

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



## ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

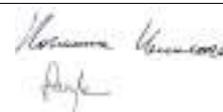
**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**Al.0A**

Descrizione elaborato:

*Allegato A\_Fase2\_RCM\_01 Relazione sulla caratterizzazione dei materiali; Fase2\_RRI01 Relazione dei risultati delle indagini; Fase2\_RRI02 Ubicazione indagini eseguite al I Impalcato; Fase2\_RRI03 Ubicazione indagini eseguite al II Impalcato;*



Data:

**Marzo 2022**



## COMUNE DI NAPOLI

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



▶ ELABORATO: Fase2\_RCM\_01 ▶ OGGETTO: RELAZIONE CARATTERIZZAZIONE MATERIALI

▶ SCALA:

▶ DATA: 02/12/21

▶ REV: [0]

### ▶ RTP

#### Capogruppo e coordinatore scientifico:

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

PROGEN s.r.l.  
Amministrazione Unica  
Ing. FABIO NERI

#### Professionisti responsabili strutturali e della calcolazione delle strutture:

Ing. Marco Muratore (TECNOSIDE srl)

Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

PLANIR srl  
Amministrazione Unica  
Dott. Ing. Placido Impollonia

#### Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:

Geol. Sergio Dolfin

#### Professionisti collaboratori tecnici:

Ing. Filippo Di Mauro (TECNOSIDE srl)

Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

#### Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:

Ing. Andrea De Maio

Ing. Pierluca Lombardo (TECNOSIDE srl)

#### Esecuzione indagini strutturali \_geognostiche:

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)

Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)

Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)

Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)

Geol. Sergio Dolfin

#### Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

#### Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

#### Gestione informativa del servizio:

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

### ▶ STAZIONE APPALTANTE

#### D.E.C.

Ing. Marianna Vanacore

#### R.U.P.

Arch. Alfonso Ghezzi

**14° C.D. Asilo nido Acquarola  
Strada comunale Acquarola**

Relazione sulla caratterizzazione dei materiali

**SOMMARIO**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>3. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE .....</b>	<b>2</b>
3.1. DESCRIZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELL'OPERA.....	2
3.2. DEFINIZIONE DEI DATI DIMENSIONALI E DELLO SCHEMA PLANO-ALTIMETRICO DELL'EDIFICIO .....	4
<b>4. DEFINIZIONE SAGGI, PRELIEVI ED INDAGINI STRUTTURALI .....</b>	<b>5</b>
4.1. OBIETTIVI DEL PIANO DI INDAGINE .....	6
4.2. INDICAZIONI DI NORMATIVA .....	6
4.3. TIPOLOGIA INDAGINI STRUTTURALI INDIVIDUATE PER L'EDIFICIO IN ESAME .....	8
4.4. PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI.....	9
4.5. PROPRIETÀ DEI MATERIALI .....	12
<b>5. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>13</b>
5.1. CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	13
5.2. CARATTERIZZAZIONE DELL'ACCIAIO .....	18
<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>20</b>
<b>INDICE DELLE TABELLE .....</b>	<b>20</b>

## 1. PREMESSA

Lo scopo del servizio è la valutazione della sicurezza degli edifici scolastici di proprietà del Comune di Napoli che ricadono nella VII Municipalità, ritenuti di “interesse strategico” o “rilevanti” ai sensi dell'OPCM 3274/2003, art. 2, comma 3, nonché l'acquisizione di tutti gli elementi necessari per la redazione di un eventuale progetto di adeguamento strutturale per evitare, ove possibile, ulteriori campagne di indagine. L'appalto consiste dunque nel Servizio di ingegneria per la valutazione in parola, comprese tutte le attività necessarie al raggiungimento dello scopo stesso, ponendo l'attenzione all'acquisizione anche degli elementi necessari alla progettazione degli interventi di adeguamento. Si specifica che la progettazione degli interventi di adeguamento non è compresa nel presente servizio.

## 2. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive i parametri dei materiali in base alle risultanze delle indagini eseguite in sito ed il livello di conoscenza acquisito con la finalità di stabilire il livello di sicurezza sismica dell'edificio ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e ss. mm. e ii. nei confronti delle azioni di progetto previste dalle norme tecniche vigenti (D.M. 17.01.2018) e fornire indicazioni progettuali per il miglioramento o adeguamento sismico delle strutture; a tal fine la Circolare del 17 gennaio 2019 n. 7 fornisce gli strumenti e le regole applicative. L'edificio in esame è ubicato a Napoli, nella Strada comunale Acquarola, nel quartiere di Secondigliano. (Figura 1) ed è costituito da n. 1 corpo di fabbrica.



Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica

### 3. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE

Nella prima fase di rilievo sono state effettuate delle rilevazioni metriche e fotografiche per ricostruire:

- L'esatta geometria del manufatto
- Le sezioni strutturali di travi e pilastri
- Lo spessore dei muri con funzione strutturale
- Le orditure dei solai
- Le varie tipologie di aperture
- Eventuali interferenze tra opere impiantistiche e strutturali

I rilievi sono stati condotti mediante ricognizione visiva, metrica e con ausilio di strumentazione specifica (termocamere/pacometro). Tramite ciò è stato possibile rilevare le tipologie delle tamponature, dei solai e delle coperture, nonché dettagli costruttivi tramite osservazioni visive, rilievi magnetometrici, osservazioni mediante termocamera ad infrarossi, battiture superficiali.

I dettagli costruttivi mancanti, così come la caratterizzazione meccanica dei materiali, sono stati determinati dalla campagna di indagini oggetto della presente relazione.

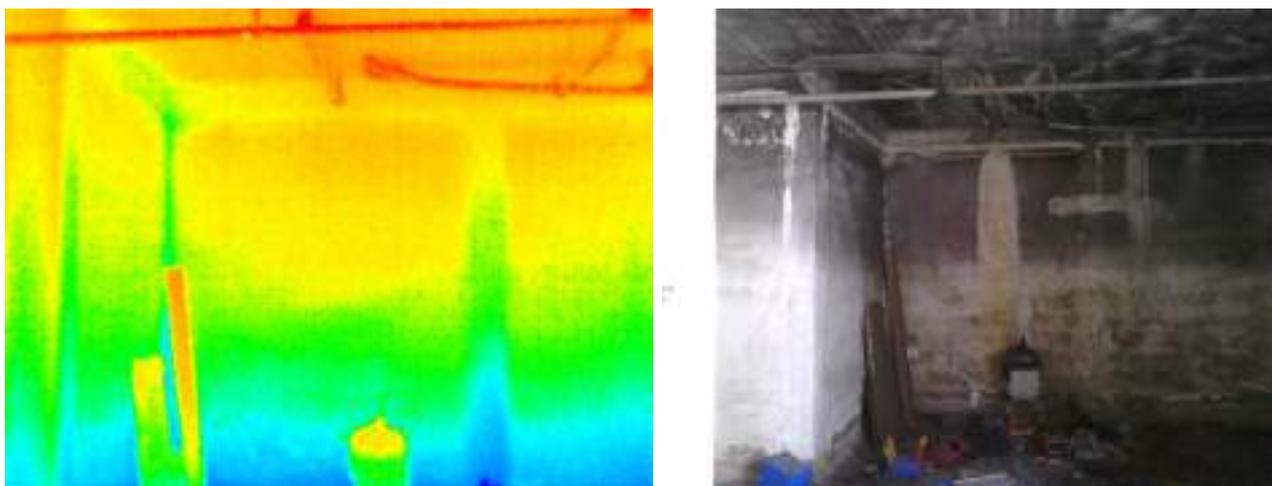


Figura 2 – Foto eseguita con la termocamera

#### 3.1. Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, nella Strada comunale Acquarola, nel quartiere di Secondigliano (Figura 1), e fa parte del 14° Circolo Didattico.

Il plesso scolastico, di modeste dimensioni, sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma approssimativamente trapezoidale all'interno del quale è posizionato centralmente, con modesti spazi di pertinenza su quasi tutti i lati del fabbricato; tra questi, nonostante il generale stato di verde incolto cui vertono gli spazi esterni, è presente anche una piccola area attrezzata per il gioco in corrispondenza del prospetto est dell'edificio.

Il lotto presenta a sud un unico lato confinante con pubblica via, la strada comunale Acquarola, in cui è posto l'ingresso carrabile e pedonale alla scuola. Sui restanti lati l'area confina con lotti in cui sono presenti edifici residenziali. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato



Figura 3 – Inquadramento lotto di interesse



Figura 4 - Prospetto esterno sud-ovest (ingresso)

### 3.2. Definizione dei dati dimensionali e dello schema plano-altimetrico dell'edificio

La configurazione dell'edificio è costituita da un singolo corpo di fabbrica, dalla forma non regolare, inscrivibile in rettangolo di dimensioni circa 36m x 50m. La non regolarità della struttura è dovuta alla presenza di rientranze in pianta molto accentuate.

Il piano cantinato, posto ad una quota di - 4.10m, oggi risulta abbandonato e pertanto non utilizzato ai fini dell'attività didattica, è accessibile tramite una rampa esterna, posta a sud del fabbricato. Il piano superiore, posto a quota + 0.00m, ovvero il piano terra, è, invece, adibito all'attività didattica e vi si può accedere dall'ingresso principale della scuola, posto a sud del fabbricato, e da un insieme di accessi dislocati lungo tutto il perimetro della struttura.

**L'intero volume si sviluppa su una superficie coperta di circa 991 mq, per un totale di circa 8300 mc.**

Il primo impalcato è piano e realizzato a quota 0.00 m, avendo così un interpiano di 4.10 m con il piano sottostante, l'impalcato di copertura è realizzato a quote differenti, creando uno sfalsamento nella sua estensione, le quote di questo impalcato, da indagini effettuate, risultano essere: 3.50m, 3.80m, 4.30m e 6.50m. La copertura non è praticabile, eventualmente raggiungibile per sola manutenzione.

Si riportano di seguito le piante schematiche della struttura:

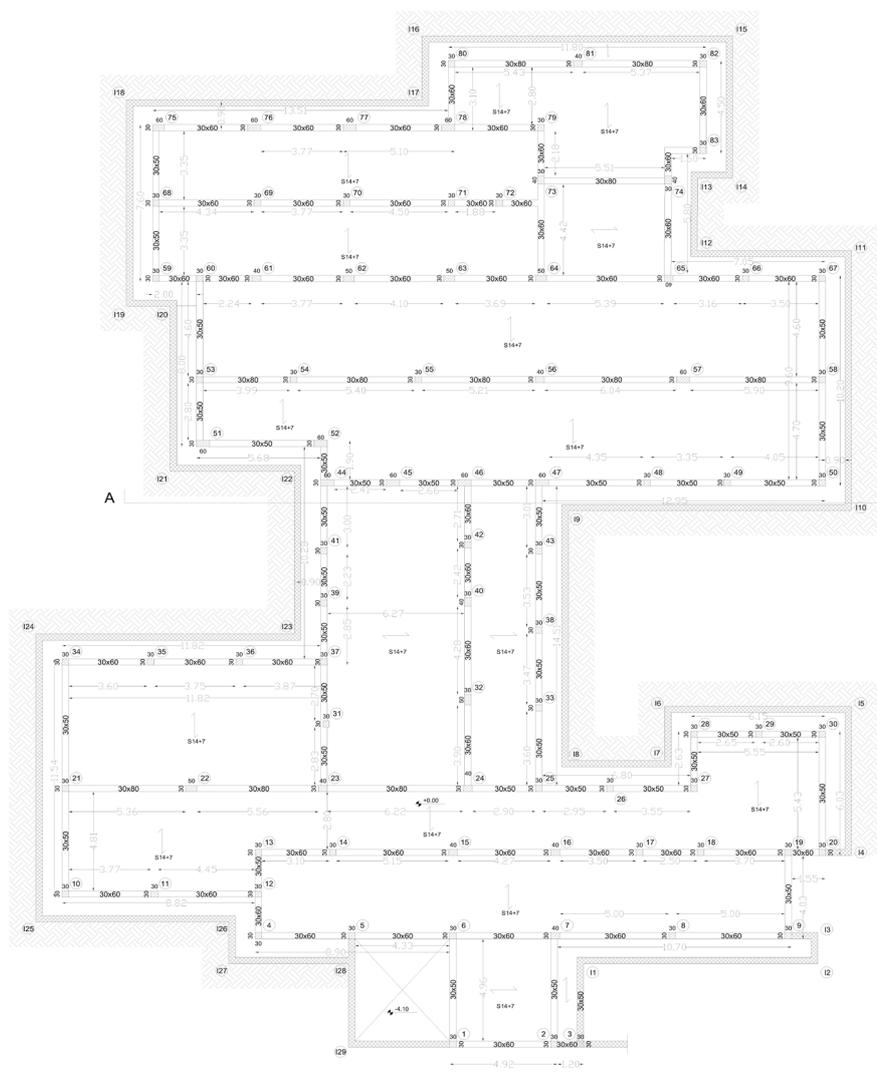


Figura 5 – Schema carpenteria primo impalcato (piano cantinato)

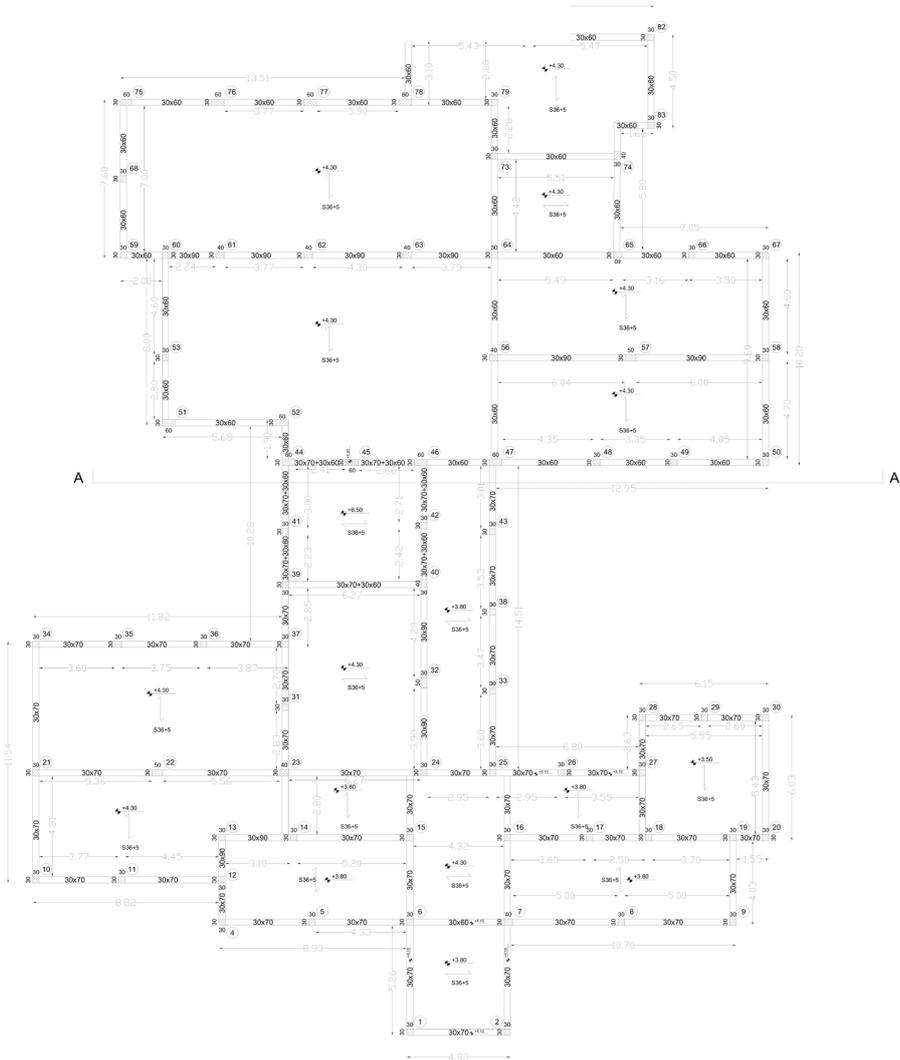


Figura 6 – Schema carpenteria secondo impalcato (piano terra)

Di seguito viene riportata una tabella con i dati dimensionali complessivi e dei vari volumi costituenti il corpo di fabbrica:

4.

superficie coperta edificio: 991 mq
volume: 8300 mc (di cui fuori terra: 4236 )

Tabella 1 – Tabella valori dimensionali

## DEFINIZIONE SAGGI, PRELIEVI ED INDAGINI STRUTTURALI

### 4.1. Obiettivi del piano di indagine

Il progetto delle indagini mira al conseguimento di un **livello di conoscenza LC2** attraverso una campagna di prove in sito ed in laboratorio sia di tipo distruttivo sia di tipo semi-distruttivo o non distruttivo. L'acquisizione della documentazione disponibile, i rilievi eseguiti sull'immobile nonché le indagini predisposte assicurano un adeguato livello di approfondimento della conoscenza dell'organismo strutturale in termini di identificazione:

- della geometria;
- dei dettagli costruttivi;
- delle proprietà materiali.

L'acquisizione dei dati necessari all'identificazione è stata disposta secondo quanto previsto al paragrafo 11.3 dell'O.P.C.M. 3431/2005 e al capitolo 8 della Circ. 7/2019.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Nel caso dell'edificio in esame, il livello LC2 si intende raggiunto quando siano stati effettuati

- l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1;
- un controllo della documentazione acquisita ed eseguendo, ove questa sia carente, il rilievo geometrico ex novo di porzioni di interesse;
- indagini estese in situ sulle armature e sui collegamenti presenti approfondendo le, completo in ogni sua parte, e indagini esaustive sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2,
- prove estese in situ per la determinazione delle caratteristiche dei materiali (qualora non fosse possibile l'acquisizione della documentazione del progetto originario), come indicato al § C8.5.3.

Il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1.2$ .

Le indagini individuate per ottenere le informazioni necessarie, sulla base della documentazione attualmente disponibile sono descritte nel seguito.

### 4.2. Indicazioni di normativa

#### 4.2.1. Geometria

La geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria esterna deve essere sempre descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista (ad esempio la disposizione delle armature), possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione.

Il rilievo di manufatti che non hanno funzione strutturale (pareti divisorie, controsoffitti, impianti) deve essere effettuato con l'obiettivo principale di identificare eventuali rischi per la sicurezza degli abitanti, connessi a problemi di stabilità dei manufatti stessi o delle strutture.

Il rilievo geometrico degli elementi deve permettere:

- L'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- L'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;

- L'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- L'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

#### 4.2.2. *Dettagli costruttivi*

Nel definire il comportamento della costruzione in presenza di sisma sono di particolare importanza i dettagli costruttivi; le informazioni su di essi possono essere desunte dai disegni originali, da un progetto simulato o da indagini in situ.

Sia che si disponga dei disegni originali, sia che si sia prodotto un progetto simulato, per verificarne la rispondenza alla realtà del costruito in termini di particolari costruttivi occorre effettuare rilievi in situ.

Nei rilievi si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

Indagini limitate: consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra le caratteristiche dei collegamenti riportate negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il progetto simulato, e quelle effettivamente presenti.

Indagini estese: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali, o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti.

Indagini esaustive: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.

Le indagini in-situ basate su saggi sono effettuate su una congrua percentuale degli elementi strutturali, privilegiando, tra le tipologie di elementi strutturali (travi, pilastri, pareti...), quelle che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura.

Il quantitativo di indagini in-situ basate su saggi dipende dal livello di conoscenza desiderato in relazione al grado di sicurezza attuale e deve essere accuratamente valutato, anche in vista delle notevoli conseguenze che comporta sulla progettazione degli interventi.

Il rilievo dei dettagli costruttivi per le costruzioni in calcestruzzo armato è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

- quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- spessore dei copriferrì;
- lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre e dei loro ancoraggi;

#### 4.2.3. *Proprietà dei materiali*

Per il caso in esame le proprietà dei materiali sono state ricavate da estese verifiche in situ (vista la remota possibilità di rintracciare i disegni esecutivi originari) mediante prove di tipo distruttivo:

##### Metodi di prova distruttivi

- *Calcestruzzo*: la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- *Acciaio*: la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza a deformazione ultima.

Le prove sui materiali, in analogia a quanto definito per le indagini sui dettagli costruttivi, possono essere eseguite su un numero di elementi diverso, a seconda del livello di conoscenza che si vuole raggiungere.

