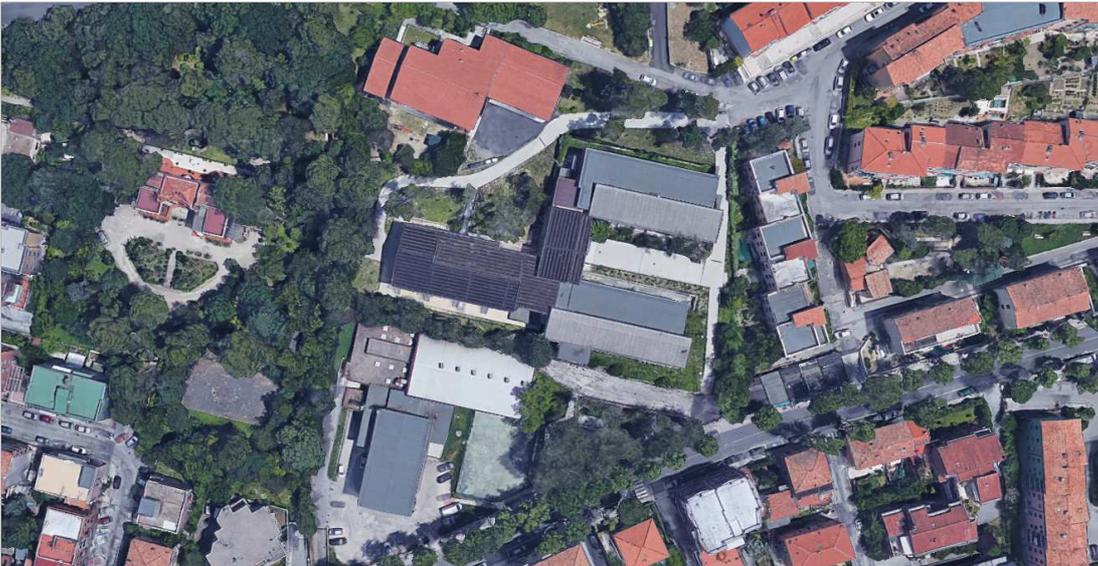




# COMUNE DI ANCONA

TITOLO OPERA : PROGETTO ESECUTIVO  
**DEI LAVORI DI ADEGAMENTO SISMICO DEL  
COMPLESSO SCOLASTICO "DOMENICO SAVIO"**  
**II INTERVENTO**

TAVOLA :  
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE**



**S 1**

SCALA:

DATA:

APRILE 2019



COMUNE DI ANCONA

Responsabile del Procedimento: Ing. RICCARDO BORGOGNONI

**PROGETTISTA STRUTTURALE**

Dott. Ing. ROBERTO GIACCHETTI

Collaboratori: Ing. Alessandro Bianchi  
Ing. Alessia Montucchiari

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**  
Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

## **COMUNE DI ANCONA**

**ISTITUTO SCOLASTICO "DOMENICO SAVIO"**  
Via Torresi, 48 - Ancona

Committente : COMUNE DI ANCONA



### **ADEGUAMENTO GEOTECNICO E SISMICO DELLE STRUTTURE**

### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE**

Ottobre 2009

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068  
Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)  
C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

***PREMESSA***

Seguendo le indicazioni fornite a corredo dei risultati della verifica sismica trasmessi in data 3 aprile 2009, il progetto di adeguamento geotecnico e sismico delle scuole Savio è stato articolato nel modo di seguito illustrato.

La filosofia di progettazione, applicata a tutti i corpi di fabbrica che costituiscono il complesso edilizio, si basa sulla contemporanea soluzione delle criticità che determinano l'elevata vulnerabilità sismica, espressa dal valore piuttosto basso dell'indicatore di rischio, e sulla riduzione dell'elevata sensibilità della struttura nei confronti dei cedimenti vincolari che hanno prodotto, nell'ottobre del 2008, le condizioni di temporanea inagibilità dell'istituto scolastico.

***OBIETTIVI DEL PROGETTO DI ADEGUAMENTO***

Questo duplice obiettivo è stato conseguito modificando in modo sostanziale il sistema fondativo attuale, consistente in una serie di plinti diretti dai quali spicca l'ossatura spaziale di travi e pilastri. In tre dei quattro corpi di fabbrica (indicati con A, B e D), il piano di posa delle fondazioni si trova ad una profondità variabile da -1,70 a -2,30 m rispetto al piano di campagna e ad una quota, riferita al livello di calpestio del piano terra, variabile da -2,50 (corpo D) a - 3,70 m (corpi A e B). La parte di ossatura strutturale che si trova al disotto della quota di calpestio del piano terra è immersa nel terreno di riporto sul quale è stata impostata direttamente la soletta ed il pavimento che, per l'appunto, costituiscono il piano di calpestio.

