



PROVINCIA DI SASSARI  
SETTORE 4 EDILIZIA E PATRIMONIO NORD OVEST - SICUREZZA

*INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO  
STRUTTURALE E RECUPERO FUNZIONALE  
NELL'ISTITUTO TECNICO COMMERCIALE, GEOMETRI E  
AGRARIO DI OZIERI SITO IN PIAZZA MEDAGLIE D'ORO.*

RELAZIONE TECNICA

Il Responsabile del Procedimento  
Geom. Lussorio Carassino



Il Dirigente del Settore Edilizia e Patrimonio  
Dott. Arch. Vittoria Loddoni



## **1. La premessa**

La relazione in oggetto fa seguito alla campagna di indagini geognostiche condotte prima e durante l'esecuzione dei lavori nell'Istituto E. Fermi e terminate alla fine del mese di Marzo 2018, alla relazione "Valutazioni post indagini geognostiche" redatte dallo scrivente nell'Aprile 2017 e alla "Relazione sullo stato fessurativo nell'Istituto E. Fermi" del Giugno 2017, nelle quali si evidenziava la necessità di sospendere le opere di consolidamento strutturale a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche e dell'evolversi dello stato fessurativo in varie parti della struttura.

Le opere non realizzate hanno riguardato principalmente il recupero statico della trave lesionata di copertura in corrispondenza del laboratorio di informatica, e la posa in opera della scala di sicurezza metallica.

Di seguito vengono riassunte le principali risultanze e problematiche evidenziate.

## **2. Le indagini geognostiche**

Il programma delle indagini è ben rappresentato nella RELAZIONE GEOLOGICA – RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, redatte dal Dott. Geologo Andrea de Santis, allegata alla presente.

Le indagini sono avvenute in due fasi. La prima tra marzo e aprile 2017, durante il periodo scolastico con l'Istituto ancora aperto all'utenza; la seconda nel periodo di chiusura dell'Istituto, da Ottobre 2017, con la realizzazione di nuovi carotaggi all'esterno e all'interno dell'edificio scolastico.

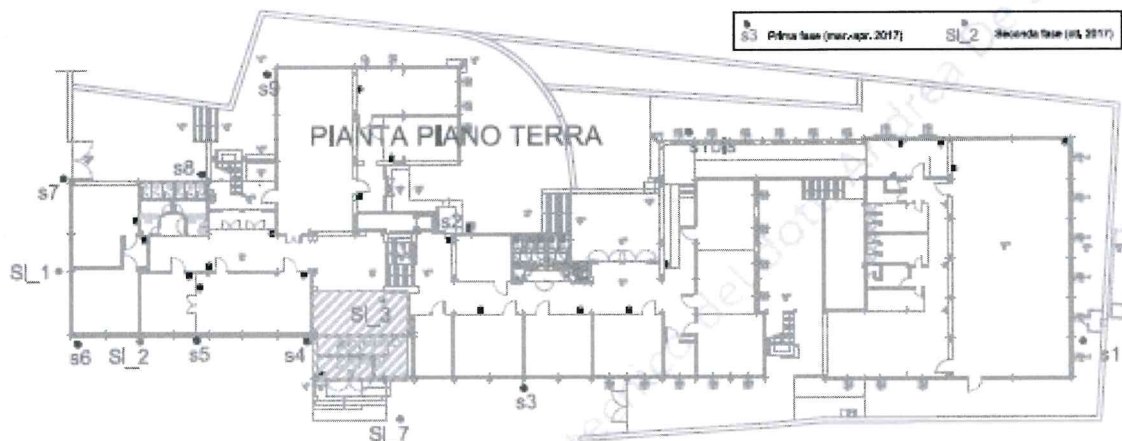
Di seguito si riporta un riassunto delle metodologie applicate:

- Sondaggi con carotaggio continuo
- Analisi dei fronti di scavo
- Monitoraggio della falda idrica sub superficiale
- Prospezione georadar nell'atrio dell'Istituto
- Monitoraggio della falda idrica sotterranea
- Analisi chimico fisiche dei campioni d'acqua

A seguito delle indagini sopra brevemente descritte, è stato eseguito uno studio analizzando i risultati delle verifiche eseguite, sotto brevemente richiamate:

- Analisi della successione stratigrafica e delle caratteristiche dei vari strati
- Definizione del modello geologico del terreno fondale
- Ricostruzione delle sezioni stratigrafiche del terreno fondale
- Redazione di schede monografiche per la ricostruzione delle sezioni stratigrafiche in diverse aree dell'edificio scolastico
- Considerazioni stratigrafiche ricavate dalle indagini integrative

Di seguito si rappresenta una tavola riepilogativa che riporta la planimetria dell'Istituto, con evidenziate le zone di monitoraggio;