Si possono distinguere, in relazione al loro grado di approfondimento, tre livelli di prova.

Prove limitate: prevedono un numero limitato di prove in-situ o su campioni, impiegate per completare le informazioni sulle proprietà dei materiali, siano esse ottenute dalle normative in vigore all'epoca della costruzione, o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi o nei certificati originali di prova.

Prove estese: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a fornire informazioni in assenza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova o quando i valori ottenuti con le **prove limitate** risultino inferiori a quelli riportati nei disegni o sui certificati originali.

Prove esaustive: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova, o quando i valori ottenuti dalle **prove, limitate o estese**, risultino inferiori a quelli riportati sui disegni o nei certificati originali, oppure nei casi in cui si desideri una conoscenza particolarmente accurata.

#### 4.3. **Tipologia indagini strutturali individuate per l'edificio in esame**

Le indagini strutturali consistono in prove distruttive; tutte le tipologie di prove sono disciplinate da specifiche norme UNI. Per l'edificio in questione sono state previste le seguenti tipologie di prove sugli elementi in cemento armato:

- prelievo campione di calcestruzzo mediante carotaggio;
- prelievo campione di barra d'acciaio;
- indagini pacometriche e saggi;
- indagini visive sullo spessore dei giunti (ove presenti), dei solai e delle tamponature esterne;
- endoscopie sulle tamponature esterne e sui solai;
- prove per la determinazione della profondità di carbonatazione;
- prove di laboratorio su carote di calcestruzzo;
- prove di laboratorio su campioni di acciaio;

#### 4.4. Piano delle indagini strutturali

Non disponendo dei disegni costruttivi e delle specifiche originali di progetto, sono stati definiti i livelli di approfondimento delle verifiche e delle prove da eseguire in sito sulla scorta della tabella C8.5.IV della Circolare Cons. Sup. LL.PP. 7 del 21 gennaio 2019.

In particolare:

- la conoscenza dei dettagli costruttivi richiede acquisizione delle informazioni mediante **indagini estese in situ**.
- la conoscenza delle proprietà dei materiali richiede **prove estese in situ**.

Si riassumono nelle successive tabelle i requisiti necessari contenuti nel piano di indagine al fine di soddisfare il Livello di conoscenza prestabilita LC2 tenendo conto che tutti i corpi di fabbrica sono stati realizzati contemporaneamente.

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (%)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <b>indagini estese in situ</b>	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <b>prove estese in situ</b>	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaurite</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaurite</i> in situ	Tutti	1,00

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo dei dettagli costruttivi <sup>1)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>2)</sup>
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>estese</i>	<b>La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi</b>	<b>2 provini di cls. per 300 m<sup>2</sup> di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio</b>
<i>esauritive</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Secondo quanto previsto all'ART.7 del Capitolato Speciale d'Appalto, le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre sono state adattate al caso specifico, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati, ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi, si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale;
- Ai fini delle prove sui materiali è possibile sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive;
- Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di

costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

#### 4.4.1. Rilievo geometrico-strutturale

Il rilievo geometrico e strutturale dell'edificio deve essere tale da poter restituire in maniera completa piante, prospetti e sezioni. Poiché non sono stati reperiti elaborati grafici relativi alle carpenterie, ma solo inerenti al progetto architettonico, questi sono stati integrati in situ con particolare attenzione alle sezioni strutturali di travi e pilastri. Durante la fase di rilievo visivo a campione si è riscontrata una elevata ripetitività degli elementi principali.

Le fasi del rilievo geometrico strutturale sono state integrate inoltre da prove termografiche e pacometriche su l'intradosso dei solai al fine di verificarne l'orditura, interasse dei travetti e numero di barre di armatura.

#### 4.4.2. Dettagli costruttivi

Per quanto concerne il rilievo dei dettagli costruttivi, dovendo conseguire un estesi livello di indagine corrispondente al 35% degli elementi si è proceduto classificando ciascun elemento strutturale dell'edificio (travi e pilastri) per sezione e funzione analoga, anche con riferimento alla pratica costruttiva dell'epoca.

Per analizzare i dettagli costruttivi, considerando le diverse ripetitività degli elementi strutturali, sono state previste indagini pacometriche e saggi strutturali.

La quantità e la posizione dei saggi indirizzati alla conoscenza dei dettagli costruttivi sono tali da superare la percentuale indicata dalla circolare (35%) come evidenziato nelle tabelle seguenti che riportano la tipologia e il numero degli di elementi da indagare.

TIPOLOGIE PILASTRI PIANO SEMINTERRATO						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	REPETITIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
P1	P-I	30x30 (di bordo)		19	22,89%	1
P2	P-I	30x30 (di spigolo)		23	27,71%	1
P3	P-I	30x40 (di bordo)		2	2,41%	
P4	P-I	30x40 (di spigolo)		2	2,41%	
P5	P-I	30x60 (di bordo)		3	3,61%	
P6	P-I	30x60 (di spigolo)		5	6,02%	1
P7	P-I	30x30 (interni)		13	15,66%	1
P8	P-I	30x40 (interni)		8	9,64%	2
P9	P-I	30x50 (interni)		5	6,02%	1
P10	P-I	30x60 (interni)		3	3,61%	1
TOTALE PILASTRI Piano Seminterrato				83	100,00%	91,57%

Tabella 2 –Percentuali pilastri indagati al piano seminterrato (91.57%)

TIPOLOGIE PILASTRI PIANO TERRA						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETITIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
P11	PT	30x30 (di bordo)		20	26,32%	2
P12	PT	30x30 (di spigolo)		22	28,95%	1
P13	PT	30x40 (di bordo)		1	1,32%	
P14	PT	30x40 (di spigolo)		2	2,63%	
P15	PT	30x50 (di bordo)		3	3,95%	1
P16	PT	30x50 (di spigolo)		5	6,58%	1
P17	PT	30x30 (interni)		12	15,79%	1
P18	PT	30x40 (interni)		6	7,89%	1
P19	PT	30x50 (interni)		3	3,95%	
P20	PT	30x60 (interni)		2	2,63%	1
TOTALE PILASTRI Piano Terra				76	72,17%	89,07%

Tabella 3 –Percentuali pilastri indagati al piano terra (89.47%)

TIPOLOGIE TRAVI PIANO SEMINTERRATO						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETITIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
T1	P-I	30x50 (caricate)		22	23,40%	2
T2	P-I	30x50 (non caricate)		13	13,83%	1
T3	P-I	30x60 (caricate)		35	37,23%	2
T4	P-I	30x60 (caricate lunghe)		4	4,26%	1
T5	P-I	30x60 (non caricate)		5	5,32%	1
T6	P-I	30x80 (caricata)		1	1,06%	
T7	P-I	30x80 (caricate lunghe)		10	10,64%	1
T8	P-I	30x50 (caricate lunghe)		1	1,06%	
T9	P-I	30x60 (tozza)		3	3,19%	
TOTALE TRAVI Piano Seminterrato				94	100,00%	92,55%

Tabella 4 –Percentuali travi indagate al piano interrato (92.55%)

TIPOLOGIE TRAVI PIANO TERRA						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETITIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
T11	PT	30x50 (caricate)		36	36,73%	2
T12	PT	30x50 (non caricate)		30	30,61%	1
T13	PT	30x60 (caricate)		4	4,08%	
T14	PT	30x60 (caricate lunghe)		1	1,02%	
T15	PT	30x60 (non caricate)		1	1,02%	
T16	PT	30x50 (caricata)		4	4,08%	1
T17	PT	30x90 (caricate lunghe)		2	2,04%	1
T18	PT	30x50 (tozza)		2	2,04%	
T19	PT	30x50 (caricate lunghe)		6	6,12%	1
T20	PT	30x70 (caricate)		9	9,18%	1
T21	PT	30x70 (non caricate)		1	1,02%	1
TOTALE TRAVI Piano Terra				98	100,00%	91,84%

Tabella 5 –Percentuali travi indagate al piano terra (91.84%)

L'indagine su un elemento appartenente alla tipologia   quindi equivalente ad una verifica delle armature in numero di elementi pari a quello della ripetitivit  (numero pilastri all'interno della tipologia). In taluni casi si   ritenuto utile eseguire misure ridondanti cos  da indagare pi  elementi della stessa tipologia. In tal caso il numero di elementi indagati   comunque almeno pari alla ripetitivit .

#### 4.5. Proprietà dei materiali

Il quadro completo del piano di indagine, che include anche i saggi conoscitivi sui solai e le indagini sugli elementi non strutturali, è illustrato nelle tavole grafiche a cui si rimanda per i dettagli.

In Tabella 6 sono riassunti il tipo ed il numero delle indagini strutturali stimate per ottenere il livello di conoscenza LC2.

Ai fini di determinare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono state previste indagini distruttive mediante carotaggi e quindi prove di schiacciamento, mentre per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio sono state previste prove distruttive di trazione delle barre. In Tabella 6 sono riassunte il tipo ed il numero di prove previste.

Le indagini sono state suddivise in due fasi consecutive, ai sensi del §C8.5.3.2 della C.M. 21.01.2019, la seconda non è stata attuata in quanto si è riscontrata una buona omogeneità nei risultati acquisiti nella fase iniziale.

PIANO SEMINTERRATO				PIANO TERRA			
Indagine	Numero complessivo	Fase 1	Fase 2	Indagine	Numero complessivo	Fase 1	Fase 2
carote pilastri	7	5	2	carote pilastri	7	5	2
carote travi	7	5	2	carote travi	7	5	2
prelievi barre pilastri	2	1	1	prelievi barre pilastri	2	1	1
prelievi barre travi	2	1	1	prelievi barre travi	2	1	1
pacometrie pilastri	6	6	0	pacometrie pilastri	6	6	0
saggi pilastri	2	2	0	saggi pilastri	2	2	0
pacometrie travi	6	6	0	pacometrie travi	6	6	0
saggi travi	2	2	0	saggi travi	2	2	0
ispezioni solai	1	1	0	ispezioni solai	1	1	0
ispezioni tamponature	1	1	0	pozzetto intercapedine	1	1	0

Tabella 6 – Quadro sinottico piano di indagine

## **5. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI**

Le indagini sui materiali condotte dalla ditta L.R. Laboratori e Ricerche nel mese di Agosto 2021, rapporto di prova R.P. 998/21-o e 998/21-p del 05/10/2021 sono le seguenti:

20 prelievi di carote di calcestruzzo mediante carotaggio

4 prelievi di campioni di barre di armatura.

### **5.1. Caratterizzazione del calcestruzzo**

Nel presente paragrafo sono esaminate le risultanze delle prove eseguite tramite carotaggio e sono indicate espressioni per valutare quantitativamente i principali fattori che influiscono sulla resistenza delle carote ed una procedura per stimare la resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive.

Le norme prevedono che la misura delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo si ottenga mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di tali prove di compressione così come riportati sul report delle indagini.

SETTORE CALCESTRUZZO												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-1/UNI EN 12390-7							
DATI DESCRITTIVI					RISULTATI DI PROVA							
SOLA CAMPIONE	PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	CLASSE DI RESIST. (N/mm²)	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (kg/m³)	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMP. (N/mm²)	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. (2)
						φ	h					
CP P04 PT	Pilastro 24 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2014	120,03	17,3	S	S1
CP P41 PT	Pilastro 41 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2183	207,91	30,0	S	S1
CT P58-P57 PT	Tavola 58-57 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2118	169,43	26,7	S	S1
CT P18-P17 PT	Tavola 18-17 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1828	128,25	20,1	S	S1
CP P25 PT	Pilastro 25 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2005	188,40	24,4	S	S1
CT P25-P20 PT	Tavola 25-20 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1900	148,04	21,0	S	S1
CP P52 PT	Pilastro 52 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2000	147,55	21,3	S	S1
CT P20-P40 PT	Tavola 20-40 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2046	141,34	20,4	S	S1
CP P36 PT	Pilastro 36 Piano Terra	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2064	157,89	22,7	S	S1

SETTORE CALCESTRUZZO												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-1/UNI EN 12390-7							
DATI DESCRITTIVI					RISULTATI DI PROVA							
SOLA CAMPIONE	PARTE D'OPERA	VERBALE PRELIEVO	CLASSE DI RESIST. (N/mm²)	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (kg/m³)	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMP. (N/mm²)	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. (2)
						φ	h					
CP P10 P INT	Pilastro 10 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2147	173,51	25,0	S	S1
CP P11 P INT	Pilastro 11 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2236	186,25	26,0	S	S1
CP P56 P INT	Pilastro 56 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2109	163,52	23,5	S	S1
CT P32-P40 P INT	Tavola 32-40 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2094	151,35	21,8	S	S1
CT P15-P16 P INT	Tavola 15-16 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2061	210,90	30,7	S	S1
CT P54-P57 P INT	Tavola 54-57 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2041	187,33	27,0	S	S1
CP P5 P INT	Pilastro 5 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2158	176,13	25,4	S	S1
CT P73-P79 P INT	Tavola 73-79 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2115	240,25	34,9	S	S1
CT P12-P13 P INT	Tavola 12-13 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2061	150,38	22,1	S	S1
CP P52 P INT	Pilastro 52 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2066	171,35	24,7	S	S1
CT P82-P83 PT	Tavola 82-83 Piano interrato	---	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1894	119,43	17,2	S	S1

Tabella 7 – Risultati prove di compressione

La resistenza misurata sulle carote risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si misurerebbe su un equivalente provino standard.

Tali fattori sono in genere dipendenti da:

- 1) diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- 2) differente età di stagionatura tra carota e provino standard;
- 3) posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad es. al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- 4) disturbo che inevitabilmente consegue alle operazioni di prelievo;
- 5) dimensioni delle carote (ad es. nel caso di micro-carote o con H/D diverso da 2);
- 6) presenza di armature incluse.

L'effetto dei fattori sopra elencati tende in generale a far sottostimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Per correggere ciò si può fare ricorso a coefficienti correttivi di cui si dirà successivamente, opportunamente calibrati ed inseriti all'interno di formule di correlazione che legano la resistenza "attuale" (quella reale in situ dei calcestruzzi) con quella misurata sui campioni cilindrici (carote) estratte dagli stessi elementi strutturali.

La valutazione della resistenza in situ viene eseguita utilizzando la formula proposta da L. Coppola. Tale formula permette di tener conto con coefficienti di natura empirica degli effetti del carotaggio.

Per convertire le N resistenze ottenute dalle prove di compressione sulle carote  $f_{car}$  nelle corrispondenti resistenze in-situ  $R_{c, is}$ , viene adottata la relazione proposta da L. Coppola:

$$R_{c, is} = f_{car} \times F_{h/d} \times F_{fe} \times F_{tor} \times F_{dir} \times F_t \times F_T$$

dove:

$F_{h/d}$  è il parametro dipendente dal rapporto tra l'altezza e il diametro della carota. Il valore è unitario se  $H/D=1$ .

$F_{fe}$  è il parametro che tiene conto della presenza di barre d'armatura nella carota. Assume valore unitario in assenza di barre.

$F_{tor}$  è il parametro che tiene conto del tormento della carota per la presenza di microlesioni dovute agli effetti torsionali del carotiere durante la fase di estrazione. Il coefficiente correttivo è tabellato in funzione della resistenza registrata in laboratorio ed assume valori compresi tra 1 e 1.15.

$F_{dir}$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della direzione del carotaggio rispetto a quella di posa in opera del conglomerato. Per direzione ortogonale il parametro varia tra 1.05 e 1.10.

$F_t$  è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario per carote sottoposte a compressione ad età maggiori di 28 giorni.

$F_T$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della temperatura in funzione dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario se la temperatura media ponderale è compresa tra 18°C e 27°.

Nella tabella 8 vengo riassunti i parametri correttivi delle singole carote ed i conseguenti valori di resistenza risultanti considerando un rapporto D/H pari a 1.

CAROTABILI																		
LEVEL	ELEMENTO	DIR.	d	h	h/g	Forma carotabile	F <sub>01</sub>	F <sub>02</sub>	F <sub>03</sub>	F <sub>04</sub>	F <sub>05</sub>	F <sub>06</sub>	F <sub>07</sub>	F <sub>08</sub>	F <sub>09</sub>	R <sub>0,100000</sub>		
[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[Mpa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[Mpa]		
INT	PILASTRO	CF P19 F INT	94,0	94,0	1,00	25,00	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	25,25	
INT	PILASTRO	CF P11 F INT	94,0	94,0	1,00	28,80	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	31,54	
INT	PILASTRO	CF P56 F INT	94,0	94,0	1,00	23,50	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	24,45	
INT	TRAVE	CT P32-P40 F INT	94,0	94,0	1,00	31,80	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	34,66	
INT	TRAVE	CT P36-P16 F INT	94,0	94,0	1,00	30,70	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	31,46	
INT	TRAVE	CT P56-P57 F INT	94,0	94,0	1,00	27,00	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	29,70	
INT	PILASTRO	CF P6 F INT	94,0	94,0	1,00	25,40	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	25,90	
INT	TRAVE	CT P25-P19 F INT	94,0	94,0	1,00	34,80	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	40,31	
INT	TRAVE	CT P32-P15 F INT	94,0	94,0	1,00	22,20	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	24,74	
INT	PILASTRO	CF P52 F INT	94,0	94,0	1,00	24,70	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26,80	
INT	TRAVE	CT P62-P40 FT	94,0	94,0	1,00	17,30	1,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	21,20	
FT	PILASTRO	CF P14 FT	94,0	94,0	1,00	17,30	1,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	21,31	
FT	PILASTRO	CF P41 FT	94,0	94,0	1,00	30,00	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	31,21	
FT	TRAVE	CT P56-P57 FT	94,0	94,0	1,00	28,70	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	33,70	
FT	TRAVE	CT P26-P27 FT	94,0	94,0	1,00	30,30	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	34,32	
FT	PILASTRO	CF P26 FT	94,0	94,0	1,00	24,40	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26,62	
FT	TRAVE	CT P25-P28 FT	94,0	94,0	1,00	23,00	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	25,41	
FT	PILASTRO	CF P52 FT	94,0	94,0	1,00	22,30	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	23,77	
FT	TRAVE	CT P32-P40 FT	94,0	94,0	1,00	30,40	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	34,60	
FT	PILASTRO	CF P28 FT	94,0	94,0	1,00	22,70	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	27,47	
n° campioni		20			media	24,25											R <sub>0,100000</sub>	32,34

Tabella 8 – Risultati provini calcestruzzo

Sui 20 campioni è stato fatto uno studio statistico per analizzare l'omogeneità dei risultati. Dopo aver calcolato lo scarto quadratico ( $\sigma$ ), la media ( $\mu$ ) ed il loro rapporto ovvero il coefficiente di variazione (CV), si è posto come limite di accettabilità il valore di CV pari a 0.25 per attestare l'omogeneità dei risultati e l'adeguatezza del numero di indagini in Fase 1. Nel caso in esame si è ottenuto un CV pari a  $0.18 < 0.25$  e per tale motivo non si è proceduto ad effettuare le indagini della Fase 2.

Risultati ottenuti		Media ( $\mu$ )
1	25,00	24,25
2	26,80	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	23,50	19,35
4	21,80	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
5	30,70	4,40
6	27,00	$\mu + 2\sigma$
7	25,40	33,05
8	34,90	$\mu - 2\sigma$
9	22,10	15,45
10	24,70	$\sigma/\mu$
11	17,20	0,18
12	17,30	
13	30,00	
14	28,70	
15	20,10	
16	24,40	
17	21,00	
18	21,30	
19	20,40	
20	22,70	

Tabella 9 – Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{24.47}{1.2 \times 1.5} = 13.59 \text{ N/mm}^2$$

## 5.2. Caratterizzazione dell'acciaio

Le indagini distruttive su campioni metallici hanno permesso di identificare le caratteristiche meccaniche delle barre di armatura.

Nell'impostazione della campagna di indagini, si sono scelti dei punti rappresentativi dello stato complessivo dell'edificio cercando di riflettere al meglio le caratteristiche di variabilità della struttura.

I risultati delle 4 prove eseguite in fase 1 sono stati preliminarmente oggetto di analisi statistica al fine di stabilire la necessità o meno di procedere con le ulteriori indagini di fase 2.

Parimenti a quanto effettuato per le indagini sul calcestruzzo si è verificato che il coefficiente di variazione CV fosse non superiore al valore limite di 0,25. Tutti i parametri dell'indagine statistica sono riassunti nella Tabella 11.