Il problema di natura geotecnica si è manifestato attraverso un dissesto generalizzato che ha comportato, da una parte, la formazione di un impressionante quadro fessurativo diffuso su molte pareti murarie che confinano i vari ambienti, ed in particolare le aule, e dall'altra la rottura ed in qualche zona perfino lo sprofondamento del piano di calpestio con evidenti ripercussioni sulla funzionalità del fabbricato.

Appare evidente che il dissesto è stato causato dai cedimenti delle fondazioni, sia assoluti, che hanno determinato rotazioni rigide apprezzabili sul corpo A attraverso la nascita di fuori-piombo di 2-3 cm sull'altezza, sia differenziali, responsabili delle lesioni su muri e tramezzi, caratterizzate da giaciture inclinate che rendono molto ben interpretabile il meccanismo di danno.

Il sospetto che i cedimenti vincolari possano essere stati innescati da movimenti gravitativi del versante ha indotto l'Amministrazione ad installare un sistema di monitoraggio, consistente in quattro inclinometri ed un piezometro. La posizione degli inclinometri è stata scelta in modo tale da consentire una visione generale del sito. L'installazione degli strumenti di rilevazione ha permesso anche

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

di ricostruire la stratigrafia del suolo che, in estrema sintesi, mostra la presenza di una coltre superficiale di materiale di riporto o comunque di scarsa consistenza fino ad una profondità di 1,2-3,0 m dal p.c. al disotto della quale si trova uno strato di eluvioni fino ad una profondità variabile da 2,0 a 6,0 m, seguito da un primo strato di formazione in posto alterata che si ritrova fino ad una profondità variabile da 9,0 a 12,0 m. Lo strato successivo è costituito dalla formazione in posto inalterata.

I risultati del monitoraggio, dopo circa 9 mesi di osservazione, sono tali da indurre a pensare che i cedimenti siano da associare a scorrimenti del versante in corrispondenza di due superfici differenziate delle quali la prima è collocabile ad una profondità corrispondente all'interfaccia tra la coltre superficiale e quella eluviale (2-3 m dal p.c.) e la seconda ad una profondità di 5-6 m dal p.c. e quindi collocabile in corrispondenza della superficie d'interfaccia tra la coltre eluviale e la formazione in posto alterata.

Le letture mostrano che l'entità degli scorrimenti è modesta; tuttavia si ritiene necessario che l'Amministrazione si attivi quanto prima per realizzare adeguate opere di salvaguardia (ad esempio pozzi e/o trincee drenanti) con l'obiettivo di consolidare il versante.

Per tentare di minimizzare gli effetti del fenomeno descritto, atteso che il sistema di plinti diretti, peraltro non adeguatamente collegati tra loro, non si è dimostrato idoneo ad accomodare i piccoli spostamenti del terreno, è stato proposto, in sede di progetto, di aumentare la rigidità del sistema fondativo attraverso la costruzione di una griglia di setti verticali in c.a., fondati su zattere continue, collegati strutturalmente ai plinti ed ai pilastri esistenti in modo da formare una struttura monolitica a comportamento scatolare la cui chiusura superiore è realizzata con un solaio in latero-cemento avente uno spessore di 24 cm che costituirà il nuovo impalcato del piano terra. Questa soluzione è apparsa, dal punto di vista geotecnico, di maggiore affidabilità rispetto ad altri interventi di sottofondazione, come ad esempio la costruzione di micropali, proprio perché si è in presenza di scorrimenti lenti delle coltri superficiali e sub-superficiali.

La proposta progettuale appena descritta, che viene replicata per tutti i corpi di fabbrica ad esclusione del corpo C che non dispone di un piano interrato e che quindi si presta alla realizzazione di una griglia di travi rovesce, piuttosto che di setti verticali, oltre a risolvere il problema dei cedimenti differenziali, consente di risolvere una criticità, emersa nei calcoli di verifica sismica, consistente nella crisi fragile dei pilastri interrati, in quanto, come è già stato detto, questi risulteranno inglobati nei setti.