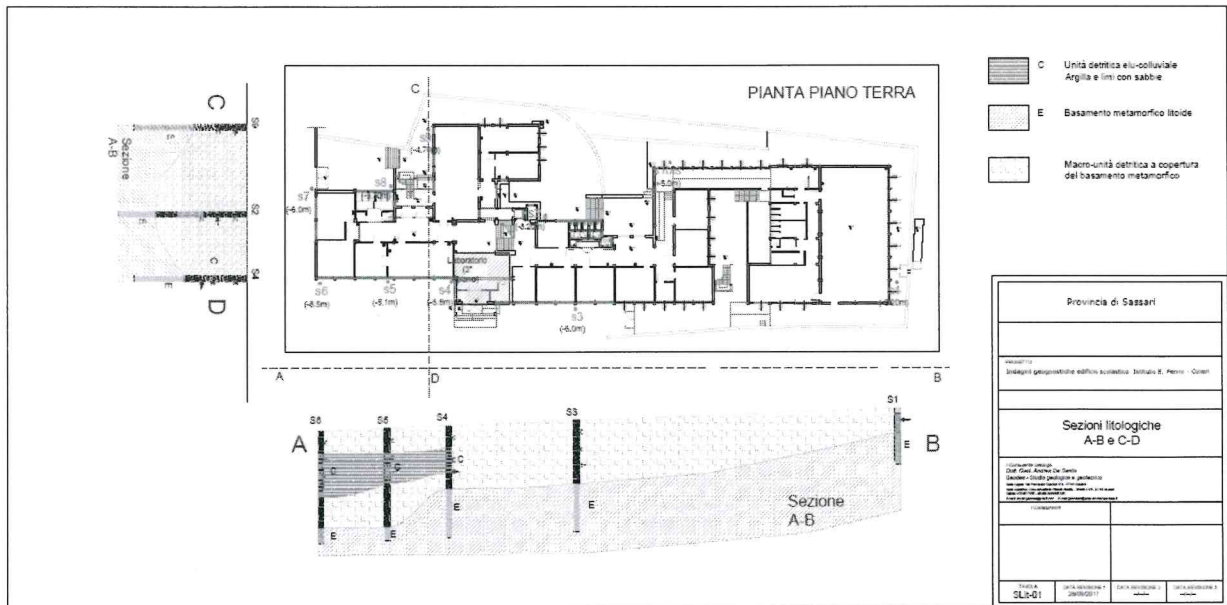
In azzurro sono evidenziati i carotaggi nella prima fase di indagine. In colore rosso sono evidenziati i carotaggi eseguiti nella seconda fase.

Sulla base di quanto determinato a seguito delle indagini eseguite si evidenzia che:

1. il terreno di fondazione è marcatamente eterogeneo al di sotto delle fondazioni. Sono state distinte n°5 unità litologiche delle quali n°4 con consistenza non litoide e con spessore fortemente variabile, da meno di 2 metri a più di 9 metri, nei diversi settori dell'Istituto scolastico. La copertura detritica superficiale ricopre un basamento litoide metamorfico, costituiti prevalentemente da metacalcari nerastri. Tale assetto litostratigrafico è chiaramente predisponente alla comparsa di lesioni strutturali in quanto la fondazione riceve una risposta molto differente dal terreno di fondazione, variabile da zona a zona dell'edificio;
2. sono state eseguite numerose prove in foro del tipo S.P.T. per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, durante l'esecuzione dei sondaggi. Tali prove hanno confermato quanto emerso dalla ricostruzione stratigrafica dei terreni evidenziando una marcata eterogeneità di distribuzione dei dati ricavati, talora con valori veramente modesti di consistenza ed addensamento dei terreni;
3. l'edificio è ubicato in un settore dell'abitato morfodinamicamente attivo in quanto si trova all'interno di un'area di impluvio in cui si raccolgono sia le acque meteoriche, che defluiscono in superficie grazie alla pressochè completa urbanizzazione del settore, sia quelle d'infiltrazione subsuperficiale. All'interno dell'area di pertinenza dell'edificio scolastico e della palestra annessa numerosi sono i segnali relativi alla presenza di tali apporti idrici, tali da richiedere la

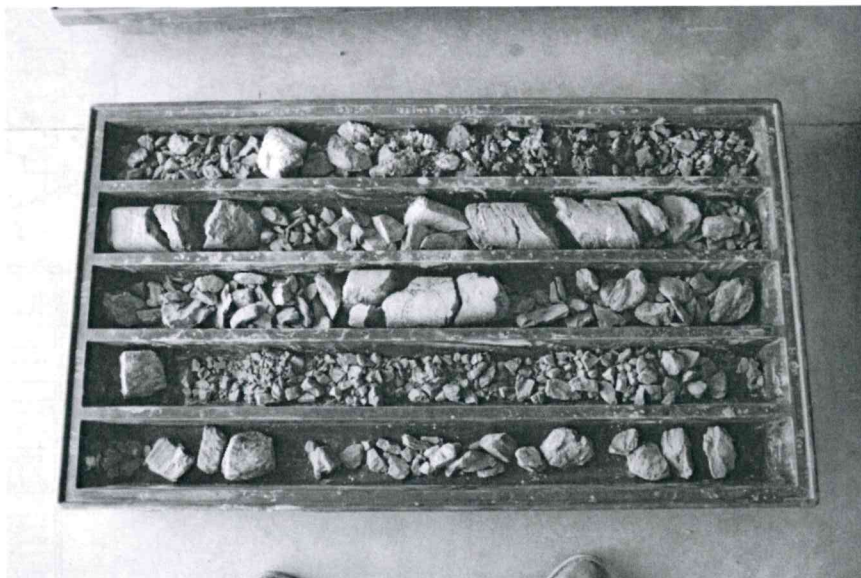
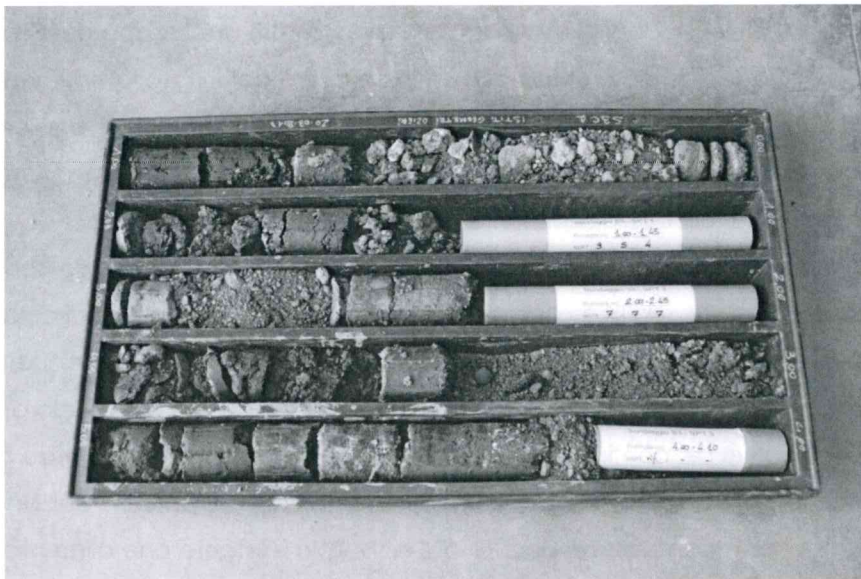
realizzazione di una rete di raccolta e smaltimento delle acque (canalizzazioni interrata e con griglie di cattura superficiali) che interessa diversi settori dell'edificio dal settore di monte verso quello di valle. Tracce di una pervasiva circolazione ed infiltrazione idrica subsuperficiale sono state rilevate anche attraverso i rilievi eseguiti nelle stazioni di monitoraggio (piezometri) a tal scopo predisposte;