Risultati ottenuti		Media ( $\bar{y}$ )
1	501,1	448,38
2	315,9	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	493,4	5890,66
4	483,1	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
		76,75
		$\bar{y} + 2\sigma$
		601,88
		$\bar{y} - 2\sigma$
		294,87
		$\sigma/\bar{y}$
		0,17

Tabella 10 – Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete

Il valore di CV pari a 0,17 ottenuto, consente di desumere omogeneità dei risultati in termini di tensione di snervamento. Ciò ha portato a ritenere il numero di prove sufficiente a determinare con buona attendibilità il valore medio della tensione di snervamento senza dover procedere alle ulteriori prove previste nella fase 2.

Sii è proceduto quindi ad estrarre il valore medio come risulta dalla tabella seguente:

TRAZIONE BARRE								
LIVELLO	DEN.	DIAM.	ELEMENTO	Fy (N/mm2)	Ft (N/mm2)	ALL.A5%	ALL.Agt%	Ft/Fy
PT	BT P47-P48 PT	12	T 47-48	501,1	602,2	18,8	7,7	1,20
PT	BP P26 PT	14	PIL 26	315,9	441,9	19,7	7,9	1,40
INT	BT P61-P62 P INT	12	T 61-62	493,4	601,1	19,0	7,5	1,22
INT	BP P56 P INT	14	PIL 56	483,1	563,7	19,8	8,6	1,17
			MEDIA	448,4	552,2			1,2

Tabella 11 – Risultati prove acciaio

Dalla tabella si evince che l'acciaio ad aderenza migliorata utilizzato all'epoca di costruzione dell'edificio ha caratteristiche non inferiori a FeB38K.

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio:

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \times \gamma_m} = \frac{448.40}{1.2 \times 1.15} = 324.93 \text{ N/mm}^2$$

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica.....	1
Figura 2 – Foto eseguita con la termocamera .....	2
Figura 3 – Inquadramento lotto di interesse.....	3
Figura 4 - Prospetto esterno sud-ovest (ingresso).....	3
Figura 5 – Schema carpenteria primo impalcato (piano cantinato).....	4
Figura 6 – Schema carpenteria secondo impalcato (piano terra) .....	5

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Tabella valori dimensionali.....	5
Tabella 2 –Percentuali pilastri indagati al piano seminterrato (91.57%) .....	10
Tabella 3 –Percentuali pilastri indagati al piano terra (89.47%).....	11
Tabella 4 –Percentuali travi indagate al piano interrato (92.55%) .....	11
Tabella 5 –Percentuali travi indagate al piano terra (91.84%) .....	11
Tabella 6 – Quadro sinottico piano di indagine.....	12
Tabella 7 – Risultati prove di compressione .....	14
Tabella 8 – Risultati provini calcestruzzo .....	16
Tabella 9 – Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete .....	16
Tabella 10 – Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete .....	18
Tabella 11 – Risultati prove acciaio .....	18



## COMUNE DI NAPOLI

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



- ELABORATO: Fase2\_RRI\_01 ► OGGETTO: Relazione dei risultati delle indagini  
► SCALA: / ► DATA: 11/11/2021 ► REV: [0]

### ► RTP

#### Capogruppo e coordinatore scientifico:

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

PROGEN s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. FABIO NERI

#### Professionisti responsabili strutturali e della calcolazione delle strutture:

Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

PLANIR srl  
Amministratore Unico  
Dot. Ing. Placido Impollonia

#### Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:

Geol. Sergio Dolfin

#### Professionisti collaboratori tecnici:

Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

#### Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:

Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)

#### Esecuzione indagini strutturali geognostiche:

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

#### Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

#### Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

#### Gestione informativa del servizio:

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

### ► STAZIONE APPALTANTE

#### D.E.C.

Ing. Marianna Vanacore

#### R.U.P.

Arch. Alfonso Ghezzi

**14° C.D. Asilo nido Acquarola  
Strada Comunale Acquarola, 20**

RELAZIONE TECNICA  
INDAGINI STRUTTURALI

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1	TIPOLOGIA E CONSISTENZA DEGLI ACCERTAMENTI ESEGUITI .....	4
1.2	ALLEGATI .....	4
<b>2</b>	<b>INDAGINI PACOMETRICHE .....</b>	<b>5</b>
2.1	GENERALITÀ .....	5
2.2	RISULTATI DELLE PROVE .....	7
2.2.1	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano seminterrato .....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano terra .....</i>	<i>20</i>
<b>3</b>	<b>SAGGI SUI SOLAI .....</b>	<b>30</b>
3.1	GENERALITÀ .....	30
3.1.1	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano seminterrato.....</i>	<i>31</i>
3.1.2	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano terra.....</i>	<i>32</i>
<b>4</b>	<b>PROVE SU CALCESTRUZZO .....</b>	<b>33</b>
4.1	GENERALITÀ .....	33
4.2	PRELIEVI DI CAMPIONI E PROVE DI CARBONATAZIONE .....	33
4.2.1	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano seminterrato .....</i>	<i>36</i>
4.2.2	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano terra.....</i>	<i>41</i>
4.3	PROVE DI COMPRESSIONE IN LABORATORIO.....	46
<b>5</b>	<b>ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA.....</b>	<b>48</b>
5.1	GENERALITÀ .....	48
5.1.1	<i>Dettagli dei prelievi di barra di armatura eseguiti al piano seminterrato.....</i>	<i>49</i>
5.1.2	<i>Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano terra .....</i>	<i>50</i>
5.2	RISULTATI DI LABORATORIO .....	51
<b>6</b>	<b>ULTERIORI INDAGINI.....</b>	<b>52</b>
6.1	GENERALITÀ .....	52
6.2	RISULTATI DELLE PROVE .....	53

## 1 INTRODUZIONE

Il presente Rapporto di Prova ha per oggetto le indagini strutturali eseguite sull'edificio scolastico 14° C.D. Asilo nido Acquarola ubicato a Napoli, Strada Comunale Acquarola n. 20, nel quartiere di Secondigliano (Figura 1).



*Figura 1: inquadramento edificio oggetto delle indagini*

L'edificio scolastico che ospita l'asilo nido del 14° Circolo Didattico Asilo Nido Acquarola si compone di n. 1 corpo di fabbrica, con struttura resistente in c.a. e solai in c.a. e laterizi.

Il corpo di fabbrica si articola in due livelli, di cui uno seminterrato e uno fuori terra. Il piano cantinato, oggi abbandonato e pertanto non utilizzato ai fini dell'attività didattica, è accessibile tramite una rampa esterna, posta a sud del fabbricato. Il piano superiore, ovvero il piano terra, è, invece, adibito all'attività didattica e vi si può accedere dall'ingresso principale della scuola, posto a sud del fabbricato, e da un insieme di accessi dislocati lungo tutto il perimetro della struttura.

Gli accertamenti strutturali di che trattasi, sono stati affidati alla scrivente L&R Laboratori e Ricerche s.r.l. con sede in via Pablo Picasso 2 – San Giovanni La Punta (CT), in qualità di impresa facente parte del gruppo aggiudicatario della gara e sono stati eseguiti in cantiere dal 02 al 04 agosto 2021 dai tecnici L&R sotto la supervisione dell'Ing. Claudia Maccarrone

### **1.1 Tipologia e consistenza degli accertamenti eseguiti**

Sono state eseguite indagini magnetotermiche con pacometro, saggi sui solai, carotaggi su calcestruzzo, prelievi di armatura e saggi visivi su muratura di cui si rimanda ai dettagli nei paragrafi successivi.

### **1.2 Allegati**

Formano parte integrante della presente relazione le tavole allegate che riportano le ubicazioni delle indagini eseguite, di cui di seguito in elenco:

- Fase 2-RR102 Ubicazione delle indagini - Carpenteria 1° Impalcato;
- Fase 2-RR103 Ubicazione delle indagini - Carpenteria 2° Impalcato;
- Certificati di laboratorio 1137/21-o/p.

## 2 INDAGINI PACOMETRICHE

### 2.1 Generalità

Per approfondire la conoscenza di alcuni elementi strutturali sono state eseguite delle indagini pacometriche approfondite in alcuni casi dai saggi visivi.

Complessivamente sono state eseguite 41 pacometrie saggi come di seguito dettagliato:

1. P<sub>11</sub> Pacometria Pilastro 11 Piano seminterrato
2. P<sub>6</sub> Pacometria Pilastro 6 Piano seminterrato
3. P<sub>31</sub> Pacometria Pilastro 31 Piano seminterrato
4. P<sub>61</sub> Pacometria Pilastro 61 Piano seminterrato
5. P<sub>22</sub> Pacometria Pilastro 22 Piano seminterrato
6. P<sub>52</sub> Pacometria Pilastro 52 Piano seminterrato
7. P<sub>57</sub> Pacometria Pilastro 57 Piano seminterrato
8. P<sub>55</sub> Pacometria Pilastro 55 Piano seminterrato
9. P<sub>19</sub> Pacometria Pilastro 19 Piano seminterrato
10. P<sub>56</sub> Pacometria Pilastro 56 Piano seminterrato
11. P<sub>46</sub> Pacometria Pilastro 46 Piano seminterrato
12. P<sub>64</sub> Pacometria Pilastro 64 Piano seminterrato
13. P<sub>17</sub> Pacometria Pilastro 17 Piano seminterrato
14. P<sub>2-7</sub> Pacometria Trave 2-7 Piano seminterrato
15. P<sub>12-13</sub> Pacometria Trave 12-13 Piano seminterrato
16. P<sub>15-16</sub> Pacometria Trave 15-16 Piano seminterrato
17. P<sub>56-57</sub> Pacometria Trave 56-57 Piano seminterrato
18. P<sub>14-15</sub> Pacometria Trave 14-15 Piano seminterrato
19. P<sub>61-62</sub> Pacometria Trave 61-62 Piano seminterrato
20. P<sub>73-79</sub> Pacometria Trave 73-79 Piano seminterrato
21. P<sub>46-47</sub> Pacometria Trave 46-47 Piano seminterrato
22. P<sub>54-55</sub> Pacometria Trave 54-55 Piano seminterrato
23. P<sub>32-40</sub> Pacometria Trave 32-40 Piano seminterrato
24. P<sub>36</sub> Pacometria Pilastro 36 Piano terra
25. P<sub>41</sub> Pacometria Pilastro 41 Piano terra
26. P<sub>34</sub> Pacometria Pilastro 34 Piano terra
27. P<sub>64</sub> Pacometria Pilastro 64 Piano terra
28. P<sub>61</sub> Pacometria Pilastro 61 Piano terra
29. P<sub>52</sub> Pacometria Pilastro 52 Piano terra
30. P<sub>46</sub> Pacometria Pilastro 46 Piano terra
31. P<sub>76</sub> Pacometria Pilastro 76 Piano terra
32. P<sub>26</sub> Pacometria Pilastro 26 Piano terra
33. P<sub>25</sub> Pacometria Pilastro 25 Piano terra

34. P <sub>25-26</sub>	Pacometria Trave 25-26 Piano terra
35. P <sub>18-27</sub>	Pacometria Trave 18-27 Piano terra
36. P <sub>62-63</sub>	Pacometria Trave 62-63 Piano terra
37. P <sub>56-57</sub>	Pacometria Trave 56-57 Piano terra
38. P <sub>46-47</sub>	Pacometria Trave 46-47 Piano terra
39. P <sub>12-13</sub>	Pacometria Trave 12-13 Piano terra
40. P <sub>32-40</sub>	Pacometria Trave 32-40 Piano terra
41. P <sub>64-65</sub>	Pacometria Trave 64-65 Piano terra

Le pacometrie sono state eseguite mediante l'impiego di:

- Pacometro COVERMASTER ELCOMETER P331-H

I saggi di armatura e i rilievi geometrici sono stati eseguiti mediante l'impiego di:

- Martello demolitore HILTI mod. TE50;
- Calibro centesimale.
- Trapano

## 2.2 Risultati delle prove

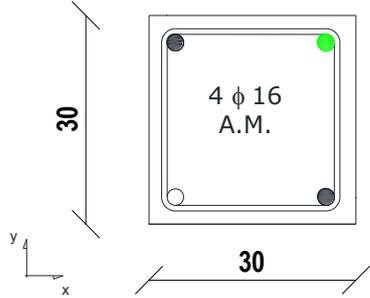
Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle indagini pacometriche e dei saggi strutturali eseguiti sui vari elementi. Nelle schede i vari elementi sono riportati in sezione trasversale dove sono indicate le barre di armatura individuate nell'indagine. Per quanto riguarda la simbologia adottata si faccia riferimento a quanto segue:

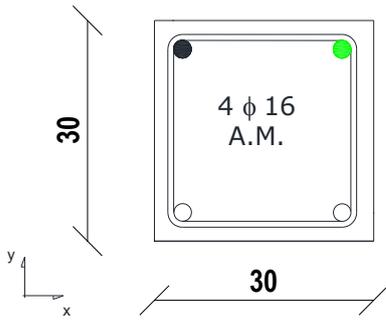
LEGENDA INDAGINI PACOMETRICHE	
●	BARRA DI ARMATURA RILEVATA DALL'INDAGINE STRUMENTALE
○	BARRA DI ARMATURA CON PRESENZA IPOTIZZATA
●	BARRA DI ARMATURA RISCONTRATA DA SAGGIO VISIVO
●	BARRA DI ARMATURA PRELEVATA PER INDAGINE DI LABORATORIO

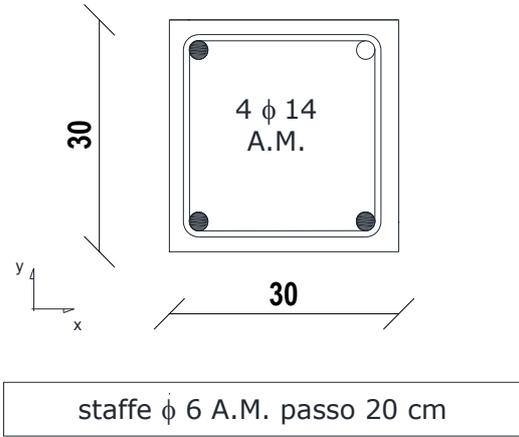
**Tabella 1. Legenda indagini pacometriche**

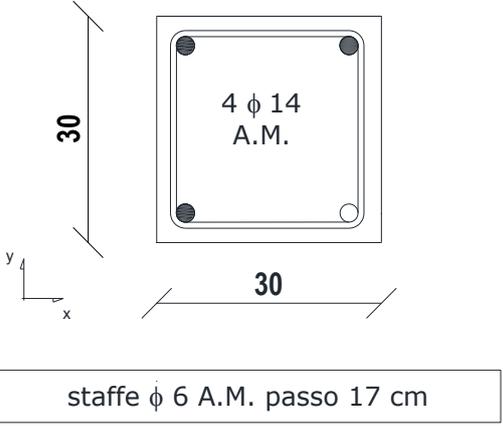
Il passo delle staffe è riportato come valore medio su almeno 5 staffe

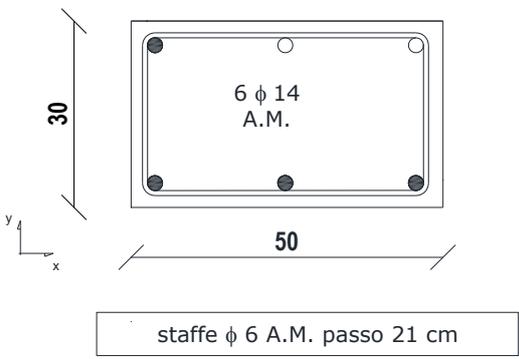
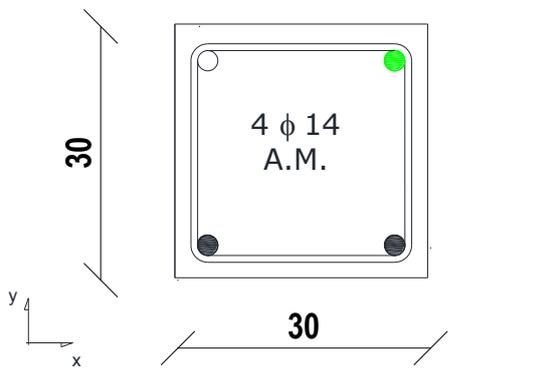
## 2.2.1 Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano seminterrato

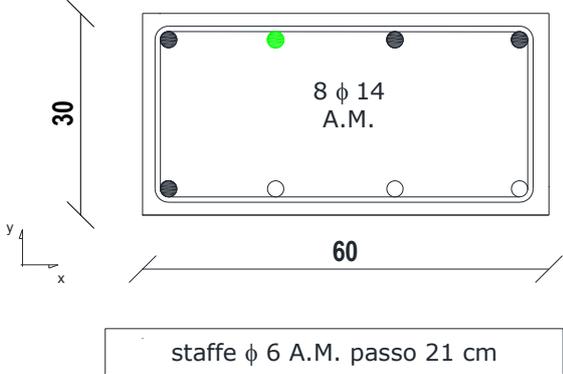
codice	P6	Piano/livello	seminterrato
	 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 16 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 19 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 6</p>		

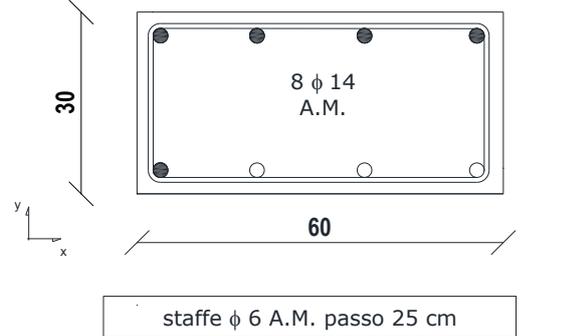
codice	P11	Piano/livello	seminterrato
	 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 16 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 19 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 11</p>	N.D.	