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

La realizzazione del nuovo piano interrato comporta una serie di opere che, in sintesi, possono essere così elencate:

1. Rimozione di infissi, impianti ed accessori;
2. Demolizione di murature di tamponamento e di tramezzi del piano terra;
3. Demolizione del piano di calpestio (pavimento e soletta);
4. Scavo del terreno di riporto del piano interrato;
5. Demolizione delle travi esistenti (la cui permanenza renderebbe troppo difficoltosa la costruzione dei setti verticali);
6. Costruzione dei setti;
7. Costruzione del solaio in latero-cemento del piano terra;
8. Ripristino delle opere edili demolite, degli infissi rimossi e degli impianti interrotti.

Le attività sopra elencate ed in particolare gli scavi e la demolizione delle travi esistenti nel piano interrato comportano di adottare alcuni accorgimenti tecnici e un cronoprogramma di lavorazioni per ridurre al minimo i rischi per la sicurezza dei lavoratori.

La fase di scavo non potrà avvenire prima della fase di demolizione che non sarà limitata al piano di calpestio, ma dovrà essere completata in tutta la sua estensione. Come sarà chiarito nel seguito, tra le opere di demolizione è previsto lo smantellamento del controsoffitto che costituisce attualmente il plafone del secondo piano. La fase di demolizione dovrà comprendere anche tale attività che, anzi, dovrà essere avviata come prima fase lavorativa dopo la consegna del cantiere. Riveste assoluta importanza, ai fini della sicurezza, che prima di intraprendere la fase di scavo e di demolizione delle travi del piano interrato, ogni corpo di fabbrica sia alleggerito al massimo possibile compatibilmente con il programma delle demolizioni previste.

Per quanto riguarda l'esecuzione degli scavi è prevista la preventiva realizzazione di una paratia di pali trivellati che sarà realizzata a monte dei singoli corpi di fabbrica, perchè l'accesso dei mezzi d'opera al piano interrato dovrà necessariamente avvenire a valle per il motivo che l'interasse dei pilastri e quindi dei plinti è maggiore che non a monte. L'accesso sarà realizzato attraverso una trincea con angolo di scarpata tale da garantire la sicurezza in fase di lavorazione che si rende necessaria anche per la costruzione dei setti perimetrali.

Anche se la tura di pali nell'intenzione del progettista è definita "di servizio", tuttavia si ritiene che la sua presenza possa alleviare la spinta esercitata a monte dal terreno con indubbio beneficio sulla risposta strutturale.

A conclusione dei lavori, lo spazio tra la paratia ed il perimetro dell'edificio delimitato dai nuovi setti, che, di fatto, assolvono anche alla funzione di pareti

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

controterra, sarà riempito di materiale granulare per consentire un buon drenaggio delle acque. A tale proposito si evidenzia che la paratia a monte sarà realizzata con pali di diametro uguale a 60 cm posti ad interasse uguale a 1 m, in modo tale da consentire il libero deflusso delle acque, evitando qualsiasi alterazione dello stato idrogeologico ex ante. Il drenaggio sarà ovviamente esteso anche alla parte a valle a riempimento delle scarpate. La profondità dei pali è stata commisurata alle caratteristiche stratigrafiche del terreno in corrispondenza dei diversi corpi di fabbrica.

E' altresì evidente che la paratia non potrà, da sola, essere in grado di contrastare lo scorrimento delle coltri di terreno pseudo-stabile seppure tale scorrimento, come è già stato evidenziato, risulta, allo stato, di modesta entità ed è comunque caratterizzato da movimenti lenti.

Da quanto precede si evince che la realizzazione del nuovo sistema fondativo richiede un significativo sforzo, sia tecnico sia economico, come sarà mostrato nel seguito attraverso il prospetto dei costi; tuttavia giova menzionare che, se l'Amministrazione dovesse ritenerlo utile, il piano interrato, che allo stato futuro sarà completamente sgombro, potrà essere utilizzato se non altro come magazzino.

Dal punto di vista sismico, ogni corpo di fabbrica presenta alcune debolezze strutturali, sia per quanto riguarda la resistenza, sia per quanto riguarda la deformabilità. A queste problematiche, che non hanno permesso di verificare positivamente né la sicurezza allo stato limite di danno né quello di salvaguardia della vita (secondo le nuove norme per le costruzioni ex D.M. 14/01/2008), è stata data efficace risposta mediante la realizzazione di una serie di interventi "chirurgici", tesi, da una parte, ad irrigidire la struttura in elevazione, sostanzialmente consistenti nella costruzione di setti d'irrigidimento, distribuiti e dimensionati in modo da regolarizzare la risposta dinamica mitigando l'effetto torcente dei tagli di piano, e, dall'altra, mediante una molteplicità di interventi locali tesi al rinforzo di singoli elementi strutturali che, dall'analisi di vulnerabilità, erano risultati insufficienti in termini di resistenza.