4. L'edificio scolastico è ubicato in un fosso che è delimitato lateralmente da alti muri di sostegno che sorreggono i terrapieni e le scarpate stradali e che, nel lato di monte della palestra, quasi a ridosso dell'edificio raggiungono altezza ragguardevoli, talora superiori a 6 metri.
5. Il muro di sostegno presente nel lato di monte del complesso scolastico, al cui piede è stato realizzato un sistema di canalizzazione e di ricircolo delle acque provenienti da monte, durante il periodo di osservazione susseguente le indagini ha evidenziato la presenza di molteplici venute idriche, talora con portate significative e continue, anche in concomitanza con la perdurante stagione siccitosa rilevata. Si ritiene che l'origine di tali acque possa e debba essere messa in relazione con possibili perdite dal serbatoio esistente che alimenta le riserve ed i serbatoi dell'impianto antincendio. Tale zona è attualmente ricoperta da una fitta coltre di piante ed arbusti che ne rendono difficoltoso l'accesso e le osservazioni.



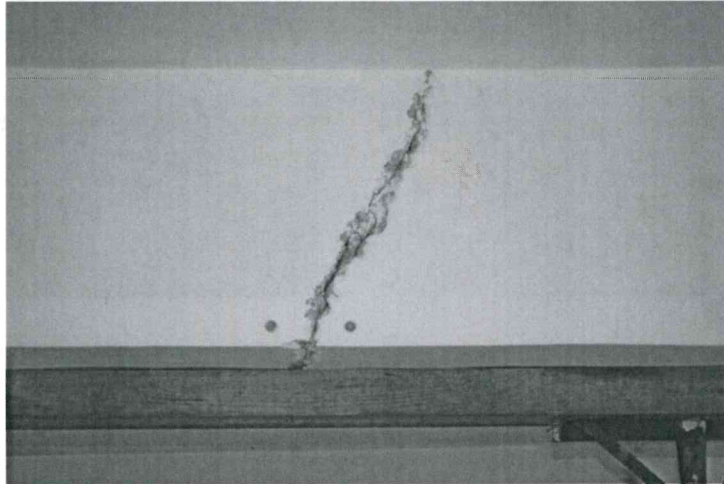
Nella figura di cui sopra, si evidenzia la profondità dello strato roccioso, rilevato lungo le due sezioni che si intersecano in prossimità dei pilastri su cui grava la trave del laboratorio al secondo piano. Nelle stesse si palesa la notevole profondità del suddetto strato, sopra il quale insistono strati di argille e limi con sabbie, oltre a un importante strato detritico a totale copertura del basamento metamorfico.

Si vogliono riportare, a maggior chiarimento, e a titolo di esempio, le immagini della stratigrafia risultante dall'estrazione di campioni nel punto di indagine S3.



### 3. Lo stato fessurativo

Nella struttura, oltre l'importante fessura nella trave del laboratorio del secondo piano, di cui se ne riporta un'immagine,



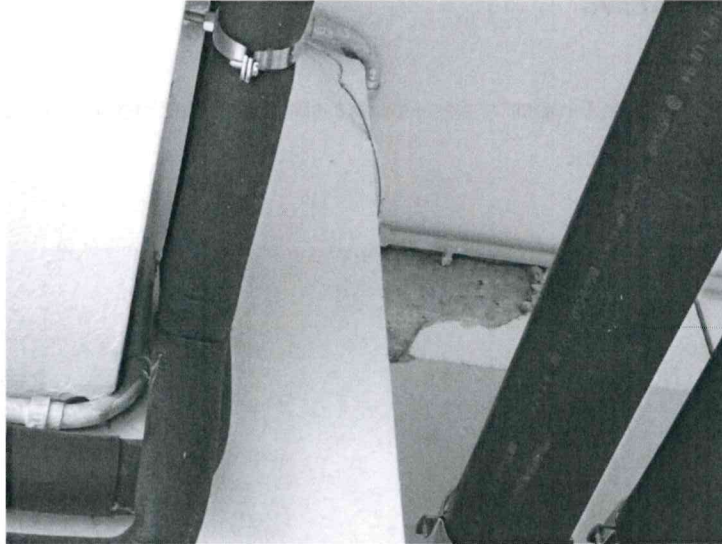
si sono manifestate, durante l'esecuzione dei lavori, nuove lesioni, da ritenersi pericolose per l'incolumità dell'utenza scolastica.

Bisogna infatti registrare che un cedimento differenziato della struttura ha fatto sì che si creasse una lesione nel solaio e nella sezione di contatto tra muratura e pilastro dei corridoi ai vari piani, che ha provocato un importante distacco dello strato di intonaco con il conseguente collasso di calcinacci. Il fatto non ha arrecato danni a cose o persone in quanto al momento i corridoi interessati erano deserti.