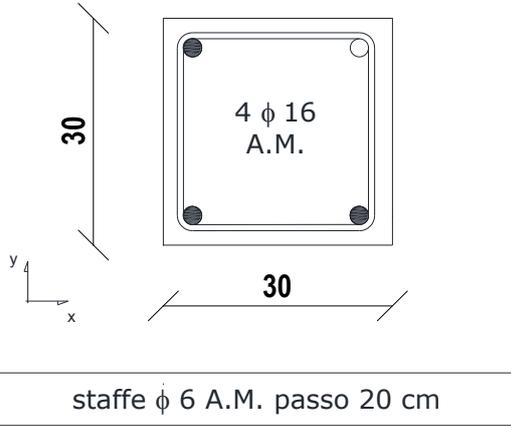
codice	P17	Piano/livello	seminterrato
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 20 cm</p>		
<p><b>NOTA:</b> Il pilastro è stato erroneamente denominato P18. Trattasi invece del pilastro P17.</p>			

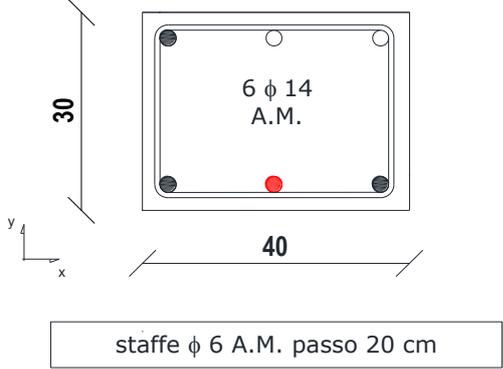
codice	P19	Piano/livello	seminterrato
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 17 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 19</p>		

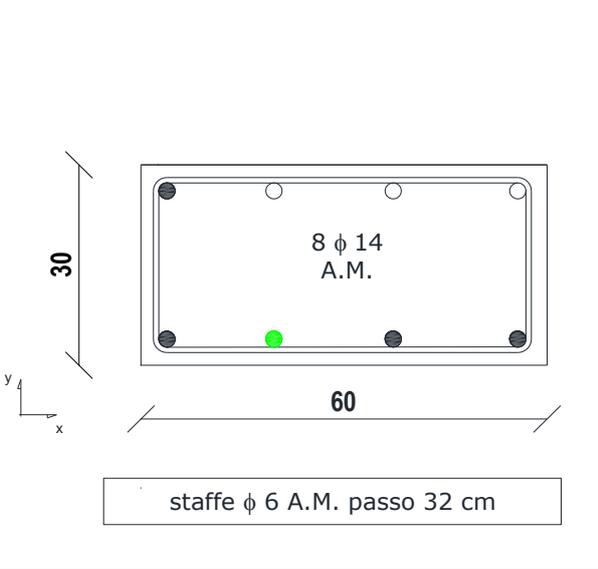
codice	P22	Piano/livello	seminterrato
 <p>30</p> <p>50</p> <p>6 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 21 cm</p>	N.D.		
codice	P31	Piano/livello	seminterrato
 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 19 cm</p>			
<p><u>NOTA:</u> Armatura estremamente corrosa</p>			

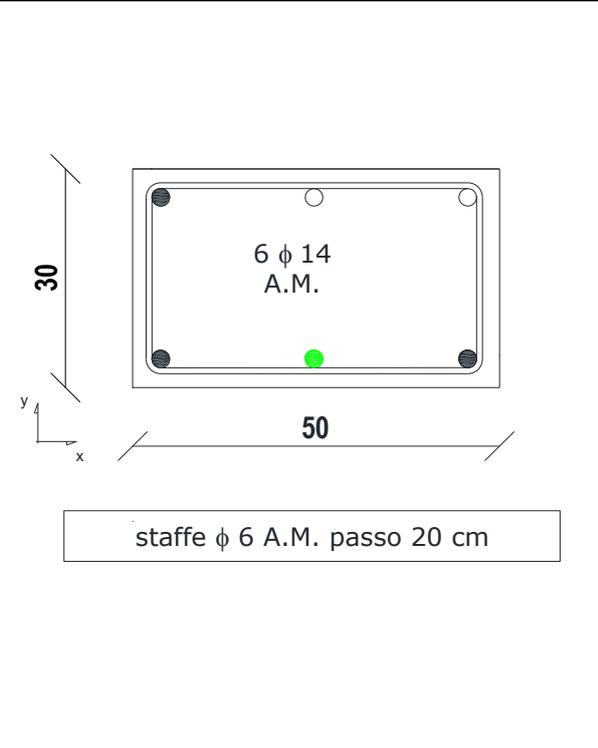
codice	P46	Piano/livello	seminterrato
 <p>The drawing shows a rectangular reinforcement layout with dimensions 60 cm by 30 cm. It features 8 bars of diameter 14 mm (8 <math>\phi</math> 14 A.M.). The bars are arranged in two rows of four. The top row bars are solid black circles, and the bottom row bars are hollow white circles. A green dot is located at the top center. A box below the drawing specifies 'staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 21 cm'. A coordinate system with x and y axes is shown at the bottom left.</p>		 <p>A photograph showing a person in a grey t-shirt using a measuring tool on a vertical concrete column. The column has a white protective covering. A blue label with the code 'P46' is visible on the column.</p>	

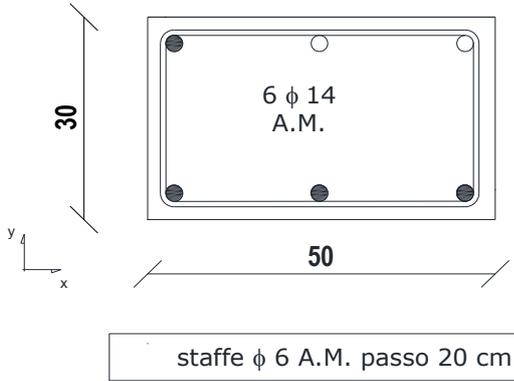
codice	P52	Piano/livello	seminterrato
 <p>The drawing shows a rectangular reinforcement layout with dimensions 60 cm by 30 cm. It features 8 bars of diameter 14 mm (8 <math>\phi</math> 14 A.M.). The bars are arranged in two rows of four. The top row bars are solid black circles, and the bottom row bars are hollow white circles. A box below the drawing specifies 'staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 25 cm'. A coordinate system with x and y axes is shown at the bottom left.</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO Cp 52</p>		 <p>A photograph showing a person's hand holding a measuring tool against a vertical concrete column. The column has a white protective covering. A blue label with the code 'P52' is visible on the column.</p>	

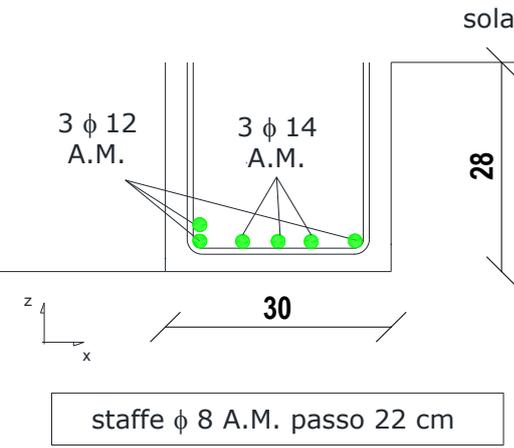
codice	P55	Piano/livello	seminterrato
	 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 16 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 20 cm</p>		

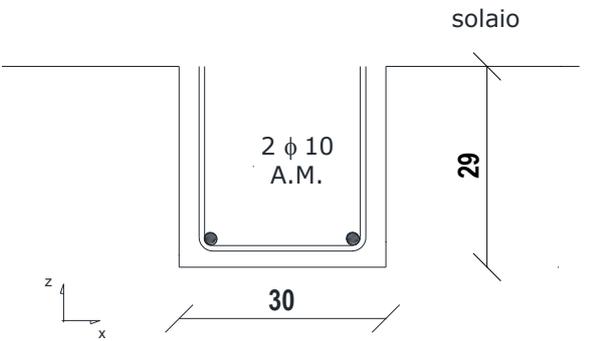
codice	P56	Piano/livello	seminterrato
	 <p>30</p> <p>40</p> <p>6 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 20 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bp 56 Cp 56</p>		

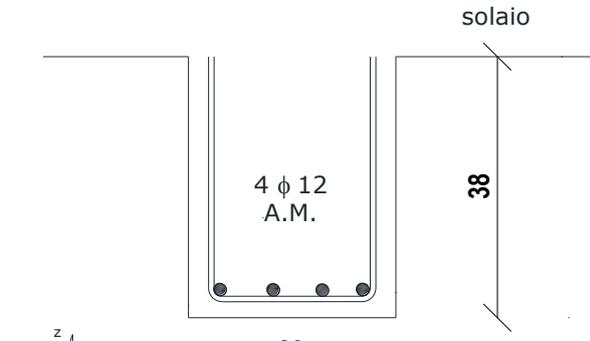
<i>codice</i>	<b>P57</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			

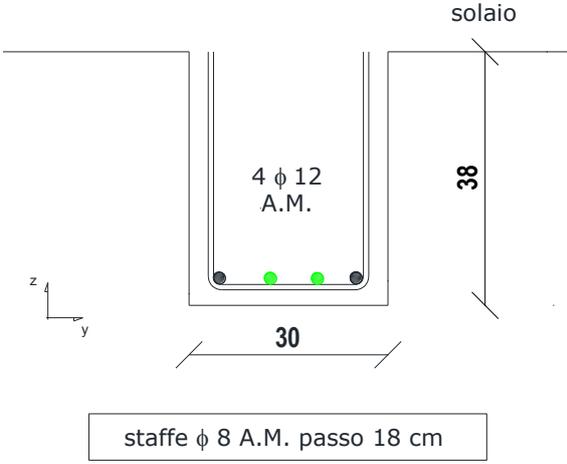
<i>codice</i>	<b>P61</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			

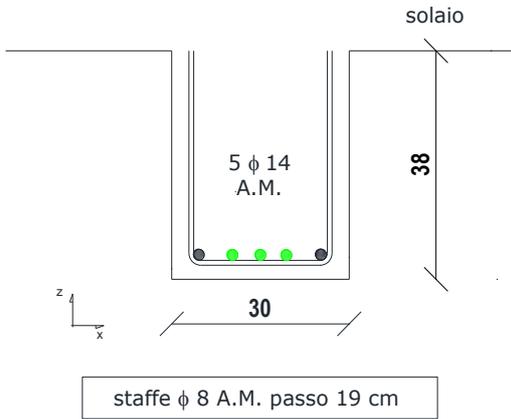
codice	P64	Piano/livello	seminterrato
 <p>30</p> <p>50</p> <p>6 φ 14 A.M.</p> <p>staffe φ 6 A.M. passo 20 cm</p>			

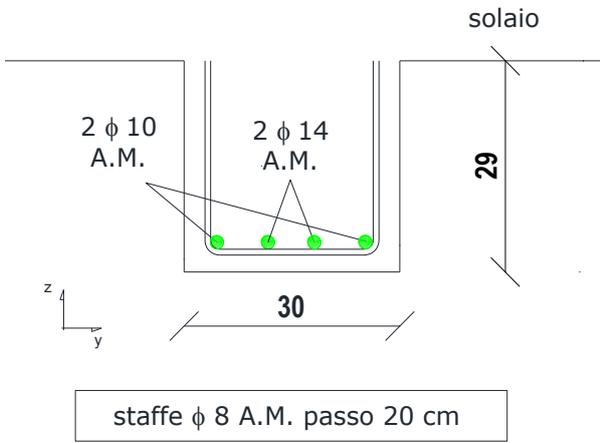
codice	P 2-7	Piano/livello	seminterrato
 <p>solaio</p> <p>28</p> <p>30</p> <p>3 φ 12 A.M.</p> <p>3 φ 14 A.M.</p> <p>staffe φ 8 A.M. passo 22 cm</p>			

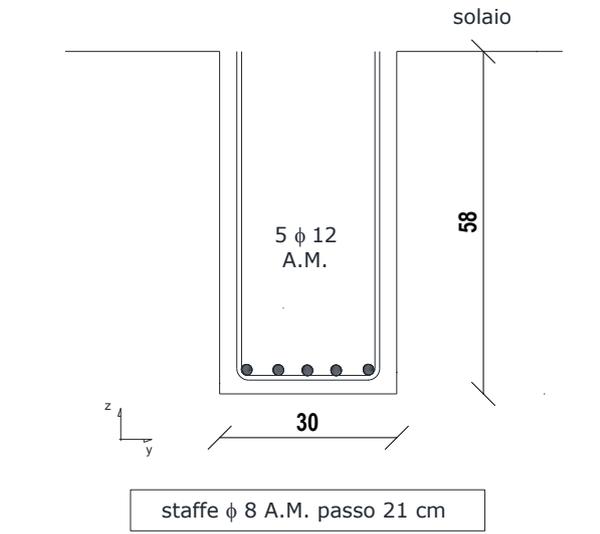
codice	P12-13	Piano/livello	seminterrato
 <p>The drawing shows a U-shaped reinforcement element with a width of 30 cm and a height of 29 cm. It contains two longitudinal bars of diameter 10 mm (2 <math>\phi</math> 10 A.M.). The reinforcement is placed below a slab (solaio). A coordinate system with x and z axes is shown. A box below the drawing specifies: staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 25 cm.</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 12-13</p>		 <p>A photograph showing a worker in a grey shirt and blue pants working on the reinforcement element. The worker is positioned on the element, which is part of a larger structure. The background shows a concrete wall and other structural elements.</p>	

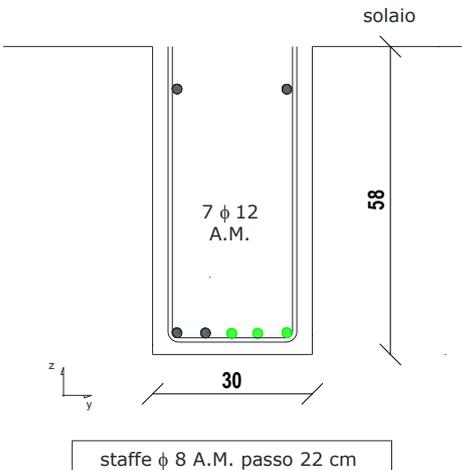
codice	P14-15	Piano/livello	seminterrato
 <p>The drawing shows a U-shaped reinforcement element with a width of 30 cm and a height of 38 cm. It contains four longitudinal bars of diameter 12 mm (4 <math>\phi</math> 12 A.M.). The reinforcement is placed below a slab (solaio). A coordinate system with y and z axes is shown. A box below the drawing specifies: staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 24 cm.</p>		 <p>A photograph showing a worker in a grey shirt and blue pants working on the reinforcement element. The worker is positioned on the element, which is part of a larger structure. The background shows a concrete wall and other structural elements.</p>	

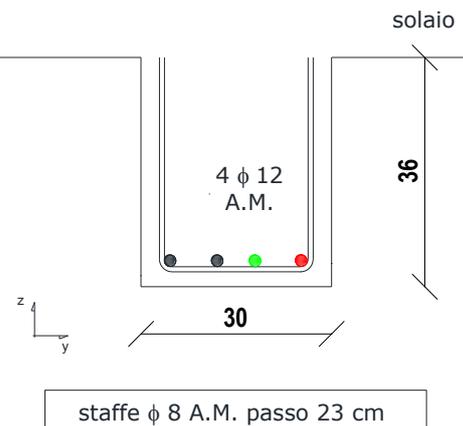
codice	P15-16	Piano/livello	seminterrato
 <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 18 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 15-16</p>			

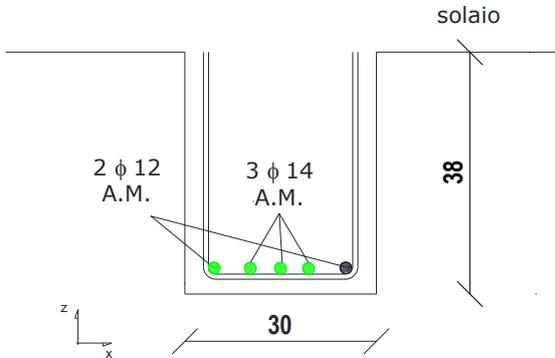
codice	P32-40	Piano/livello	seminterrato
 <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 19 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 32-40</p>			

codice	P46-47	Piano/livello	seminterrato
			

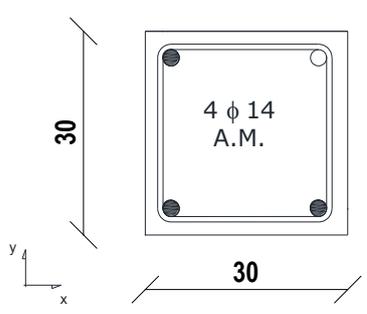
codice	P54-55	Piano/livello	seminterrato
			

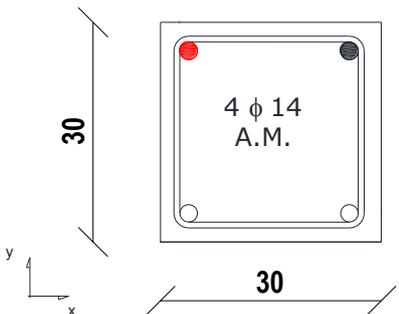
codice	P56-57	Piano/livello	seminterrato
 <p>soffitto</p> <p>7 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>58</p> <p>30</p> <p>z y</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 22 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 56-57</p>			

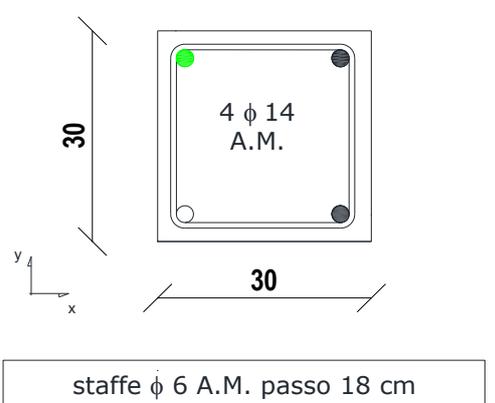
codice	P61-62	Piano/livello	seminterrato
 <p>soffitto</p> <p>4 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>36</p> <p>30</p> <p>z y</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 23 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bt 61-62</p>			

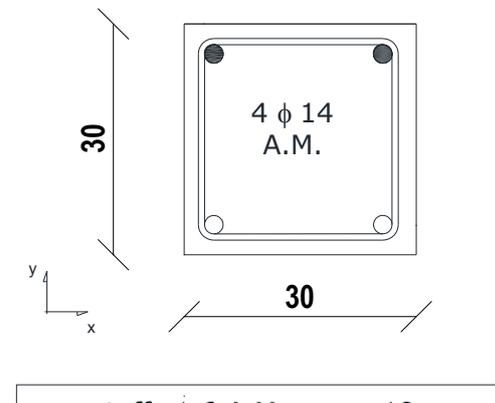
codice	P73-79	Piano/livello	seminterrato
 <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 20 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 73-79</p>			

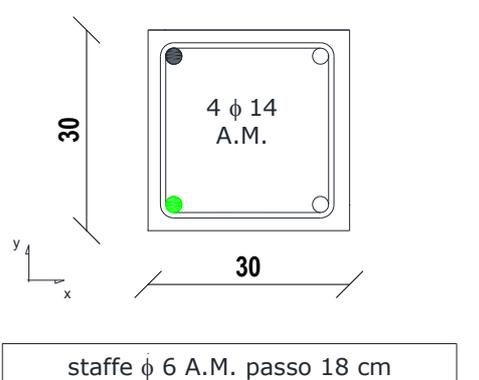
## 2.2.2 Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano terra

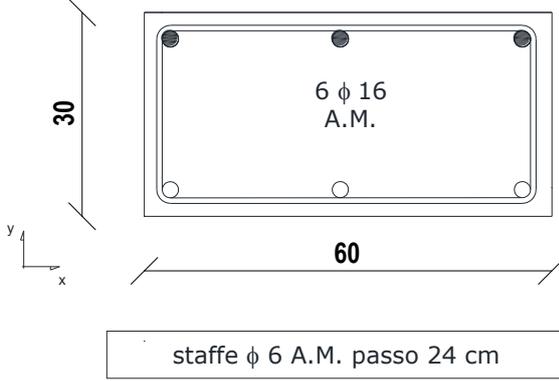
codice	P25	Piano/livello	terra
	 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 21 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 25</p>		

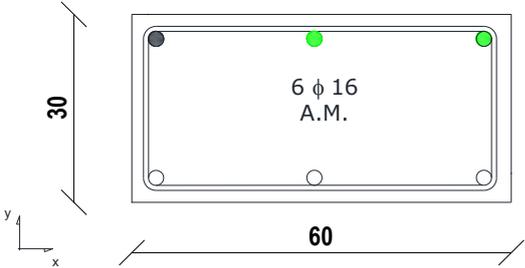
codice	P26	Piano/livello	terra
	 <p>30</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 20 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bt 26</p>		

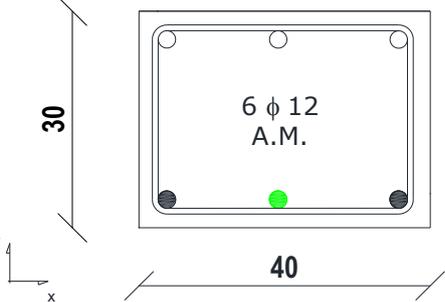
codice	P34	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 18 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 34</p>		

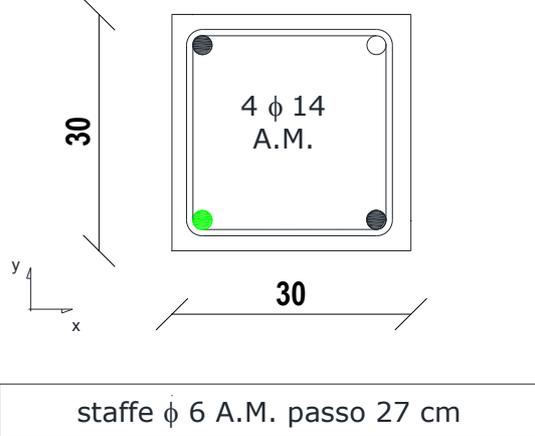
codice	P36	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 19 cm</p>		

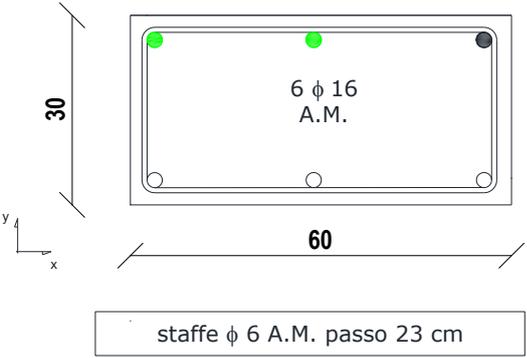
codice	P41	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 18 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 41</p>		

