti caratteristiche meccaniche agli Stati Limite:

- **Calcestruzzo strutturale – STR. IN ELEVAZIONE (pilastri)**

- C 25/30**

classe di resistenza	Rck 30
classe di consistenza	S4 (fluida) – S5 (superfluida)
classe di esposizione	XC1
copriferro (minimo)	25 - 30 mm
cemento tipo	II 32.5 UNI EN-450
rapporto A/C	≤ 0.50
dosaggio min di cemento	$\geq 300 \text{ kg/mc}$
diametro max inerti	16 mm - 20 mm
Stati limite ultimi	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$
	$f_{ctm} = 2.57 \text{ MPa}$
	$f_{ctd} = 1.20 \text{ MPa}$
Stati limite d'esercizio	$0.45 f_{ck} = 11.25 \text{ MPa (Comb.Q.Perm.)}$
	$0.60 f_{ck} = 15.00 \text{ MPa (Comb.Rara)}$

- **Acciaio per c.a. (barre e reti elettr.)**

B450C control. in cantiere e stabilimento	
Stati limite ultimi	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
	$f_{sd} = 391.30 \text{ MPa}$
Stati limite d'esercizio	$0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa (Comb.Rara)}$

▪ **Acciaio per carpenteria metallica S275 JR**

S275 JR control. in cantiere e stabilimento

Stati limite ultimi

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 261.9 \text{ MPa}$$

$$\tau_d = 275/\sqrt{3}/1.05 = 151 \text{ MPa}$$

▪ **Bulloni e Barre filettate zincate classe 8.8 ad alta resistenza**

Conformi al punto 11.3.4.6 del D.M. 17.01.2018 - Norme tecniche per le costruzioni

Tab. 11.3.XIII.a e Tab. 11.3.XIII.b

classe 8.8.- dadi 8

$$f_{yb} = 649 \text{ MPa}$$

$$f_{tb} = 800 \text{ MPa}$$

▪ **Saldature**

Conformi al punto 11.3.4.5 del D.M. 17.01.2018 - Norme tecniche per le costruzioni

▪ **Classificazione struttura metallica secondo EN 1090**

Classe di Esecuzione

EXC2

Classe di Importanza

CC2

Categoria di servizio

SC1

Categoria di produzione

PC1

▪ **Sistema antiribaltamento delle tamponature KERAKOLL**

- rete GEO GRID 120

- malta antisismica strutturale a base cementizia

- barre elicoidali tipo STEEL DRYFIX installate con tecnologia Helifix

▪ **Riprese armature nuovi pilastri con ancorante chimico tipo HILTI HY 200-R**

Durante l'esecuzione delle opere strutturali saranno effettuati i prelievi e le prove sui materiali da costruzione previsti a norma di legge. I certificati di prova saranno allegati alla Relazione a strutture ultimate redatta dal Direttore delle opere strutturali.

4 NORMATIVA

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica delle strutture con la valutazione degli indici di vulnerabilità.

4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L. 05/11/1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- L. 02/02/74 n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

4.2 AZIONI DI PROGETTO

Si considerano i seguenti carichi elementari caratteristici, successivamente combinati al fine di ricavare le massime sollecitazioni agli SL (SLU – SLV - SLD).

4.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le strutture sono verificate all'azione dei carichi permanenti e variabili verticali, alle azioni sismiche, combinate in diverse combinazioni di carico agli SLU ed agli SLE:

○ *Verifica allo Stato Limite Ultimo (SLU)*

a) SLU comb. non sismica

$$F_d = \sum \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_Q Q_{1k} + \sum (\gamma_Q \Psi_{0i} Q_{ik})$$

b) SLV (S.L. di Salvaguardia della Vita - comb. Sismica)

$$F_d = E_{SLV} + \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

○ *Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE)*

a) SLE comb. Rara (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + Q_{1k} + \sum (\Psi_{0i} Q_{ik})$$

b) SLE comb. Frequente (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + \Psi_{11} Q_{1k} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

c) SLE comb. Quasi permanente (non sismica)

$$F_d = \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

d) SLD (S.L. di Danno - comb. sismica)

$$F_d = E_{SLD} + \sum G_{ik} + \sum (\Psi_{2i} Q_{ik})$$

4.3.1 Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali

- Coefficienti di sicurezza per la verifica dell'opera agli SLU

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

- Coefficienti di sicurezza per la verifica delle fondazioni agli SLU

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

- Coefficienti di sicurezza sulla resistenza del terreno

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Riepilogo Azione Sismica (D.M. 14.01.2008 – all. A e B)**INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA**

Nome dell'archivio di lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Intestazione del lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Tipo di struttura	Nello Spazio
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Porretta Terme - Via della Repubblica 3
Longitudine (WGS84)	10.9697
Latitudine (WGS84)	44.1572
Categoria del suolo	E
Fattore topografico	1.2

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.98	1.60	0.142
SLD	75	0.093	2.43	0.27	1.94	1.60	0.179
SLV	712	0.217	2.41	0.29	1.88	1.42	0.371
SLC	1462	0.272	2.43	0.31	1.84	1.27	0.415

TR utilizzato nel progetto 712 anni

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
λ	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD)	63
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO)	81

Il progettista delle strutture