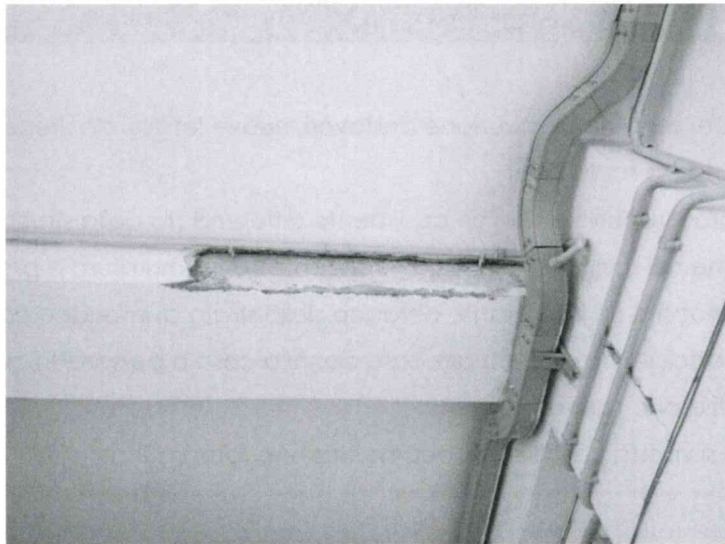
Di seguito si riporta una breve documentazione fotografica:

#### PIANO RIALZATO





PRIMO PIANO

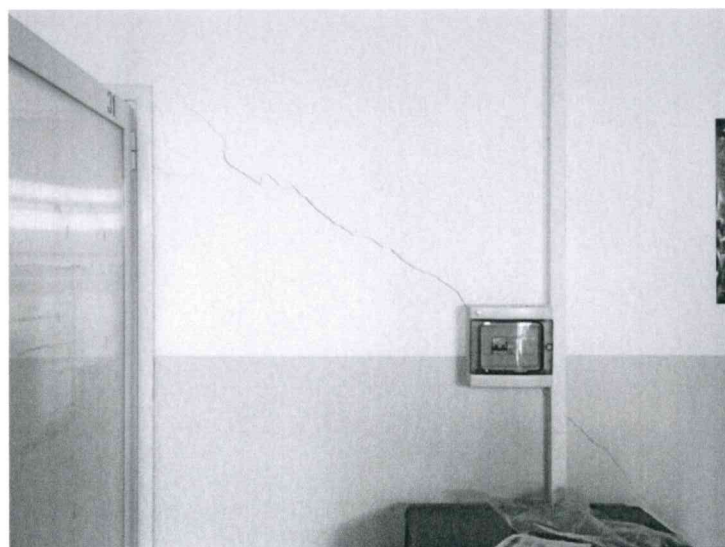
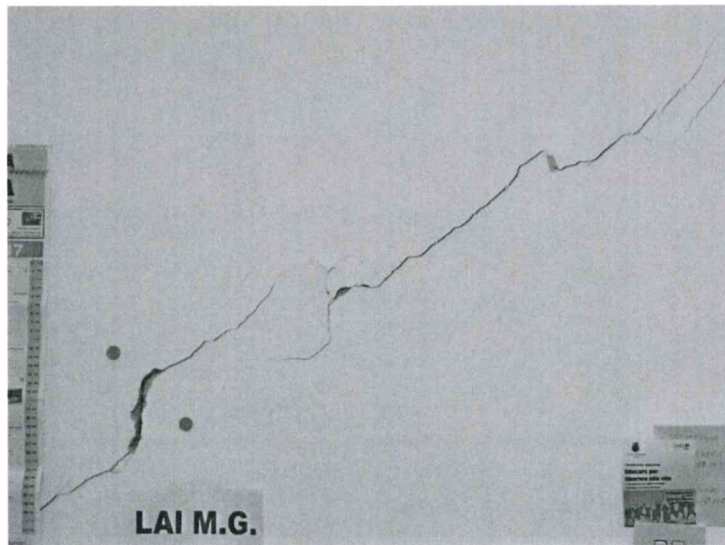
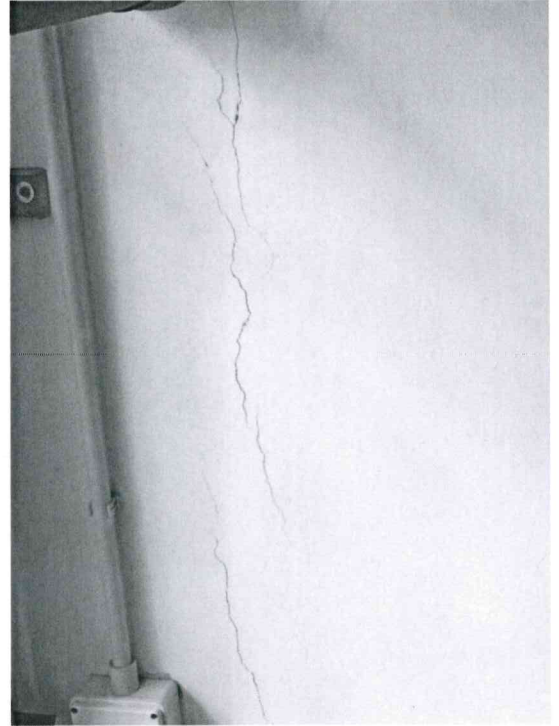






SECONDO PIANO





Oltre a ciò, giova ricordare manifestazioni di cedimenti, all'interno e all'esterno della struttura, avvenute nel recente passato e ancora in essere:

1. all'interno dell'Istituto, corridoi e aule, si sono registrati cedimenti del pavimento al piano terra e ai piani superiori, in differenti parti della scuola, che necessitano di interventi di consolidamento, come si evidenzia, a titolo di esempio e non in modo esaustivo, nelle seguenti immagini;





2. all'esterno si è formata una importante voragine nel parcheggio immediatamente a valle dell'Istituto, dimensionalmente paragonabile ad un'autovettura, dovuta al dilavamento del terreno sottostante, di cui, di seguito, si riporta un'immagine <sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> La stessa immediatamente riempita con detriti e successivamente pavimentata con cemento dal comune.



#### **4. Gli interventi necessari**

Tutte le considerazioni che possono essere fatte analizzando i dati ottenuti, evidenziano una sicura concomitanza di fattori predisponenti all'insorgere di problematiche strutturali, quali quelli rilevate per l'edificio in esame, essenzialmente riconducibili a:

- ubicazione del fabbricato,
- presenza di acqua nel sottosuolo,
- caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione.