A questo riguardo occorre sottolineare che alcuni elementi sismoresistenti, soprattutto i pilastri ma anche alcune travi "corte", risultano, allo stato, poco "staffati" e, quindi, non in grado di resistere adeguatamente alle sollecitazioni di taglio. Per questo motivo sono stati proposti interventi di rinforzo consistenti nell'applicazione di tessuti compositi monodirezionali a base di fibre di carbonio, quando la geometria dell'elemento strutturale consentiva di pervenire ad una soluzione staticamente efficiente, o, in alternativa in un infittimento della staffatura mediante integrazione di armatura lenta. In entrambi i casi, gli elementi strutturali devono essere preventivamente decorticati del copriferro e,

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

dopo l'intervento, riprofilati con malte tixotropiche. La verifica di sicurezza allo stato limite di salvaguardia della vita ha comportato anche il controllo dell'efficienza statica dei nodi trave-pilastro che, in alcuni casi, è risultata insufficiente. Il rinforzo nodale è stato ottenuto mediante l'inghisaggio con resine epossidiche di tondini alloggiati in perfori praticati all'interno delle connessioni.

Agli interventi d'irrigidimento del piano delle fondazioni, d'irrigidimento e di rinforzo degli elementi sismoresistenti in elevazione, si aggiunge, come è già stato accennato, l'eliminazione della notevole massa inerziale costituita dal controsoffitto in latero-cemento (avente uno spessore di 12 cm) che costituisce l'attuale soffitto dell'ultimo piano dell'edificio. Con ogni probabilità al controsoffitto era stato affidato il compito di coibentazione termica, considerato che tra questo ed il solaio di copertura era stata lasciata un'intercapedine. In sede di progetto la demolizione del controsoffitto è stata compensata, dal punto di vista termico, dalla realizzazione di un pacchetto termo-isolante da applicare al disopra del solaio di copertura.

Infine, considerato che i diversi corpi di fabbrica sono attualmente separati da giunti di costruzione non adeguati dal punto di vista sismico, e tali da costituire, quindi, un pericolo per le strutture a causa del possibile martellamento in caso di terremoto, è stata progettata una serie di interventi di demolizione e di ricostruzione con l'obiettivo di ottenere nuovi giunti sismici di dimensioni normate. Premesso che le superfici di separazione sono collocate tra i corpi di fabbrica A e B, tra B e C e tra C e D, ed i giunti sono stati ottenuti mediante il raddoppio di pilastri, è stato deciso di adeguare il giunto tra A e B arretrando una fila di pilastri del corpo A e di adeguare gli altri giunti arretrando le file dei pilastri del solo corpo C sia rispetto al corpo B, sia rispetto al corpo D.

L'adeguamento sismico dei giunti comporta la demolizione di fasce di solaio, travi e pilastri esistenti che pone un problema di sicurezza che può essere risolto con opportune opere provvisorie di puntellamento e di sostegno provvisorio.

Gli interventi descritti, ed in particolare quelli da eseguire nel piano delle fondazioni che sono stati ritenuti necessari per la soluzione sia del problema geotecnico sia del problema sismico, insieme agli interventi sugli elementi strutturali della parte in elevazione **consentono di giungere all'adeguamento sismico sia nei confronti dello stato limite di danno sia nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV)** avendo posto alla base della verifica le seguenti condizioni:

- ⇒ Vita nominale della costruzione: 50 anni
- ⇒ Classe d'uso: III

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

- ⇒ Coefficiente d'uso: 1,5
- ⇒ Vita di riferimento: 75 anni
- ⇒ Periodo di ritorno del terremoto di progetto allo SLV: 712 anni.