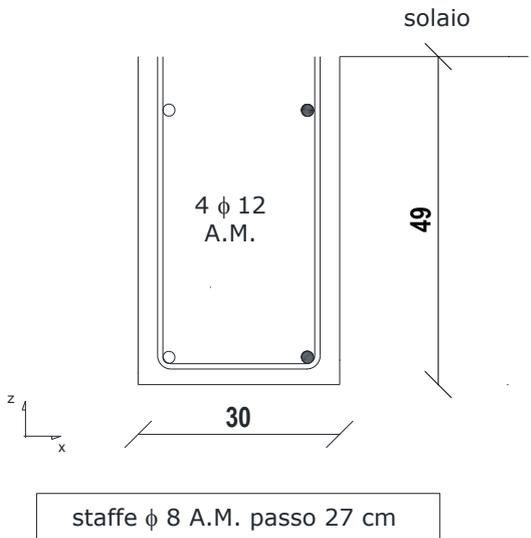
codice	P46	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 24 cm</p>		

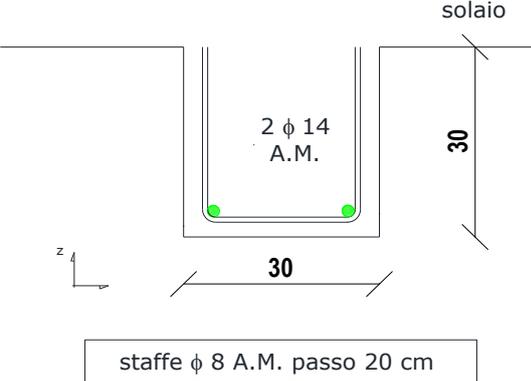
codice	P52	Piano/livello	terra
	 <p style="text-align: center;">6 <math>\phi</math> 16 A.M.</p> <p style="text-align: center;">60</p> <p style="text-align: center;">30</p> <p style="text-align: center;">staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 21 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 52</p>		

codice	P61	Piano/livello	terra
	 <p style="text-align: center;">6 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p style="text-align: center;">40</p> <p style="text-align: center;">30</p> <p style="text-align: center;">staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 25 cm</p>		

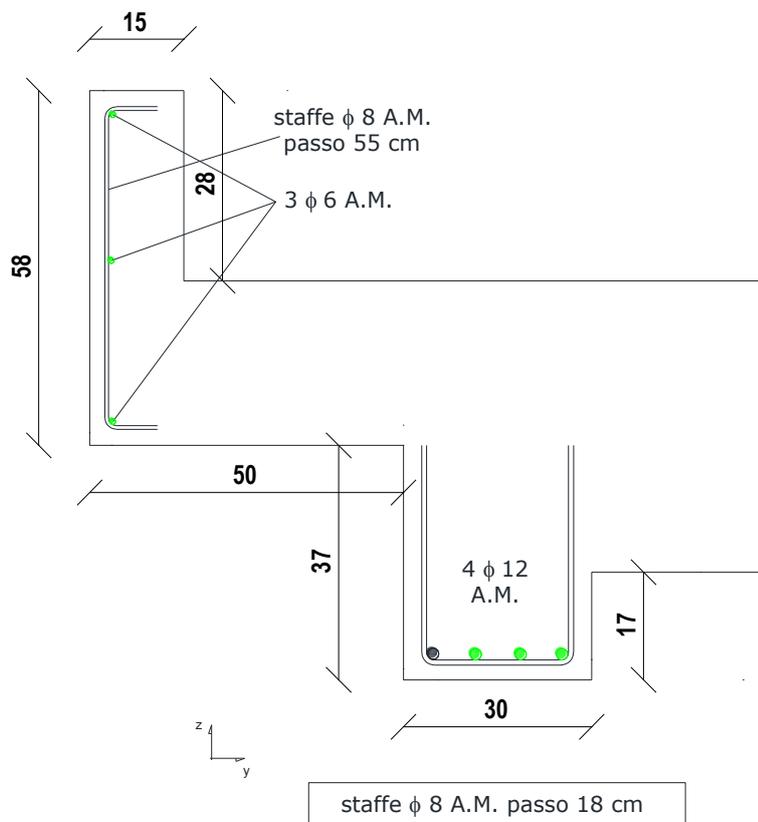
codice	P64	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 27 cm</p>		

codice	P76	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 6 A.M. passo 23 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 76</p>		

codice	P12-13	Piano/livello	terra
	 <p>4 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>30</p> <p>49</p> <p>solaio</p> <p>z</p> <p>x</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 27 cm</p>		

codice	P18-27	Piano/livello	terra
	 <p>2 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>30</p> <p>30</p> <p>solaio</p> <p>z</p> <p>x</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 20 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 18-27</p>		

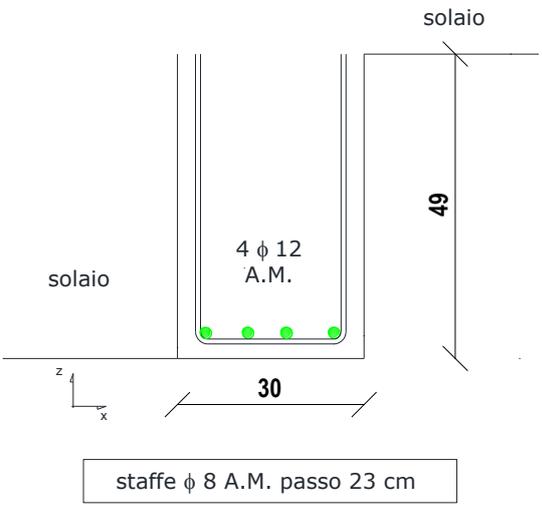
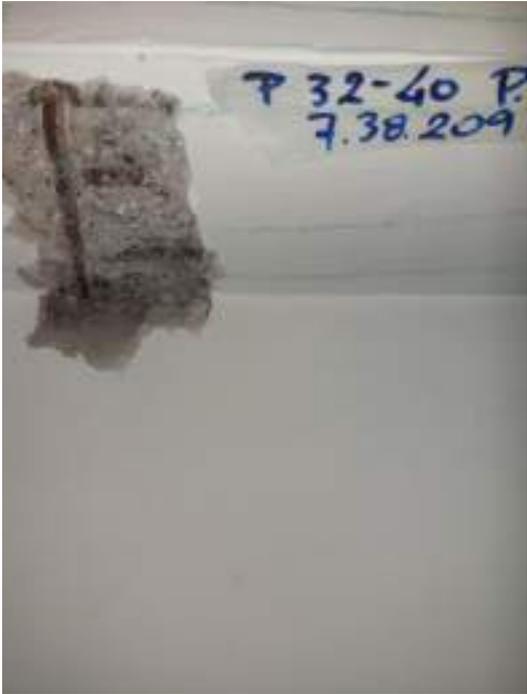
codice	P25-26	Piano/livello	terra
--------	--------	---------------	-------

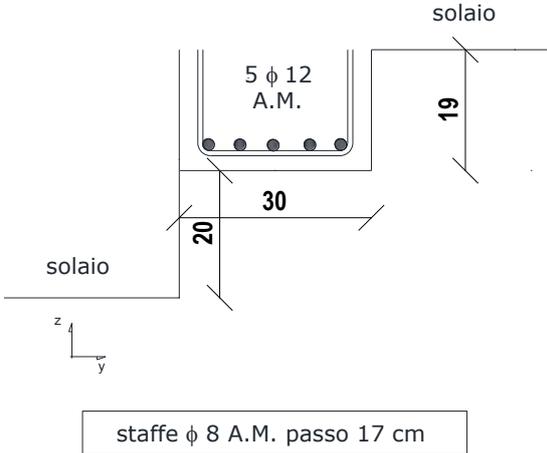


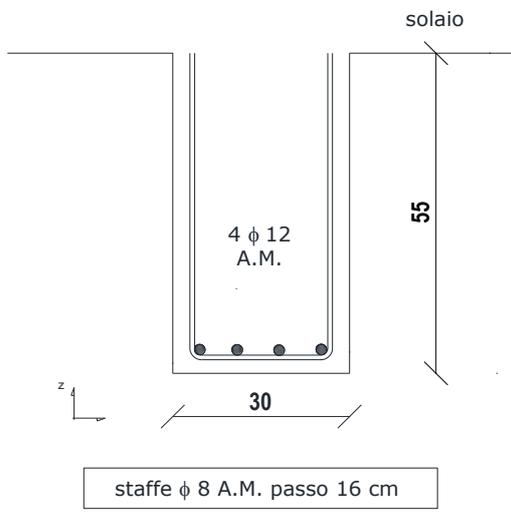
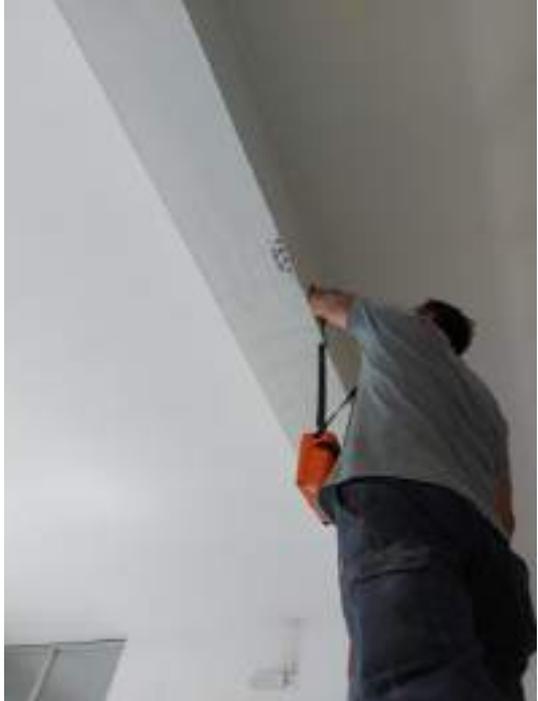
ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO:  
Ct 25-26

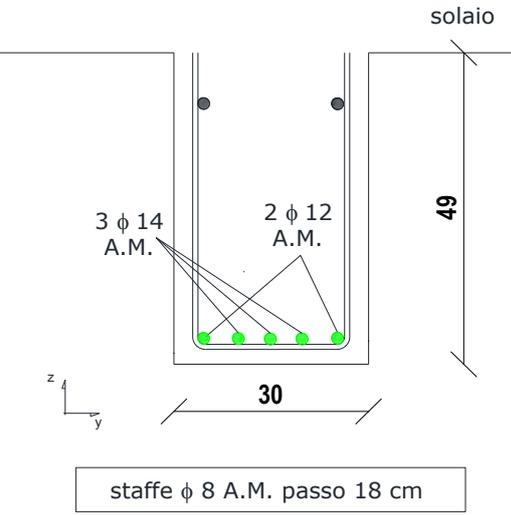
**NOTA** Oltre all'indagine pacometrica sulla trave 25-26 è stata eseguita una verifica con saggio visivo per l'individuazione tipologica del parapetto (risultato essere realizzato in cls)

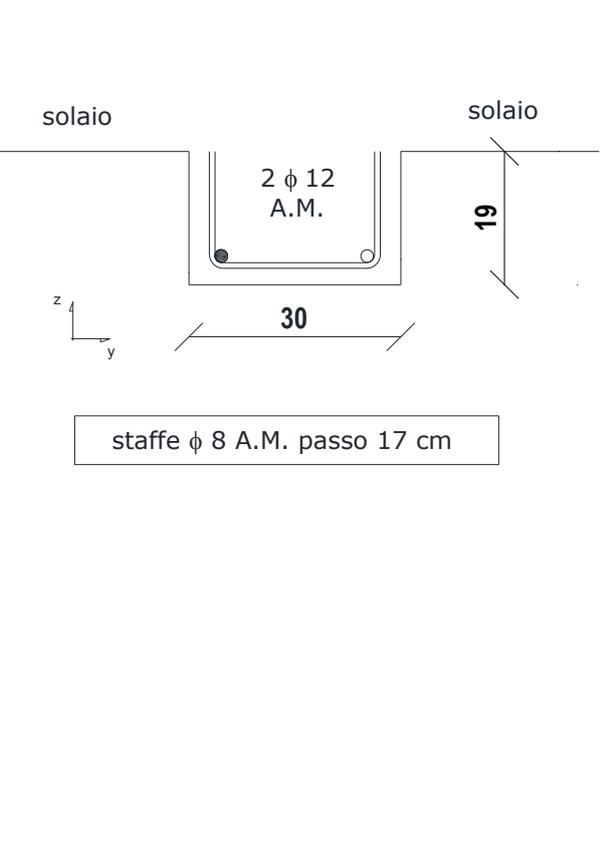


codice	P32-40	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 23 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 32-40</p>		

codice	P46-47	Piano/livello	terra
	 <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 17 cm</p>		

codice	P56-57	Piano/livello	terra
	 <p>solai</p> <p>55</p> <p>30</p> <p>4 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 16 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 56-57</p>		

codice	P62-63	Piano/livello	terra
	 <p>solai</p> <p>49</p> <p>30</p> <p>3 <math>\phi</math> 14 A.M.</p> <p>2 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 18 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 62-63</p>		

codice	P64-65	Piano/livello	terra
 <p>solaio</p> <p>solaio</p> <p>2 <math>\phi</math> 12 A.M.</p> <p>19</p> <p>30</p> <p>z y</p> <p>staffe <math>\phi</math> 8 A.M. passo 17 cm</p>			

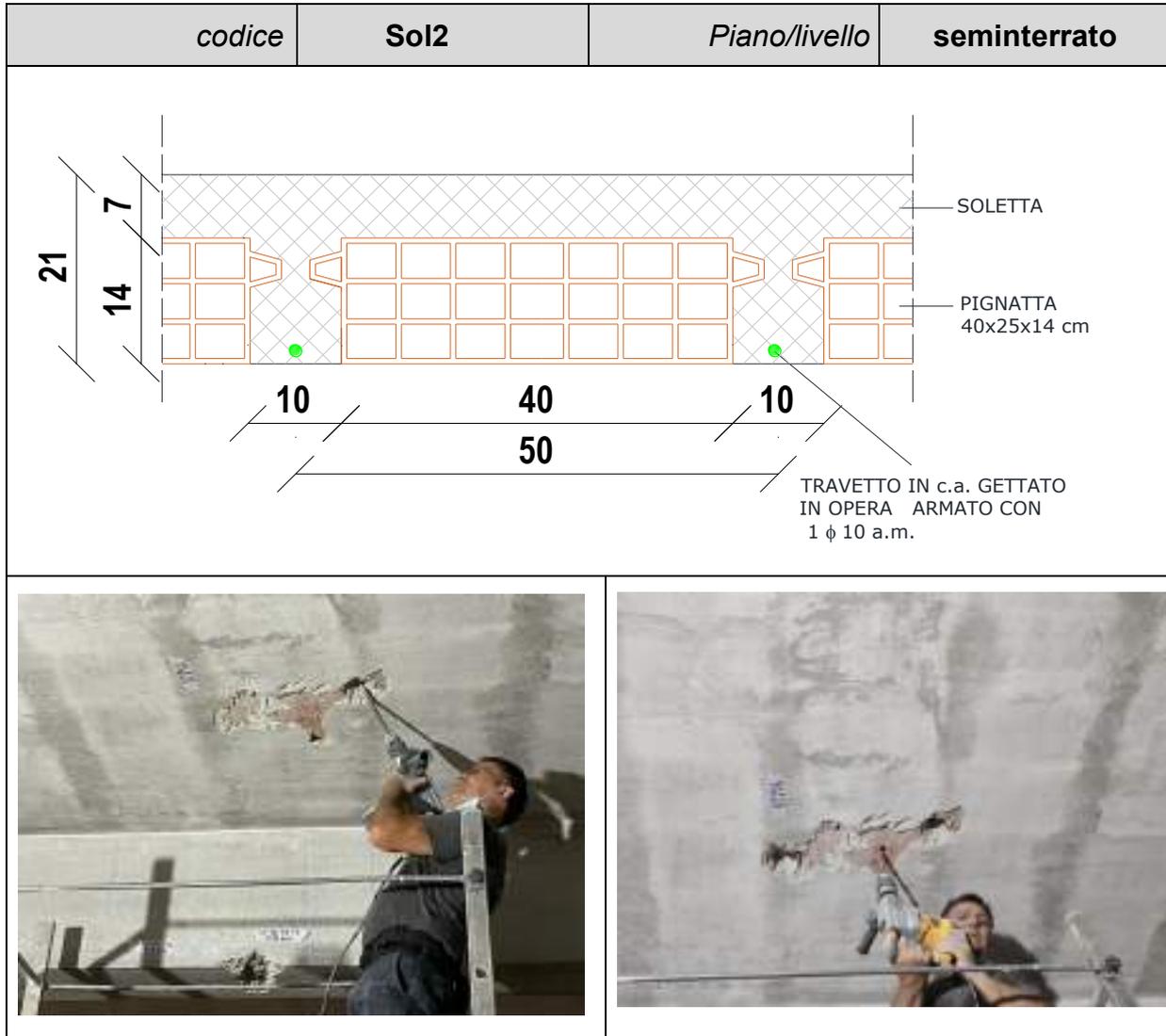
### **3 SAGGI SUI SOLAI**

#### **3.1 Generalità**

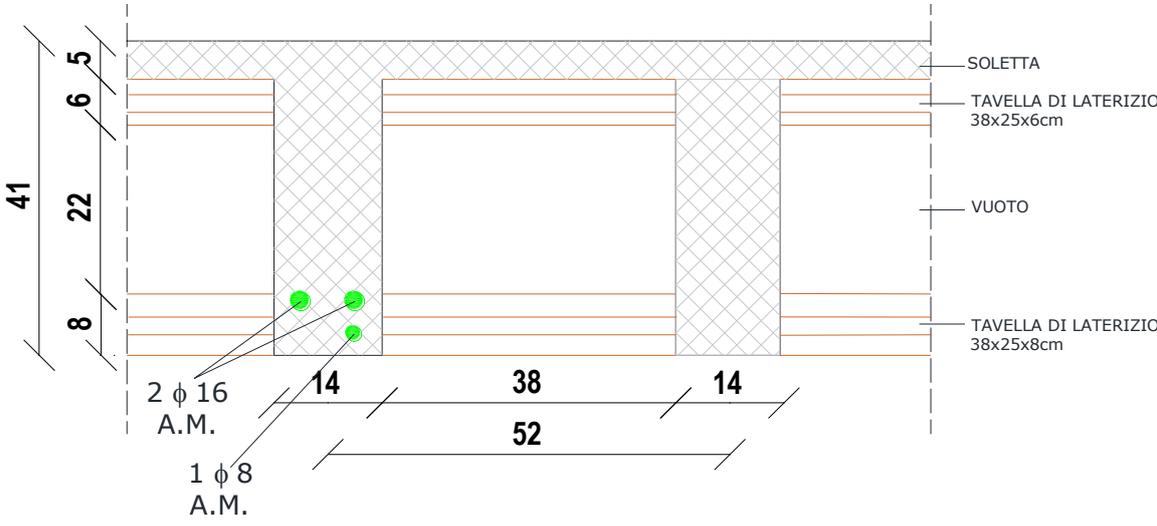
Sono stati eseguiti saggi diretti sui solai mediante l'impiego di tecniche distruttive e non al fine di individuarne la tipologia strutturale e ricostruirne una sezione trasversale. In alcuni casi sono stati eseguiti fori con trapano o carotatrice accompagnati da indagini endoscopiche. Complessivamente sono stati eseguiti 2 saggi come di seguito dettagliato:

- |         |   |
|---------|---|
| 1. SOL2 | Saggio su solaio di piano al piano seminterrato |
| 2. SOL1 | Saggio su solaio di piano al piano terra.       |

### 3.1.1 Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano seminterrato



### 3.1.2 Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano terra

codice	Sol1	Piano/livello	terra
			
			
 <p data-bbox="335 1915 399 1948">0 cm</p>	 <p data-bbox="750 1915 829 1948">15 cm</p>	 <p data-bbox="1133 1915 1212 1948">25 cm</p>	

## **4 PROVE SU CALCESTRUZZO**

### **4.1 Generalità**

Per la valutazione dello stato di conservazione e delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono stati effettuati, tramite carotaggio, prelievi di campioni dai vari elementi strutturali (travi e pilastri).