Il primo e più importante fattore predisponente è sicuramente riferibile alla posizione in cui l'edificio scolastico è stato realizzato. E' palese che una più attenta verifica delle condizioni ambientali avrebbe probabilmente portato a delocalizzare l'edificio in altro sito. Ciò al fine di evitare di frapporre l'edificio in un canale in posizione di mezza costa lungo uno dei versanti dei rilievi su cui si sviluppa una parte dell'abitato di Ozieri.

Tale posizione comporta la necessità e l'obbligo di procedere, "a monte", ad una raccolta delle acque piovane e del deflusso subsuperficiale che, anche a causa della riduzione della capacità d'infiltrazione delle stesse, derivante dall'impermeabilizzazione diffusa del terreno per la presenza sempre più numerosa di strada asfaltate e tetti, arrivano verso la sezione di competenza dell'edificio scolastico. Le misure effettuate nelle stazioni piezometriche predisposte hanno portato a presumere l'esistenza, se non di una vera falda idrica diffusa, di un sistema di circolazione idrica nel sottosuolo che può trarre alimentazione da molteplici origini (deflussi per infiltrazione naturale, perdite della rete con venute consistenti ed in pressione, etc.).

Inoltre la presenza di un substrato roccioso poco permeabile, subito al di sotto della copertura detritica potrebbe determinare, se in presenza di elevata percentuale della componente granulometricamente più fine (limi ed argille), una diminuzione della capacità di filtrazione e di smaltimento rapido in profondità delle acque meteoriche.

Da quanto sopra brevemente richiamato, si evince la necessità di suddividere gli interventi in due macro sottoinsiemi:

- interventi da eseguire in massima urgenza
- interventi necessari ma non urgenti

##### **4.1 Gli interventi in somma urgenza**

Gli interventi urgenti possono essere così riassunti:

- a) consolidamento fondale
- b) consolidamento statico travi e pilastri

- c) consolidamento statico del muro di contenimento
- d) interventi atti alla gestione e convogliamento delle acque
- e) interventi di recupero delle pavimentazioni ai vari piani

#### **A) Campagna di consolidamento fondale**

Le lavorazioni di consolidamento e ripristino statico della struttura non possono prescindere da una estesa campagna di consolidamento fondale. Successivamente si potrà intervenire sulle strutture in elevazione.

Come già ampiamente relazionato, lo studio di una soluzione problema, ha reso necessaria prima di tutto una serie di indagini geognostiche di cui si è accennato più sopra, i risultati delle quali sono rappresentati nella relazione allegata alla presente redatta dal Dott. Geologo Andrea De Santis. Dette hanno avuto lo scopo principale di caratterizzare il terreno fondale e studiare la variabilità nel tempo delle acque sub superficiali.

Non si è potuto realizzare una campagna puntuale di analisi nel terreno fondale al di sotto di ogni pilastro, per ragioni prettamente logistiche. Da evidenziare che non è stato neanche possibile reperire negli archivi dell'Amministrazione, documentazione relativa alla struttura dell'edificio.

I risultati hanno comunque portato lo scrivente alla convinzione che le fondazioni siano supportate da un sistema di palificazioni. È verosimile che nel corso del tempo il terreno abbia subito modificazioni tali da aver ridotto l'efficacia delle caratteristiche portanti delle fondazioni. L'intervento sarà quindi mirato al consolidamento sub fondale.

L'intervento che si vuole utilizzare consiste nell'iniezione di resine espandenti consolidanti al di sotto delle fondazioni, per realizzare quell'incremento della capacità portante del terreno fondale ricercato. L'espansione è prodotta dalla miscelazione di due componenti che costituiscono la resina. Questi componenti, iniettati nel terreno, aumentano il loro volume dando origine a un conglomerato solido con struttura molecolare a celle chiuse di elevata resistenza meccanica. Si tratta di una tecnologia utilizzata proprio nei casi in cui lo strato di terreno cedevole sia individuato al di sotto del piano fondale, in corrispondenza del bulbo in cui sono distribuite le pressioni verticali indotte dal peso della struttura (bulbo di Boussinesq).

La tecnica prevede la perforazione verticale della fondazione tramite punte elicoidali di piccolo diametro, generalmente 1,8-2,6 cm (con interasse di circa 1 m), e successiva iniezione di resine a pressione nel terreno su uno o più livelli di profondità. Per reazione chimica la resina, solidificando, espande di volume producendo il riempimento delle cavità, il consolidamento e l'incremento del carico ammissibile del terreno sottostante le fondazioni e il sollevamento, se necessario, della struttura.

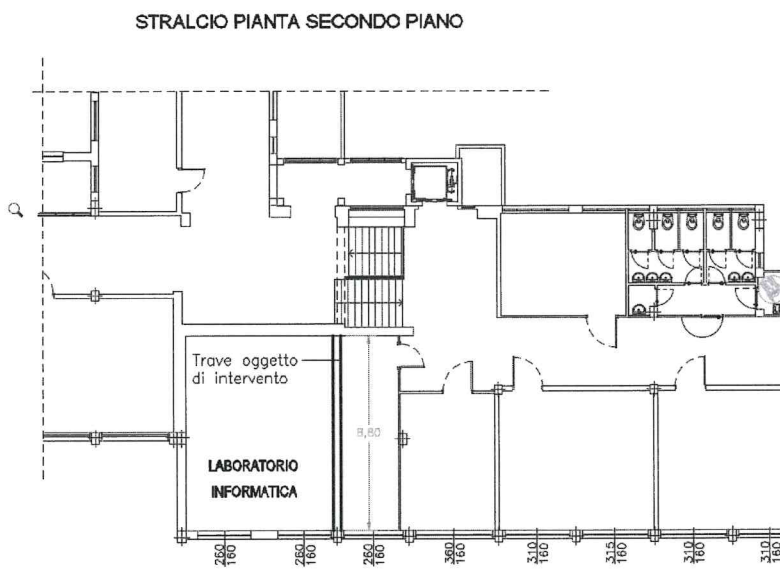
È da evidenziare che, preventivamente all'intervento di consolidamento, sono necessari delle operazioni pre-intervento, che servono per restituire in dettaglio la situazione fondale al di sotto dei pilastri.