Il Progettista strutturale  
Dott. Ing. Roberto Giacchetti

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

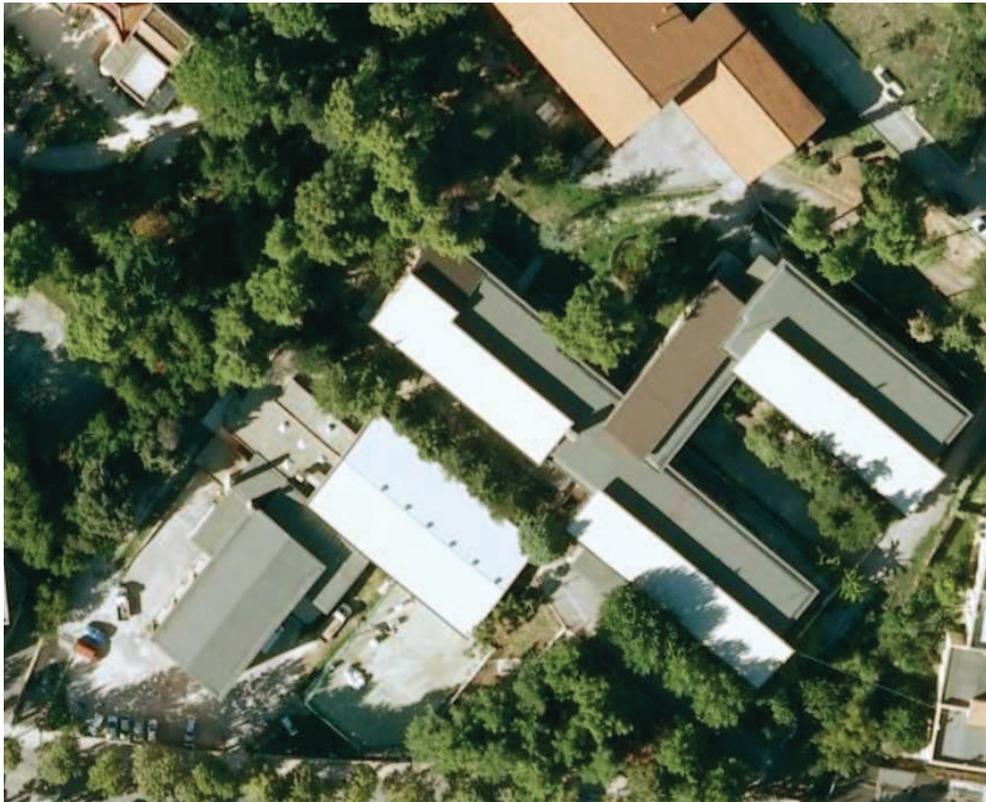
Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

Dott. Ing. Roberto Giacchetti  
Ingegnere Civile  
Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

## COMUNE DI ANCONA

ISTITUTO SCOLASTICO "DOMENICO SAVIO"  
Via Torresi, 48 - Ancona



### PROGETTO DEFINITIVO PER L'ADEGUAMENTO GEOTECNICO E SISMICO DELLE STRUTTURE

Integrazione alla relazione illustrativa dell'Ottobre 2009

### 2° Stralcio funzionale

Committente : COMUNE DI ANCONA

Febbraio 2011

Via Cardeto, 64 - Ancona - Tel. + Fax 071206109 - cell. 3478007068

Email: [robertogiacchetti@libero.it](mailto:robertogiacchetti@libero.it)

C.F. GCC RRT 51D18 A271P - P.IVA 02063130427 - IBAN: IT06Q0530802684000000012536

**Dott. Ing. Roberto Giacchetti**  
**Ingegnere Civile**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Ancona al n. 535

***PREMESSA***

La presente relazione fa seguito alla comunicazione dell'ottobre 2009 nella quale veniva descritto il progetto di adeguamento della scuola Domenico Savio nel suo complesso.

In questa breve relazione viene descritto il secondo stralcio funzionale che si sottopone all'attenzione dell'Amministrazione Comunale. Lo stralcio prevede l'esecuzione delle opere che erano state previste nel progetto definitivo a completamento delle opere che sono state oggetto del progetto esecutivo del primo stralcio. Con il primo stralcio funzionale si sono ottenuti la messa in sicurezza dei corpi di fabbrica A, B1 e C, la realizzazione della paratia estesa per tutto lo sviluppo previsto nel progetto di adeguamento e il ripristino funzionale completo dei corpi di fabbrica A, B1 e C.

***OBIETTIVI DEL SECONDO STRALCIO FUNZIONALE***

Con il secondo stralcio si ottiene il ripristino funzionale completo dei corpi di fabbrica B2 e D.

Il progettista strutturale  
Ing. Roberto Giacchetti