Complessivamente sono state eseguiti n°20 carotaggi con corona di diametro pari a 100 mm sugli elementi strutturali indicati nelle planimetrie, prelevando da ciascuno di essi una carota su cui sono state effettuate le successive indagini per la valutazione dello stato di conservazione (prove di carbonatazione) e della resistenza meccanica allo schiacciamento (prove di compressione in laboratorio).

Effettuato il prelievo, a completamento delle indagini, tutti i fori sono stati ripristinati con malta tissotropica premiscelata antiritiro per il ripristino del cls e finitura superficiale con intonaco pronto.

### **4.2 Prelievi di campioni e prove di carbonatazione**

Le prove di carbonatazione vengono eseguite per la determinazione dello spessore carbonatato di sezioni in calcestruzzo, direttamente in situ oppure su campioni estratti. Si tratta di una prova colorimetrica eseguibile ricoprendo la superficie con una soluzione chimica, detta *fenolftaleina*. La soluzione di fenolftaleina subisce un cambiamento di colore, passando dal bianco trasparente al rosso violetto quando la superficie risulta non carbonatata (materiali il cui pH è maggiore di circa 9,2); contrariamente nella superficie carbonatata la soluzione non varia, mantenendo il colore trasparente (valori di pH minori di 9,2).

La verifica della presenza di uno spessore carbonatato su campioni estratti dalle strutture è stata eseguita secondo le prescrizioni fornite dalla norma UNI 9944/92, con l'utilizzazione come indicatore chimico di una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico.

La soluzione è stata applicata direttamente su tutti i campioni di cls prelevati, secondo i piani normali alla superficie esposta all'aria.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei campioni di cls prelevati con l'indicazione della profondità di carbonatazione misurate.

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>DATA PRELIEVO</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>LUNGHEZZA DELLA CAROTA (mm)</b>	<b>DIAMETRO CAROTA (mm)</b>	<b>LUNGHEZZA DI CARBONATAZIONE (cm)</b>
<b>CP P19 P INT</b>	02/08/2021	Pilastro 19 Piano seminterrato	210	100	3,5
<b>CP P11 P INT</b>	02/08/2021	Pilastro 11 Piano seminterrato	160	100	3,5
<b>CP P56 P INT</b>	02/08/2021	Pilastro 56 Piano seminterrato	210	100	4
<b>CT P32- P40 P INT</b>	03/08/2021	Trave 32-40 Piano seminterrato	220	100	8,5
<b>CT P15- P16 P INT</b>	03/08/2021	Trave 15-16 Piano seminterrato	220	100	5,5
<b>CT P56- P57 P INT</b>	03/08/2021	Trave 56-57 Piano seminterrato	230	100	6
<b>CP P6 P INT</b>	02/08/2021	Pilastro 6 Piano seminterrato	210	100	5
<b>CT P73- P79 P INT</b>	03/08/2021	Trave 73-79 Piano seminterrato	230	100	3
<b>CT P12- P13 P INT</b>	03/08/2021	Trave 12-13 Piano seminterrato	220	100	7
<b>CP P52 P INT</b>	02/08/2021	Pilastro 52 Piano seminterrato	210	100	5
<b>CT P62- P63 PT</b>	02/08/2021	Trave 62-63 Piano terra	130	100	8
<b>CP P34 PT</b>	02/08/2021	Pilastro 34 Piano terra	160	100	10
<b>CP P41 PT</b>	02/08/2021	Pilastro 41 Piano terra	200	100	5
<b>CT P56- P57 PT</b>	02/08/2021	Trave 56-57 Piano terra	200	100	6,5
<b>CT P18- P27 PT</b>	02/08/2021	Trave 18-27 Piano terra	180	100	8
<b>CP P25 PT</b>	02/08/2021	Pilastro 25 Piano terra	180	100	0,0
<b>CT 25-26 PT</b>	02/08/2021	Trave 25-26 Piano terra	200	100	8
<b>CP P52 PT</b>	02/08/2021	Pilastro 52 Piano terra	200	100	0,0

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle 10 municipalità.

<b>CT P32- P40 PT</b>	02/08/2021	Trave 32-40 Piano terra	190	100	7,5
<b>CP P76 PT</b>	02/08/2021	Pilastro 76 Piano terra	185	100	5,5

#### 4.2.1 Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano seminterrato

<i>codice</i>	<b>CP P19</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>3,5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CP P11</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>3,5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CP P56</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>4 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT P32-P40</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>8,5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT P15-P16</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5,5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CT P56-P57</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>seminterrato</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>6 cm</b>

codice	CP P6	Piano/livello	seminterrato
			
	carbonatazione		5 cm
codice	CT P73-P79	Piano/livello	seminterrato
N.D.			
	carbonatazione		3 cm

codice	CT P12-P13	Piano/livello	seminterrato
			
carbonatazione		7 cm	

codice	CP P52	Piano/livello	seminterrato
			
carbonatazione		5 cm	

#### 4.2.2 Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano terra

codice	CT P62-P63	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>8 cm</b>

codice	CP P34	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>10 cm</b>

codice	CP P41	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5 cm</b>

codice	CT P56-P57	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>6,5 cm</b>

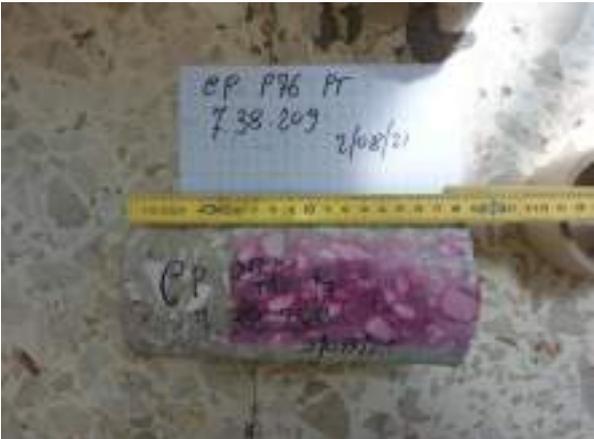
codice	CT P18-P27	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		8 cm	

codice	CP P25	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		0 cm	

codice	CT P25-P26	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		8 cm	

codice	CP P52	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		0 cm	

<i>codice</i>	<b>CT P32-P40</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>7,5 cm</b>

<i>codice</i>	<b>CP P76</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>terra</b>
			
	<i>carbonatazione</i>		<b>5,5 cm</b>

### 4.3 Prove di compressione in laboratorio

La prova su carote di calcestruzzo è un metodo distruttivo che consente di stimare il valore della resistenza a compressione di un conglomerato cementizio attraverso prove di compressione effettuate in laboratorio su provini cilindrici (carote) prelevati in sito mediante macchina carotatrice.

Le carote estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prove di rottura a compressione semplice.

A tal fine da tutte le carote estratte è stato ricavato, mediante taglio con sega circolare con disco diamantato, n.1 provino cilindrico con rapporto h/d = 1 per ciascuna carota.

Tali campioni sono stati successivamente sottoposti a prova di rottura a compressione per la determinazione della resistenza del conglomerato cementizio.

I risultati ottenuti in laboratorio sulle carote di cls sono riportati nel Cert. n° 1137/21-o del 05/10/2021 allegato, rilasciato dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l., e vengono riepilogati nella seguente tabella:

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>DIAMETRO PROVINO (mm)</b>	<b>ALTEZZA PROVINO (mm)</b>	<b>MASSA VOLUMICA (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>RESIST. A COMPR. (N/mm<sup>2</sup>)</b>
<b>CP P19 P INT</b>	Pilastro 19 Piano seminterrato	94	94	2147	25,0
<b>CP P11 P INT</b>	Pilastro 11 Piano seminterrato	94	94	2236	26,8
<b>CP P56 P INT</b>	Pilastro 56 Piano seminterrato	94	94	2109	23,5
<b>CT P32-P40 P INT</b>	Trave 32-40 Piano seminterrato	94	94	2094	21,8
<b>CT P15-P16 P INT</b>	Trave 15-16 Piano seminterrato	94	94	2061	30,7
<b>CT P56-P57 P INT</b>	Trave 56-57 Piano seminterrato	94	94	2041	27,0

<b>CP P6 P INT</b>	Pilastro 6 Piano seminterrato	94	94	2150	25,4
<b>CT P73-P79 P INT</b>	Trave 73-79 Piano seminterrato	94	94	2115	34,9
<b>CT P12-P13 P INT</b>	Trave 12-13 Piano seminterrato	94	94	2081	22,1
<b>CP P52 P INT</b>	Pilastro 52 Piano seminterrato	94	94	2095	24,7
<b>CT P62-P63 PT</b>	Trave 62-63 Piano terra	94	94	1994	17,2
<b>CP P34 PT</b>	Pilastro 34 Piano terra	94	94	2070	17,3
<b>CP P41 PT</b>	Pilastro 41 Piano terra	94	94	2163	30,0
<b>CT P56-P57 PT</b>	Trave 56-57 Piano terra	94	94	2118	28,7
<b>CT P18-P27 PT</b>	Trave 18-27 Piano terra	94	94	1928	20,1
<b>CP P25 PT</b>	Pilastro 25 Piano terra	94	94	2005	24,4
<b>CT P25-P26 PT</b>	Trave 25-26 Piano terra	94	94	1968	21,0
<b>CP P52 PT</b>	Pilastro 52 Piano terra	94	94	2009	21,3
<b>CT P32-P40 PT</b>	Trave 32-40 Piano terra	94	94	2046	20,4
<b>CP P76 PT</b>	Pilastro 76 Piano terra	94	94	2064	22,7

## 5 ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA

### 5.1 Generalità

Al fine di verificare lo stato di conservazione ed il mantenimento delle originarie caratteristiche meccaniche sono state estratte n°4 barre di armatura da diversi elementi strutturali, delle quali si esplicitano le caratteristiche nella seguente tabella:

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>PIANO</b>	<b>DATA PRELIEVO</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>DIAMETRO PROVINO (mm)</b>
<b>BT P47-P48 PT</b>	Terra	2/8/2021	Trave 47-48 Piano Terra	12
<b>BP P26 PT</b>	Terra	2/8/2021	Pilastro 26 Piano Terra	14
<b>BT P61-P62 INT</b>	Seminterrato	3/8/2021	Trave 61-62 Piano seminterrato	12
<b>BP P56 INT</b>	Seminterrato	3/8/2021	Pilastro 56 Piano seminterrato	14

Il prelievo di barre d'armatura è stato eseguito mediante l'impiego di:

- Martello demolitore per frantumazione cls;
- Smerigliatrice elettrica con disco per taglio acciaio;
- Saldatrice elettrica a resistenza per ripristino della barra estratta.

### 5.1.1 Dettagli dei prelievi di barra di armatura eseguiti al piano seminterrato

<i>codice</i>	<b>BP56</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Seminterrato</b>
			
Diametro	<b>14 mm a.m.</b>		

<i>codice</i>	<b>BT 61-62</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Seminterrato</b>
			
Diametro	<b>12 mm A.M.</b>		

### 5.1.2 Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano terra

<i>codice</i>	<b>BP26</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Terra</b>
			
<b>Diametro</b>		<b>14 mm a.m.</b>	

<i>codice</i>	<b>BT 47-48</b>	<i>Piano/livello</i>	<b>Terra</b>
			
<b>Diametro</b>		<b>12 mm a.m.</b>	

## 5.2 Risultati di laboratorio

Le barre di armatura estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prova di rottura a trazione semplice.

I risultati ottenuti in laboratorio sono riportati nei Cert. n° 1137/21-p del 08/11/2021 allegato alla presente, rilasciati dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l. vengono riepilogati nella seguente tabella:

<b>SIGLA CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>DIAMETRO PROVINO (mm)</b>	<b>TENSIONE DI SNERVAMENTO (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>TENSIONE DI ROTTURA (N/mm<sup>2</sup>)</b>
<b>BT P47-P48 PT</b>	Trave 47-48 Piano Terra	12	501,10	602,16
<b>BP P26 PT</b>	Pilastro 26 Piano Terra	14	315,90	441,93
<b>BT P61-P62 INT</b>	Trave 61-62 Piano seminterrato	12	493,40	601,12
<b>BP P56 INT</b>	Pilastro 56 Piano seminterrato	14	483,10	563,72

## **6 ULTERIORI INDAGINI**

### **6.1 Generalità**

Sono state eseguite ulteriori indagini per individuazione tecnologica delle muratura ed un saggio visivo sulla muratura per l'analisi dell'ammorsamento.

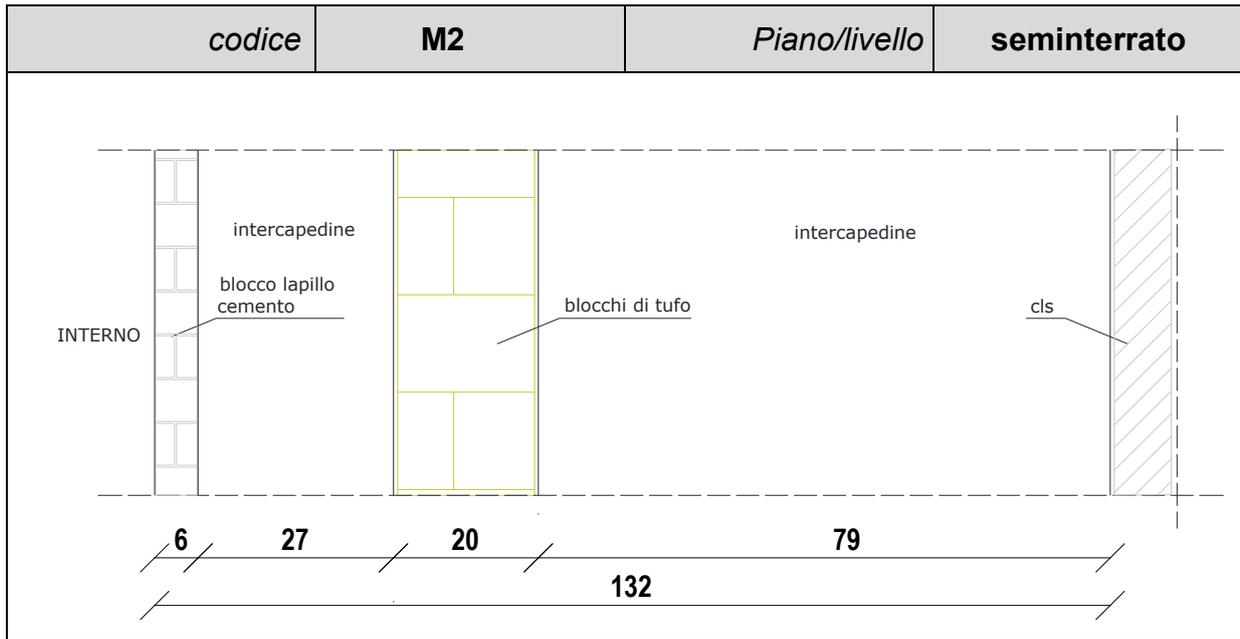
Nel dettaglio:

1. M1 Indagine sulla tamponatura esterna per l'individuazione tipologica M1 - Piano seminterrato
2. M2 Indagine sulla tamponatura esterna per l'individuazione tipologica M2 - Piano seminterrato
3. i Indagine ispezione pozzetto
4. SV Saggio visivo per individuazione trave

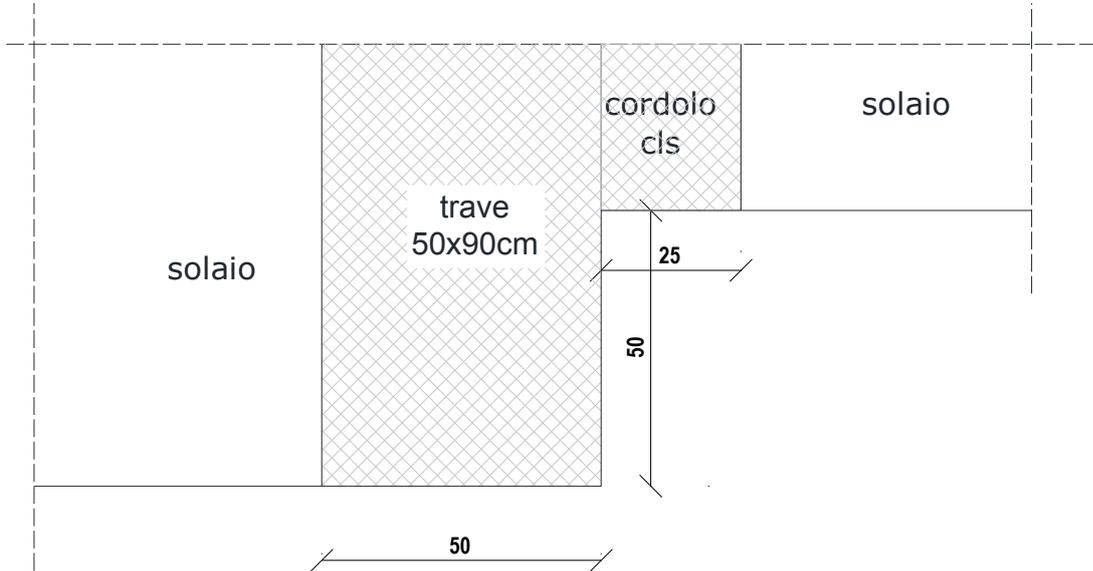
## 6.2 Risultati delle prove

Di seguito si riportano, in schede monografiche, i risultati conseguiti dalle indagini.

codice	M1+E1	Piano/livello	seminterrato
<b>visivo</b>		<b>0 cm</b>	
		<b>70 cm</b>	

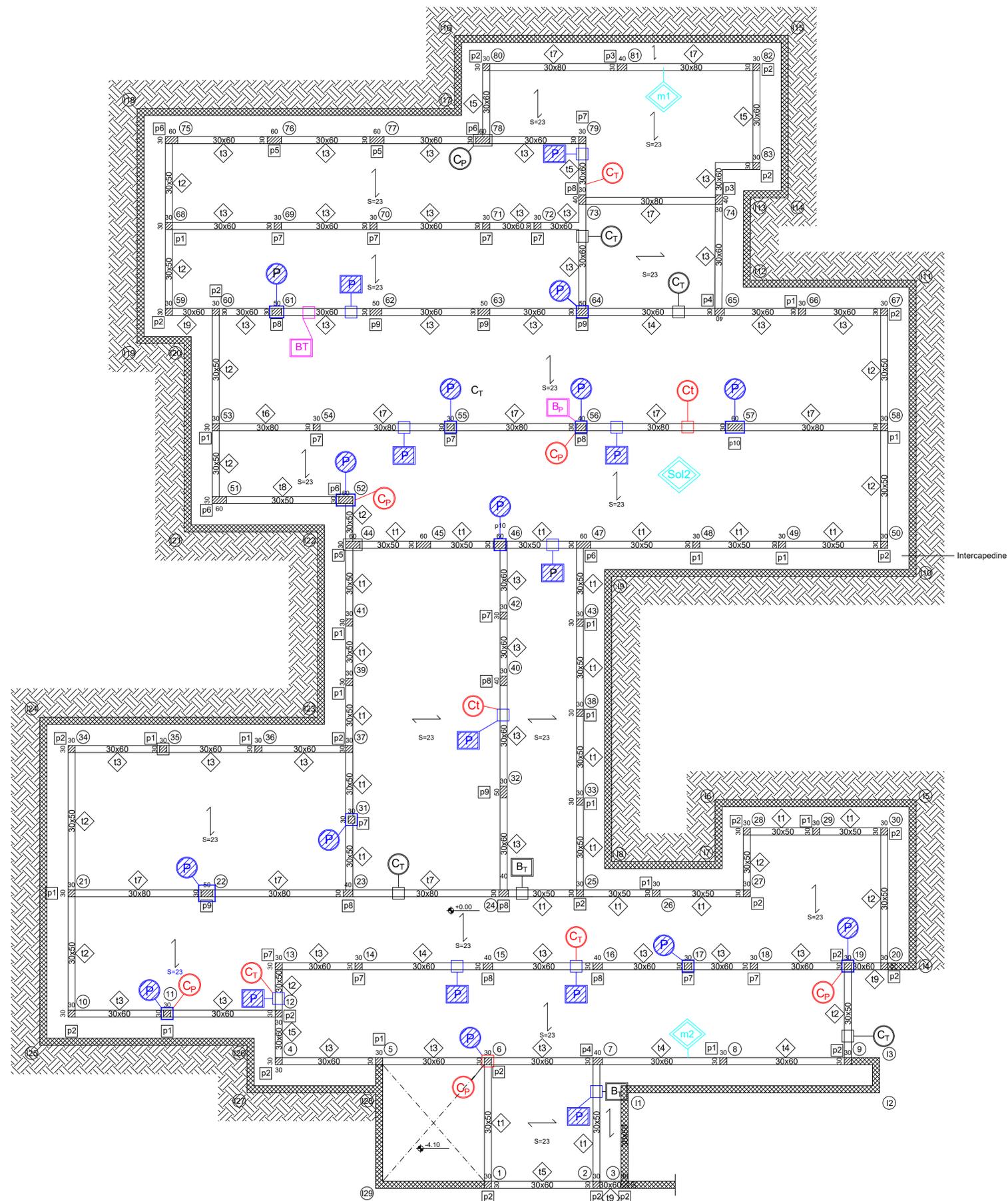


codice	i- Ispezione pozzetto	Piano/livello	terra
			
			

codice	Saggio visivo (SV)	Piano/livello	terra
	 <p>The diagram shows a cross-section of a floor. A central beam is labeled "trave 50x90cm". To its right is a concrete curb labeled "cordolo cls" with a width of 25. The total width of the beam and curb area is 50. The height of the curb is 50. The area to the left of the beam is labeled "solaio".</p>		
	 <p>The photograph shows a vertical crack in a white ceiling. Debris is visible at the top of the crack, and some faint lines are visible on the ceiling surface.</p>		