È necessario infatti determinare profondità, larghezza e consistenza della fondazione, prevedendo la foratura dello strato superficiale del terreno fino alla profondità necessaria per la determinazione del tipo di fondazione e attraverso l'eventuale esecuzione di carotaggi.

Terminato il consolidamento fondale è possibile intervenire su tutte le parti in elevazione, sia strutturali (travi e pilastri) sia sui muri perimetrali e interni.

## B) Consolidamento statico trave

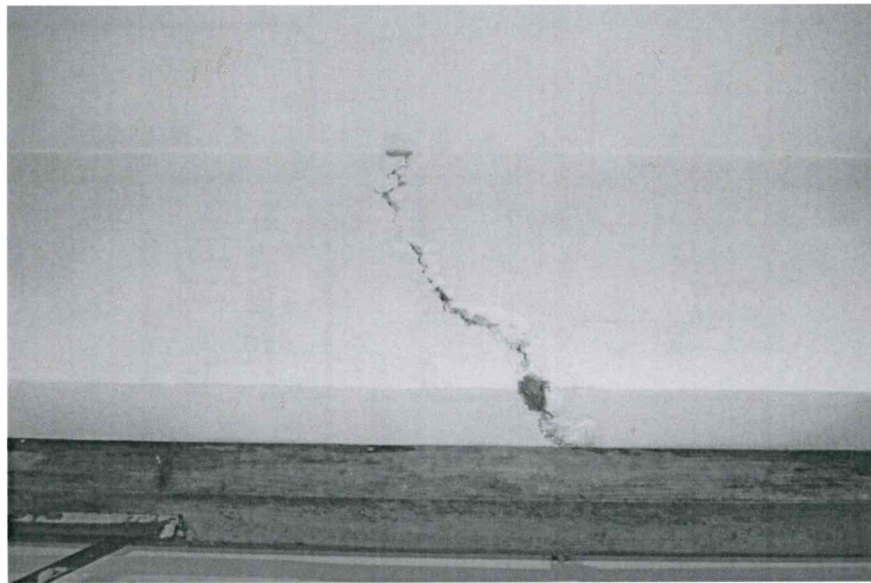
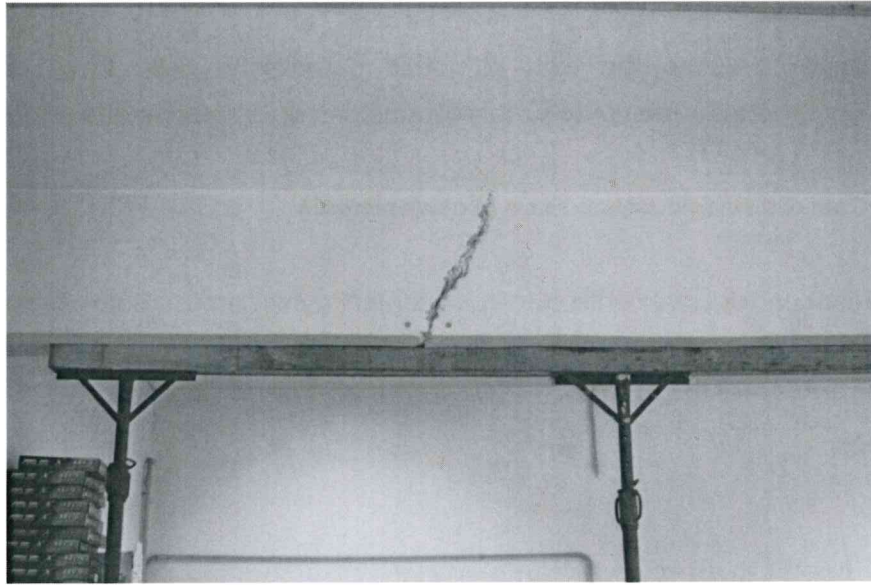
Ci si vuole qui riferire alla trave di copertura ubicata al di sopra del laboratorio di informatica, di cui se ne riporta di seguito uno schema grafico per facilità di lettura.



I dissesti registrati durante l'intervento precedente, avevano consigliato la sospensione del recupero statico della stessa, in quanto non sarebbero stati eliminate le cause che hanno portato a tale stato fessurativo della trave. Infatti la fessurazione, tipica di un cedimento a taglio, è ubicata ben distante dal pilastro laterale. Tale circostanza evidenzia che nel tempo è mutato lo stato tensionale nella struttura, dovuto verosimilmente ad un cedimento fondale localizzato.

Di seguito si riportano alcune immagini della stessa.





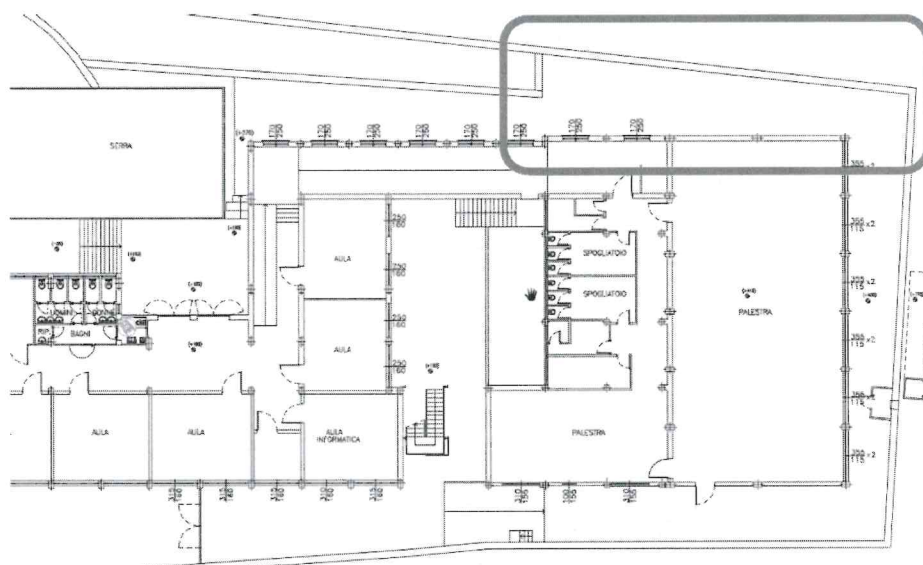
Il consolidamento che si vuole realizzare è mirato ad un rinforzo combinato a taglio e a flessione, come sotto brevemente descritto:

- a) Rinforzo a flessione realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, mediante micro trefoli di acciaio fissati su microrete in fibra di vetro
- b) Rinforzo a taglio con placcaggio ad "U" o a totale avvolgimento della trave, realizzato con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire™ ad altissima resistenza (presagomato in funzione della geometria dell'elemento strutturale mediante impiego di idonea piegatrice).

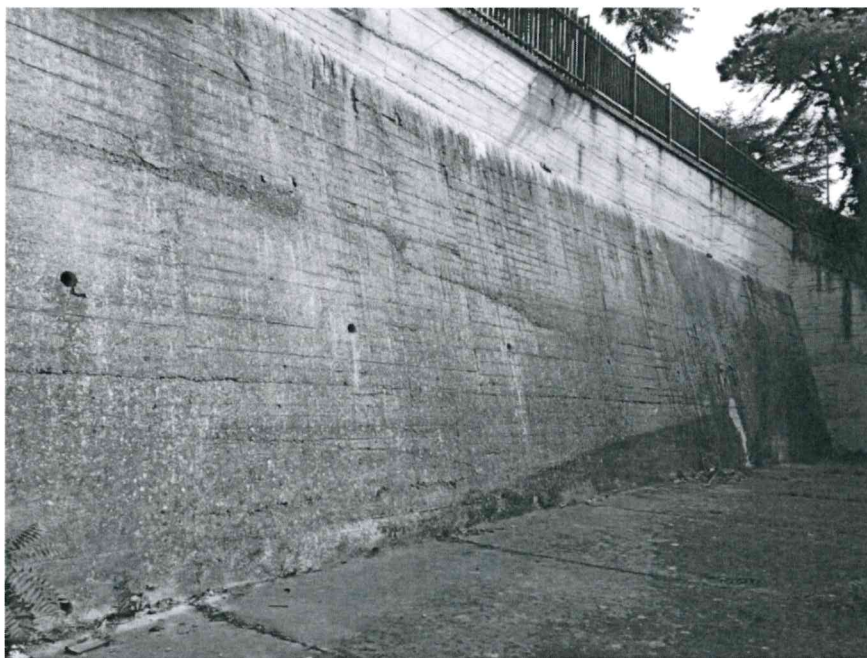
La suddetta tecnologia evita la totale demolizione della trave che si renderebbe necessaria per un idoneo intervento sui ferri di armatura, sia a flessione che a taglio.

### C) Consolidamento statico muro di contenimento

Ci si riferisce principalmente al muro di contenimento, posto al lato Nord dell'Istituto immediatamente al di sotto della Via Giusti, come meglio evidenziato nella figura seguente.



Al fine di ben rappresentare lo stato di degrado del muro, si riportano di seguito le seguenti immagini.



Su tutta la superficie del muro sono presenti dei rigonfiamenti dello strato del copriferro, alcuni dei quali già precipitati al suolo. I ferri di armatura visibili denunciano un avanzato stato di degrado.

E' da sottolineare lo stato di pericolo in quanto l'area su cui prospetta il muro è zona di passaggio per l'utenza scolastica.

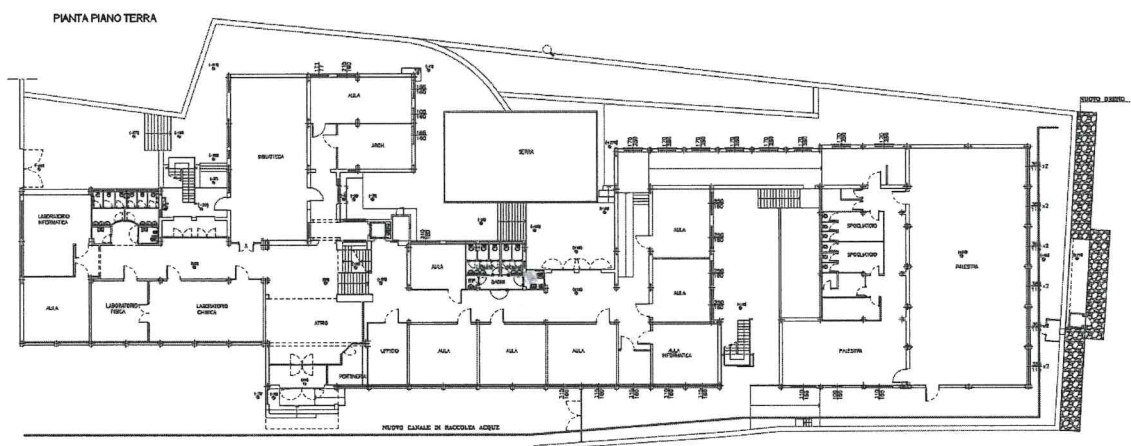
Da non trascurare in ogni caso anche il muro ubicato a monte dell'edificio, sul lato est, ed il muro ubicato sul lato Sud, anche loro interessati da un avanzato stato di degrado del calcestruzzo e delle armature. Da precisare che il muro lato Sud ha già parzialmente subito un intervento di recupero strutturale con il precedente intervento, per una superficie pari al 20% della totale.