SCHEMA PER PIANO INDAGINI

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Primo impalcato	- 4.10 m	991mq
<b>CAROTAGGI</b> N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
<b>C<sub>p</sub></b> PIL (11) (19) (6) (56) (52) n.carote: 5		
<b>C<sub>t</sub></b> TRV (73-79) (12-13) (32) (40) n.carote: 5 (15-16) (56-57) -		
<b>PRELIEVI BARRE</b> N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
<b>B<sub>p</sub></b> PIL (56) n.prelievi: 1		
<b>B<sub>t</sub></b> TRV (61-62) n.prelievi: 1		
<b>PACOMETRIE E SAGGI</b>		
<b>P</b> PIL (11) (6) (31) (61) (22) (52) (57) tot pacom: 13 (55) (56) (19) (46) (64) (17)		
<b>P</b> TRV (2-7) (12-13) (15-16) (56-57) tot pacom: 10 (14-15) (61-62) (73-79) (46-47) (54-55) (32-40)		
<b>INDAGINI VISIVE</b>		
<b>s</b> solai N. 1 SOL2		
<b>m</b> muratura N. 2 m1, m2		



Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B6511700050001 CUP: 7882655CAD



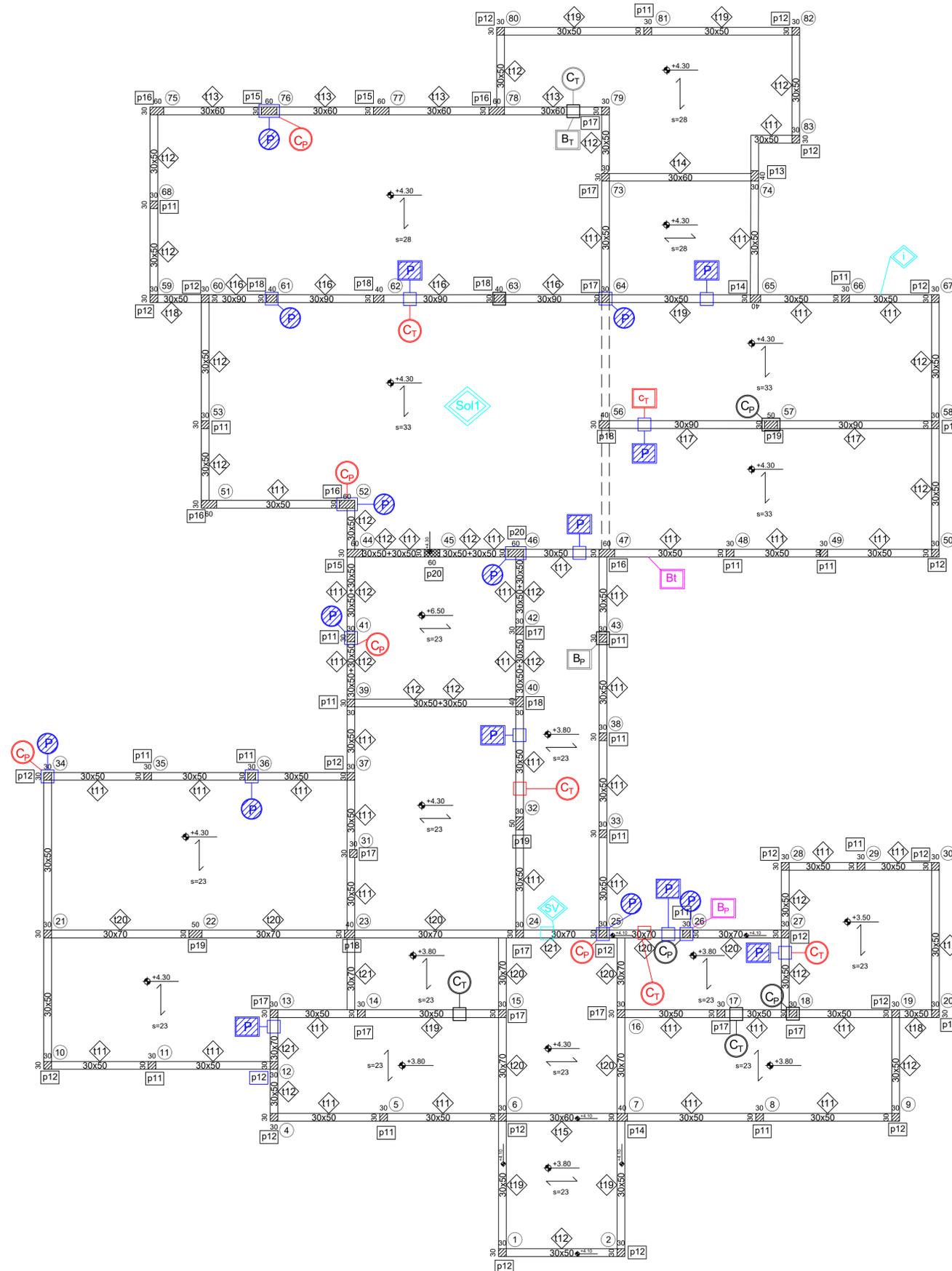
ELABORATO: Fase2\_RRI\_02 OGGETTO: Ubicazioni delle indagini\_Carpenteria 1° impalcato  
 SCALA: DATA: 23/07/21 REV: [0]

**RTP**  
**Capogruppo e coordinatore scientifico:** PROGEN s.r.l.  
 Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)  
**Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture:**  
 Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl)  
 Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)  
**Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:**  
 Geol. Sergio Dolfin  
**Professionisti collaboratori tecnici:**  
 Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl)  
 Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)  
**Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:**  
 Ing. Andrea De Maio  
 Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)  
**STAZIONE APPALTANTE**  
 D.E.C.  
 Ing. Marianna Vanacore  
 R.U.P.  
 Arch. Alfonso Ghezzi

**Esecuzione indagini strutturali, geognostiche:**  
 Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
 Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
 Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
 Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
 Geol. Sergio Dolfin  
**Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:**  
 Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)  
**Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):**  
 Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)  
**Gestione informativa del servizio:**  
 Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

PIANO INDAGINI

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Secondo impalcato	+ 0.00 m	991mq
<b>CAROTAGGI</b> N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
<b>C<sub>p</sub></b> PIL	41 25 34 76 52	
n.carote: 5		
<b>C<sub>t</sub></b> TRV	62-63 32-40 18-27	
n.carote: 5	56-57 26-25	
<b>PRELIEVI BARRE</b> N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
<b>B<sub>p</sub></b> PIL	26	
n.prelievi: 1		
<b>B<sub>t</sub></b> TRV	47-48	
n.prelievi: 1		
<b>PACOMETRIE E SAGGI</b>		
<b>P</b> PIL	36 41 34 64 61 52 46	
tot pacom: 10	76 26 25	
<b>P</b> TRV	25-26 18-27 62-63 56-57	
tot pacom: 8	46-47 12-13 32-40 64-65	
<b>INDAGINI VISIVE</b>		
<b>S</b> solai	SOL 1	
<b>I</b> ispezione pozzetto per individuazione intercapedine	N. 1 i	
<b>SV</b> saggio visivo per individuazione trave		



Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B65117000050001 CUP: 7882655CAD



ELABORATO: Fase2\_RRI\_03 OGGETTO: Ubicazioni delle indagini\_Carpenteria 2° impalcato  
SCALA: DATA: 23/07/21 REV: [0]

- RTP**
- Capogruppo e coordinatore scientifico:** Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)
  - Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture:** Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl), Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)
  - Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:** Geol. Sergio Dolfin
  - Professionisti collaboratori tecnici:** Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl), Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)
  - Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:** Ing. Andrea De Maio, Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)
  - Esecuzione indagini strutturali, geonostiche:** Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl), Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl), Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti), Ing. Salvatore Caruso (L&R srl), Geol. Sergio Dolfin
  - Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:** Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)
  - Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):** Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)
  - Gestione informativa dei servizi:** Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

**STAZIONE APPALTANTE**  
D.E.C. Ing. Marianna Vanacore R.U.P. Arch. Alfonso Ghezzi

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA**  
**MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA**

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole"



**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

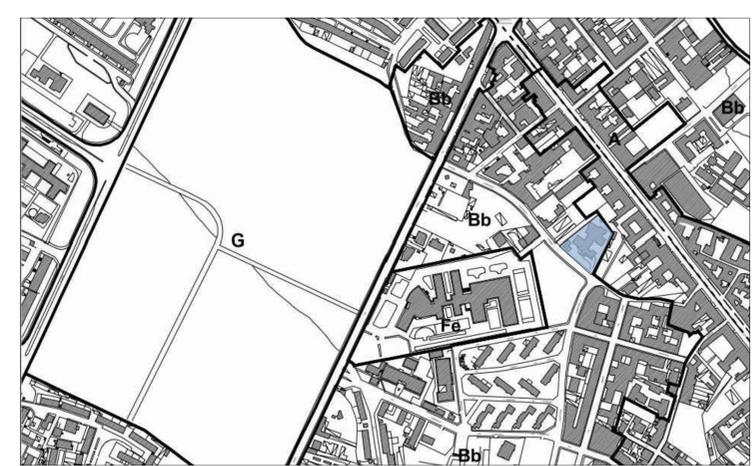
Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficientamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)

Responsabile del Procedimento: **Arch. Alfonso Ghezzi**  
 Progettisti: **Ing. Marianna Vanacore**  
**Arch. Laura Bellino**

TAVOLA: **E.01**  
 Descrizione elaborato: **Stato di fatto - Inquadramento**  
 Scala: 1:1000 - 1:5.000 - 1:10.000  
 Data: **Marzo 2022**



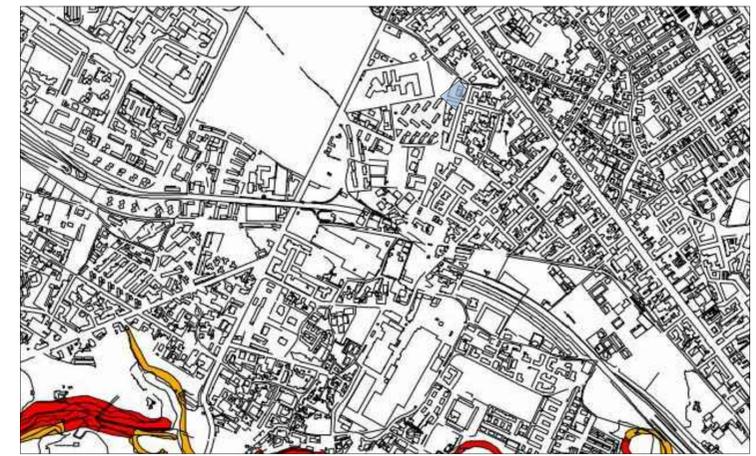
Rilievo Plano-Altimetrico dell'Area di Intervento - scala 1:1.000



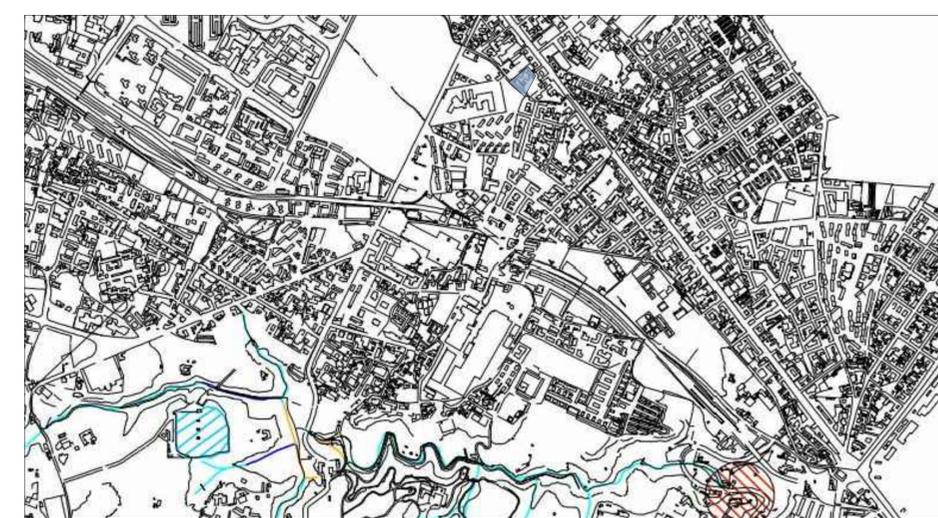
Stralci della Tavola 6-zonizzazione del PRG - scala 1:5.000



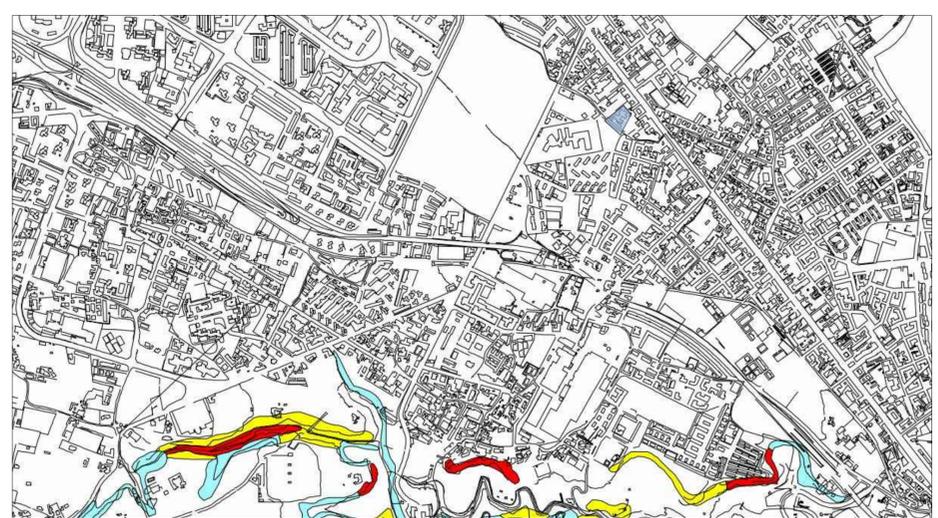
Stralci PRG tavola 8 - Specificazioni - scala 1:5.000



Stralci della Carta del rischio atteso - scala 1:10.000



Stralci della Carta della pericolosità idraulica - scala 1:10.000



Stralci della Carta della pericolosità da frana - scala 1:10.000

Area di intervento - zona omogenea "Bb - espansione recente"

Area di intervento - zona individuati come "immobili destinati ad istruzione, interesse comune e parcheggi"

Area di intervento - non riardente in area suscettibile di pericolosità idraulica

Contorno delle varianti per la zona omogenea

Indici atteso - per fasce di pericolosità idraulica e da frana

- 01 - rischio basso
- 02 - rischio medio
- 03 - rischio elevato
- 04 - rischio molto elevato

1 - fasce di possibili crisi sismiche

2 - aree a suscettibilità di allagamento

3 - aree di suscettibilità di rischio per la crisi sismica definita a seguito di studi e indagini di dettaglio

Area di intervento - non riardente in area suscettibile di frana

Reticolo idrografico

- Alveo strada
- Reticolo torrente
- Vansa
- Reticolo ipotetico

Pericolosità idraulica

- Pa - area a suscettibilità alta
- Pa - area di cava a suscettibilità alta
- Pb - area a suscettibilità bassa di invasione
- Pb - conche endoreiche

1 - fasce di possibili crisi idrauliche

2 - aree a suscettibilità di allagamento

Area di intervento - non riardente in area suscettibile di frana

- P3 - area a suscettibilità alta all'innescio
- P1 - area a suscettibilità bassa all'innescio
- P2 - area a suscettibilità media all'innescio
- aree interessate da attività estrattive

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



### ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**R.02**

Descrizione elaborato:

**Relazione Specialistica Strutturale**

*Marianna Vanacore*  
*Laura Bellino*

Data:

**Marzo 2022**

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli esiti delle verifiche e soluzioni progettuali proposte per adeguamento strutturale dai tecnici esterni al Comune in merito al “*servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD*” relativo al nido Acquarola – 14° Circolo Didattico (Cod, Ares 0630492230).

Le verifiche condotte in merito al summenzionato appalto sono finalizzate alla determinazione dei livelli di adeguatezza sismica delle opere rispetto agli standard definiti dalle norme tecniche e dalla classificazione sismica vigente. Inoltre la presente relazione illustra gli eventuali interventi da eseguire sulla base degli attuali livelli di sicurezza sismica delle strutture. Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a stabilire se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto prevista dalle norme vigenti in zona sismica (D.M. 17.01.2018 e Circolare C.S. LL.PP. del 17 gennaio 2019 n.7.)

La valutazione della sicurezza è stata eseguita, coerentemente a quanto previsto dalla vigente normativa, per le seguenti prestazioni strutturali:

- Per gli *Stati limite Ultimi*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo *Stato limite di Salvaguardia della Vita*, corrispondente una probabilità di superamento del 10%;
- Per gli *Stati Limite di Esercizio*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo Stato Limite di Danno, corrispondente ad una probabilità di superamento dell'63%.

Trattandosi di edifici esistenti, le verifiche sono state effettuate previa campagna di indagini volta a determinare la conoscenza della struttura in esame in relazione ai livelli stabiliti dalle norme. L'obiettivo raggiunto è relativo ad un **livello di conoscenza** denominato **LC2**.

Viene riportato nella figura a seguire, l'inquadramento territoriale della struttura oggetto di studio:



Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica

## 2 NORMATIVA UTILIZZATA

### 2.1 Normativa di riferimento

**D.M. 17 gennaio 2018** – Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7** – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

### 2.2 Riferimenti tecnici essenziali

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n.3274** – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 ottobre 2003 n.3316** – Modifiche e integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 maggio 2005 n.3431**

**UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:** Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 206-1/2001** – Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

**UNI EN 1993-1-1 – Parte 1-1:** Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 1998-1** – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

**UNI EN 1998-5** – Fondazioni ed opere di sostegno

**Legge 5.11.1971 n. 1086** – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso e a struttura metallica.

**Legge 2.02.1974 n. 64** – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

## 3 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

### 3.1 Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, nella Strada comunale Acquarola, nel quartiere di Secondigliano, e fa parte del 14° Circolo Didattico. Il plesso scolastico, di modeste dimensioni, sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma approssimativamente trapezoidale all'interno del quale è posizionato centralmente, con modesti spazi di pertinenza

su quasi tutti i lati del fabbricato; tra questi, nonostante il generale stato di verde incolto cui vertono gli spazi esterni, è presente anche una piccola area attrezzata per il gioco in corrispondenza del prospetto est dell'edificio. Il lotto presenta a sud un unico lato confinante con pubblica via, la strada comunale Acquarola, in cui è posto l'ingresso carrabile e pedonale alla scuola. Sui restanti lati l'area confina con lotti in cui



Figura 2: Foto aerea e inquadramento del lotto e del plesso in oggetto

sono presenti edifici residenziali. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato.