Il consolidamento strutturale dei in cemento armato deve interessare tutta la superficie del manufatto, prevedendo quindi l'asportazione di tutte le parti friabili e in fase di distacco, la pulizia del sottofondo, il trattamento delle armature contro la corrosione ed eventuale sostituzione delle stesse, il successivo ripristino volumetrico e strutturale con malta cementizia fibrorinforzata per elementi in cemento armato, oltre all'ispezione e alla pulizia dei barbacani presenti.

#### **D) Interventi per la gestione e convogliamento acque**

Ci si vuole qui riferire alle acque presenti negli strati sub fondali e le acque provenienti dal bacino imbrifero a monte dell'edificio.

Attualmente è presente un canale tombato dove vengono convogliate le acque sia meteoriche che provenienti da monte. Le analisi dei campioni d'acqua prelevati e analizzati, hanno evidenziato delle probabili perdite dal canale tombato verso il terreno circostante. Sul canale, e sui pozzetti di ispezione, in ogni caso si deve prevedere una completa pulizia dai fanghi sedimentati negli anni.



L'intervento che si prevede per il caso specifico è quello di realizzare un nuovo canale, completamente ispezionabile, chiuso quindi con griglie carrabili e di sezione adeguata, che raccolga le acque sia piovane che provenienti da monte, opportunamente convogliate.

È quindi da prevedere anche la realizzazione di un strato drenante a monte del muro di confine a monte, come meglio evidenziato nella figura precedente.

Oltre a ciò è necessario un intervento sulla pavimentazione esistente lungo il nuovo canale, al fine di eliminare i forti avvallamenti ora presenti che comportano un dannoso ristagno delle acque, con il rifacimento delle pendenze necessarie per un corretto deflusso verso il canale.

### **E) Interventi di recupero delle pavimentazioni al piano terra**

Data la natura del terreno sub superficiale al di sotto dell'edificio, al suo interno si manifestano continuamente cedimenti della pavimentazione del piano terra che, pur non essendo

di pregiudizio alla statica dell'edificio, sono comunque da recuperare per una questione di sicurezza e decoro.

Alcuni cedimenti si sono registrati anche in qualche aula dei piani superiori, come già evidenziato nelle immagini precedenti. Detti cedimenti sono da imputarsi ai cedimenti fondali che, una volta eliminati con gli interventi di consolidamento fondale, possono essere definitivamente risolti.

le lavorazioni previste possono essere così riassunte:

- a) Asportazione della pavimentazione nelle aree e/o aule interessate
- b) Rimozione del massetto
- c) Analisi del sottofondo e/o del solaio (per i piani superiori)
- d) Eventuali rinforzi strutturali e/o consolidamenti del sottofondo
- e) Posa in opera di nuovo massetto
- f) Posa in opera di nuova pavimentazione

## **4.2 Gli altri interventi necessari**

Gli interventi da eseguire non in massima urgenza, ma comunque necessari per la sicurezza e il decoro dell'Istituto, possono essere così riassunti:

- a) Posa in opera di scala in ferro di sicurezza nell'Aula Magna
- b) Recupero intonaci e pitture
- c) Pulizia canale tombato esistente
- d) Impermeabilizzazione della copertura nelle parti non interessate nel precedente intervento

### **A) Scala di sicurezza Aula Magna**

Come già su riportato, durante l'esecuzione dei lavori di recupero funzionale dell'Istituto, sono state sospese alcune lavorazioni, tra cui la posa in opera della scala in metallo che, su richiesta del Comando dei Vigili del Fuoco, deve essere ubicata a servizio dell'Aula Magna. Una volta eseguito il consolidamento sulle fondazioni, sarà possibile riprendere la lavorazione prevista, prevedendo i seguenti interventi:

- a) Preventivo spostamento dell'impianto di riscaldamento posto in corrispondenza della sezione individuata per l'ubicazione della scala
- b) Rimodulazione degli infissi insistenti nell'area interessata
- c) Posa in opera della scala con idonea porta di sicurezza
- d) Parziale demolizione del muro sulla Via Giusti e posa in opera di cancello con apertura a spinta dall'interno verso l'esterno

### **B) Recupero murature e solai**

A seguito dei continui cedimenti del terreno sub fondale, nelle murature dell'Istituto si sono verificate nel tempo numerose e diffuse lesioni sulle murature, talvolta anche di notevole entità.

È necessario pertanto un intervento esteso a tutte le murature interessate, al fine di ricucire e d eliminare tale stato fessurativo secondo i seguenti interventi:

- a) Asportazione dell'intonaco in tutte le aree interessate
- b) Posa in opera di nuovo intonaco con l'utilizzo di reti in corrispondenza delle sezioni di contatto con la struttura portante
- c) Tinteggiatura di tutte le superfici trattate

### **C) Pulizia e recupero canale tombato esistente**

A seguito delle risultanze ricavate dall'analisi delle acque, come già accennato, si è rilevata una perdita d'acqua dall'attuale canale. Dette acque vanno ad interferire con le acque sub superficiali individuate.

Poiché l'ipotesi progettuale prevede un nuovo canale, totalmente ispezionabile, dell'esistente se ne vuole prevedere una totale pulizia, con particolare riferimento ai pozzetti, all'interno dei quali si sono rilevati fanghi e detriti sedimentati da tempo. Lo stesso servirà ad assicurare le sole acque meteoriche che interesseranno la porzione nord dell'Istituto, diminuendo così drasticamente la portata d'acqua al suo interno e, conseguentemente, l'entità delle perdite cui è soggetto.

### **D) Recupero murature e solai**

Per questo punto, si ricorda che durante il precedente intervento, si è provveduto al rifacimento di una porzione del manto di impermeabilizzazione della copertura, viste le numerose e diffuse macchie di umidità presenti negli intradossi dei solai dell'ultimo piano.

Detto intervento fu solo parziale, necessitando invero un recupero su tutta la superficie, al fine di risanare in modo completo ed efficace tutta la copertura dell'edificio.