La configurazione dell'edificio è costituita da un singolo corpo di fabbrica, dalla forma non regolare, inscrivibile in rettangolo di dimensioni circa 36m x 50m. La non regolarità della struttura è dovuta alla presenza di rientranze in pianta molto accentuate. Il piano cantinato, posto ad una quota di - 4.10m, oggi risulta abbandonato e pertanto non utilizzato ai fini dell'attività didattica, è accessibile tramite una rampa esterna, posta a sud del fabbricato. Il piano superiore, posto a quota + 0.00m, ovvero il piano terra, è, invece, adibito all'attività didattica e vi si può accedere dall'ingresso principale della scuola, posto a sud del fabbricato, e da un insieme di accessi dislocati lungo tutto il perimetro della struttura. **L'intero volume si sviluppa su una superficie coperta di circa 991 mq, per un totale di circa 8300 mc.** Il primo impalcato è piano e realizzato a quota 0.00 m, avendo così un interpiano di 4.10 m con il piano sottostante, l'impalcato di copertura è realizzato a quote differenti, creando uno sfalsamento nella sua estensione, le quote di questo impalcato, da indagini effettuate, risultano essere: 3.50m, 3.80m, 4.30m e 6.50m. La copertura non è praticabile, eventualmente raggiungibile per sola manutenzione.

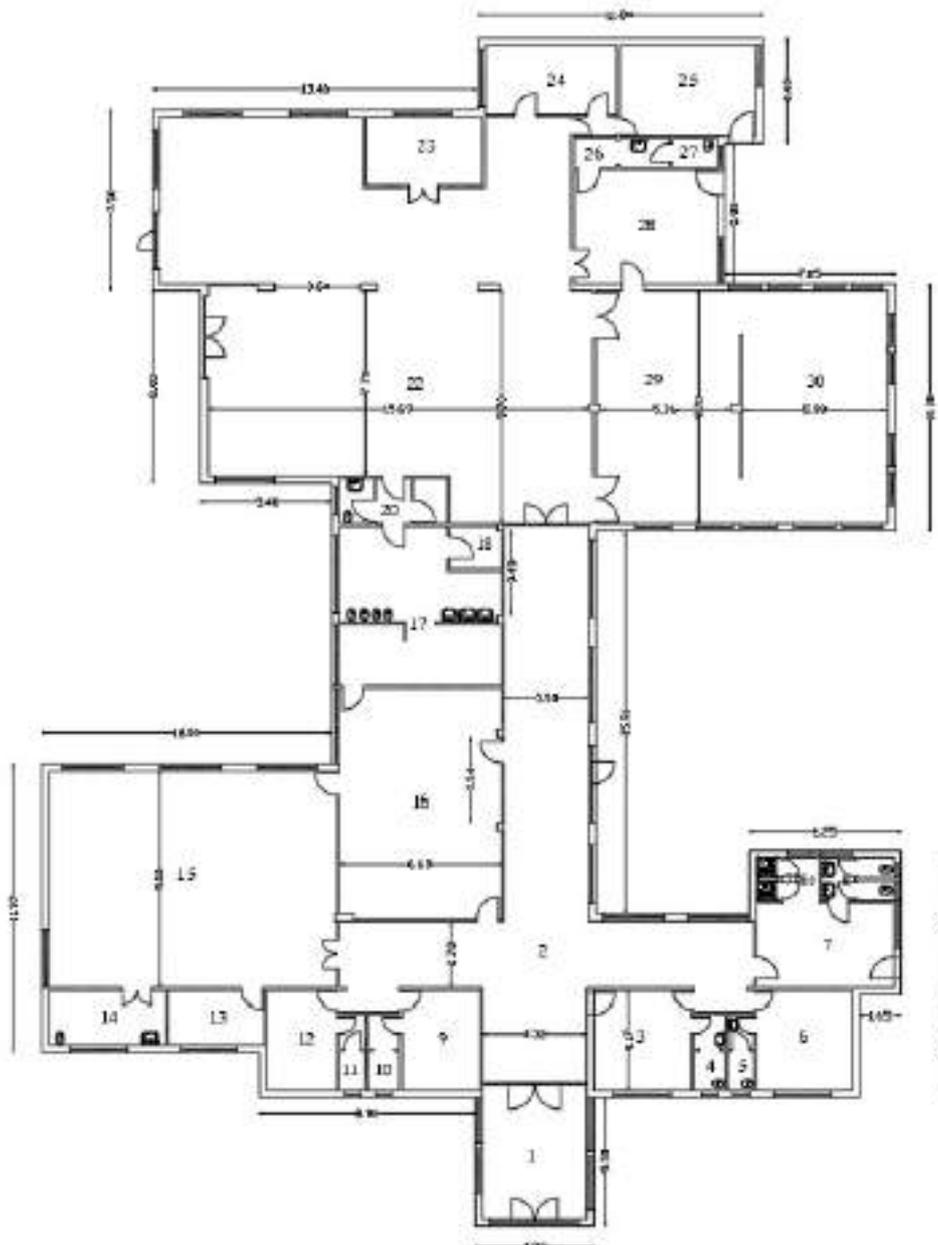


Figura 3: Pianta del piano terra dell'edificio

Non sono  
presenti  
evidenze che

lascino supporre la costruzione del complesso in più fasi, o segni di modifiche rispetto ad un'originaria struttura. Dalla documentazione in possesso risulta che il fabbricato sia stato costruito in un'unica soluzione temporale, in un periodo compreso tra il 1972 e il 1996, con destinazione ad uso scolastico.

### **3.2 DESCRIZIONE STRUTTURALE DEL FABBRICATO**

La struttura resistente dell'edificio è costituita da pilastri e travi in cemento armato. L'impianto planimetrico strutturale è irregolare ed è caratterizzato da telai scanditi da pilastri quadrati e rettangolari 30x30 cm, 30x40 cm, 30x50 cm e 30x60 cm. L'interasse longitudinale dei pilastri varia da 2.90m a 28 m circa. L'interasse dei pilastri in direzione trasversale varia da 2.90 m a 14.50 m. Le travi perimetrali, sia del primo che del secondo impalcato, misurano cm 30x50, cm 30x60, cm 30x70 e cm 30x80. Le travi longitudinali interne al primo impalcato misurano cm 30x50, cm 30x60 e cm 30x80, mentre le travi longitudinali interne del secondo impalcato misurano cm 30x50, cm 30x70 e cm 30x90 nei locali a nord-est della struttura. In entrambi gli impalcati le travi trasversali interne misurano cm 30x50, cm 30x60 e cm 30x70. I solai di piano cantinato, in c.a. e laterizi, presentano uno spessore di 23 cm, mentre i solai di copertura del piano terra presentano spessori di cm 23, cm 28 e cm 33.

#### **3.2.1 Giunti fra i corpi**

Il singolo corpo di fabbrica si presenta isolato senza edifici in adiacenza.

### **3.3 DEGRADI STRUTTURALI**

Nelle strutture esistenti in c.a., la principale causa di degrado è provocata dalla corrosione delle armature; una volta che il fenomeno si è innescato, la capacità statica e dinamica delle strutture si riduce sensibilmente in funzione della tipologia e dell'avanzamento della corrosione. L'eccessiva ossidazione dell'armatura, oltre a ridurre la sezione trasversale delle barre riducendone pertanto la resistenza complessiva dell'elemento strutturale, determina il rigonfiamento e la successiva espulsione della porzione corticale di calcestruzzo (distacco copriferro). Il fenomeno dell'ossidazione delle barre di armature è quindi un degrado che, oltre ad incidere sull'integrità strutturale di travi e pilastri, ne riduce la resistenza e quindi il grado di sicurezza complessivo delle strutture sia da un punto di vista statico che sismico.

L'edificio presenta degradi diffusi in corrispondenza sia delle travi che dei pilastri presenti ai piani interrati nonché all'intradosso di tutti gli impalcato che costituiscono il calpestio del piano terra; l'assenza di manutenzione e la scadente protezione rispetto agli agenti atmosferici ha causato un'ossidazione diffusa delle armature con espulsione di buona parte dei copriferri ed evidente riduzione delle sezioni resistenti sia del calcestruzzo che delle armature.

## **4 OBIETTIVI E RISULTATI DEL PIANO DELLE INDAGINI**

In assenza dei disegni costruttivi sono state previste prove estese in sito, mirate al raggiungimento di un livello di conoscenza pari a LC2. Per i corpi strutturali in esame, sono stati quindi indagati gli elementi più rappresentativi ai vari ordini e a ciascun impalcato, così da maturare una migliore conoscenza dell'organismo strutturale.

### **4.1 GEOMETRIE**

La geometria della struttura è nota in base al rilievo eseguito durante i sopralluoghi dai tecnici incaricati per i "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD", e dai disegni disponibili. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, sono stati utilizzati nel suddetto servizio per la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

## 4.2 DETTAGLI COSTRUTTIVI

Non essendo stati acquisiti, i dettagli costruttivi di progetto, durante l'appalto dei “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”, è stata effettuata un'estesa verifica in situ, tale da consentire la messa a punto di un modello strutturale non lineare. I dati che sono stati raccolti includono le informazioni relative ad una percentuale superiore al 35% degli elementi resistenti di seguito elencate:

- Quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- Quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- Quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- Quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- Lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- Spessore dei copriferri;

## 4.3 MATERIALI

Non conoscendo le specifiche dei materiali prescritti nel progetto originario, ai fini della valutazione delle loro proprietà meccaniche, sia per i pilastri che per le travi e impalcati, sono state effettuate “prove estese in situ” con esecuzione di prove distruttive consistenti prelievo di carote e di barre di armatura.

Dalle prove dirette, effettuate durante la campagna di indagine, summenzionata, sugli elementi strutturali esistenti sono stati assunti i valori a base di calcolo dei materiali utilizzati per le verifiche statiche e sismiche. Sono state effettuate prove atte a caratterizzare la resistenza meccanica degli elementi lo schema portante dei vari corpi strutturali, effettuando prove distruttive consistenti in carotaggi per quel che riguarda il calcestruzzo e prelievi di barra per quel che riguarda l'acciaio.

### 4.3.1 Caratteristiche del calcestruzzo

Le norme prevedono che la misura delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo si ottenga mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di tali prove di compressione così come riportati sul report delle indagini del “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”.

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-3; UNI EN 12390-7							
DATI IDENTIFICATIVI					RISULTATI DI PROVA							
SELA CARINQUE	PARTE DI OPERA	VERGHE PRELEVO	CLASSE DI FERRO (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (kg/m <sup>3</sup> )	CAPICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. O COMPR. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTTE. (1)	RESI. (2)
						H	Φ					
CP P15 P INT	Pilastro 19 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2147	173,51	25,0	S	S1
CP P11 P INT	Pilastro 11 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2230	146,25	28,8	R	S1
CP P06 P INT	Pilastro 06 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2109	163,14	24,0	S	S1
CTP32-P40 P INT	Torcia 32-40 Piano Isolato	---	-	03/08/2021	03/10/2021	94	94	2094	151,38	21,8	S	S1
CTP15-P16 P INT	Torcia 15-16 Piano Isolato	---	-	03/08/2021	03/10/2021	94	94	2061	212,80	30,7	S	S1

Identificativo	Località	Classe	Data	Media	Max	Min	Volume	Resistenza	Classe	Classe
CT P56-P57 P INT	Trave 00-07 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2041	167,00	27,6	S	S1
CPP6 P INT	Pilastro 6 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2160	176,13	25,4	S	S1
CT P73-P79 P INT	Trave 73-79 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2116	242,29	34,6	S	S1
CT P13-P19 P INT	Trave 13-19 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	3081	162,36	29,1	S	S1
CP P52 P INT	Pilastro 52 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2096	171,29	24,7	S	S1
CT P62-P63 PT	Trave 62-63 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	1996	119,43	17,2	S	S1

Tabella 1: Risultati prove di compressione – Piano interrato

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-3 (UNI EN 12390-7)							
DATI DICHIARATI					RISULTATI E PROVA							
SOLA CAMPIONE	PARTE/OPERA	VERSALE FRECCIA	CLASSE DI RESIST. (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DISTRIBUZIONE (mm)		MASSA VOL. UNICA (kg/m <sup>3</sup> )	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMP. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. D.
						H	Ø					
CPP34 PT	Pilastro 34 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2074	120,03	17,3	S	S
CPP41 PT	Pilastro 41 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2183	207,91	30,0	S	S
CT P56-P57 PT	Trave 56-57 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2118	199,43	28,7	S	S
CT P18-P27 PT	Trave 18-27 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1828	139,29	20,1	S	S
CP P36 PT	Pilastro 36 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2006	169,42	24,4	S	S
CT P25-P28 PT	Trave 25-28 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1966	145,94	21,0	S	S
CP P62 PT	Pilastro 62 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2056	147,55	21,3	S	S
CT P32-P40 PT	Trave 32-40 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2048	141,34	20,4	S	S
CP P26 PT	Pilastro 26 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2064	157,69	22,7	S	S

Tabella 2: Risultati prove di compressione – Piano terra

La resistenza misurata sulle carote risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si misurerebbe su un equivalente provino standard.

Tali fattori sono in genere dipendenti da:

- 1) diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- 2) differente età di stagionatura tra carota e provino standard;
- 3) posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad es. al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- 4) disturbo che inevitabilmente consegue alle operazioni di prelievo;
- 5) dimensioni delle carote (ad es. nel caso di micro-carote o con H/D diverso da 2);
- 6) presenza di armature incluse.

L'effetto dei fattori sopra elencati tende in generale a far sottostimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Per correggere ciò si può fare ricorso a coefficienti correttivi di cui si dirà successivamente, opportunamente calibrati ed inseriti all'interno di formule di correlazione che legano la resistenza "attuale" (quella reale in situ dei calcestruzzi) con quella misurata sui campioni cilindrici (carote) estratte dagli stessi elementi strutturali. La valutazione della resistenza in situ viene eseguita utilizzando la formula proposta da Holos. Tale formula permette di tener conto con coefficienti di natura empirica degli effetti del carotaggio. Per convertire le N resistenze ottenute dalle prove di compressione sulle carote  $f_{car}$  nelle corrispondenti resistenze in-situ  $R_{c, is}$ , viene adottata la relazione proposta da Holos:

$$R_{c, is} = f_{car} \times F_{h/d} \times F_{fe} \times F_{tor} \times F_{dir} \times F_t \times F_T$$

dove:

$F_{h/d}$  è il parametro dipendente dal rapporto tra l'altezza e il diametro della carota. Il valore è unitario se  $H/D=1$ .

$F_{fe}$  è il parametro che tiene conto della presenza di barre d'armatura nella carota. Assume valore unitario in assenza di barre.

$F_{tor}$  è il parametro che tiene conto del tormento della carota per la presenza di microlesioni dovute agli effetti torsionali del carotiere durante la fase di estrazione. Il coefficiente correttivo è tabellato in funzione della resistenza registrata in laboratorio ed assume valori compresi tra 1 e 1.15.

$F_{dir}$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della direzione del carotaggio rispetto a quella di posa in opera del conglomerato. Per direzione ortogonale il parametro varia tra 1.05 e 1.10.  $F_t$  è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario per carote sottoposte a compressione ad età maggiori di 28 giorni.  $F_T$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della temperatura in funzione dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario se la temperatura media ponderale è compresa tra 18°C e 27°. Nel seguito, della relazione vengo riassunti i parametri correttivi delle singole carote ed i conseguenti valori di resistenza risultanti considerando un rapporto D/H pari a 1. Il metodo è applicato a ciascuna carota sottoposta a prova di compressione fornendo i valori delle resistenze meccaniche del calcestruzzo a base di calcolo. Nelle tabelle seguenti, si riportano i risultati delle prove di compressione sulle carote estratte elaborati con il metodo Holos.

PROVA		DATA		D		H		S		S		S		S		S		S		S		
[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	
INT	PIASTRO	CP13P1INT	94,3	94,0	1,00	25,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	PIASTRO	CP11P1INT	94,3	94,0	1,00	24,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	PIASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	23,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	TRAVE	CT132P15P1INT	94,3	94,0	1,00	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	TRAVE	CT132P16P1INT	94,3	94,0	1,00	30,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	TRAVE	CT132P17P1INT	94,3	94,0	1,00	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	PIASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	25,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	TRAVE	CT132P19P1INT	94,3	94,0	1,00	34,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	TRAVE	CT132P21P1INT	94,3	94,0	1,00	32,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
INT	PIASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	24,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	TRAVE	CT132P18P1PT	94,3	94,0	1,00	31,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	27,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1PT	94,3	94,0	1,00	24,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	TRAVE	CT132P20P1PT	94,3	94,0	1,00	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1PT	94,3	94,0	1,00	24,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	TRAVE	CT132P22P1PT	94,3	94,0	1,00	30,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1PT	94,3	94,0	1,00	24,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	TRAVE	CT132P23P1PT	94,3	94,0	1,00	31,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1PT	94,3	94,0	1,00	23,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PT	PIASTRO	CP15P1PT	94,3	94,0	1,00	22,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Media		20		media		24,25														Media		32,34

Tabella 3: Risultati provini calcestruzzo

Sui 20 campioni è stato fatto uno studio statistico per analizzare l'omogeneità dei risultati. Dopo aver calcolato lo scarto quadratico ( $\sigma$ ), la media ( $\bar{X}$ ) ed il loro rapporto ovvero il coefficiente di variazione (CV), si è posto come limite di accettabilità il valore di CV pari a 0.25 per attestare l'omogeneità dei risultati e l'adeguatezza del numero di indagini in Fase 1. Nel caso in esame si è ottenuto un CV pari a  $0.18 < 0.25$  e per tale motivo non si è proceduto ad effettuare le indagini della Fase 2.

Risultati ottenuti		Media ( $\bar{y}$ )
1	25,00	24,25
2	26,80	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	23,50	19,35
4	21,80	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
5	30,70	4,40
6	27,00	$\bar{y} + 2\sigma$
7	25,40	33,05
8	34,90	$\bar{y} - 2\sigma$
9	22,10	15,45
10	24,70	$\sigma/4$
11	17,20	0,18
12	17,30	
13	30,00	
14	28,70	
15	20,10	
16	24,40	
17	21,00	
18	21,30	
19	20,40	
20	22,70	

Tabella 4: Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{24,47}{1,2 \times 1,5} = 13,59 \text{ N/mm}^2$$

### 4.3.2 Caratteristiche dell'acciaio

Le indagini distruttive su campioni metallici hanno permesso di identificare le caratteristiche meccaniche delle barre di armatura. Nell'impostazione della campagna di indagini, si sono scelti dei punti rappresentativi dello stato complessivo dell'edificio cercando di riflettere al meglio le caratteristiche di variabilità della struttura. I risultati delle 4 prove eseguite in fase 1 sono stati preliminarmente oggetto di analisi statistica al fine di stabilire la necessità o meno di procedere con le ulteriori indagini di fase 2. Parimenti a quanto effettuato per le indagini sul calcestruzzo si è verificato che il coefficiente di variazione CV fosse non superiore al valore limite di 0,25. Tutti i parametri dell'indagine statistica sono riassunti nella tabella a seguire.

Risultati ottenuti		Media ( $\bar{y}$ )
1	501,1	448,38
2	315,9	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	493,4	5890,66
4	483,1	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
		76,75
		$\bar{y} + 2\sigma$
		601,88
		$\bar{y} - 2\sigma$
		294,87
		$\sigma/4$
		0,17

Tabella 5: Studio statistico risultati prove acciaio complete

Il valore di CV pari a 0,17 ottenuto, consente di desumere omogeneità dei risultati in termini di tensione di snervamento. Ciò ha portato a ritenere il numero di prove sufficiente a determinare con buona attendibilità il valore medio della tensione di snervamento senza dover procedere alle ulteriori prove previste nella fase 2. Sii è proceduto quindi ad estrarre il valore medio come risulta dalla tabella seguente:

TRAZIONE BARRE								
LIVELLO	DEN.	DIAM.	ELEMENTO	F <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ALLA5%	ALLAg%	F <sub>t</sub> /F <sub>y</sub>
PT	BT P47-P48 PT	12	T 47-48	501,1	602,2	18,8	7,7	1,20
PT	BP P26 PT	14	PIL 26	315,9	441,9	19,7	7,9	1,40
INT	BT P61-P62 P INT	12	T 61-62	493,4	601,1	19,0	7,5	1,22
INT	BP P56 P INT	14	PIL 56	483,1	563,7	19,8	8,6	1,17
			MEDIA	448,4	552,2			1,2

Dalla tabella si evince che l'acciaio ad aderenza migliorata utilizzato all'epoca di costruzione dell'edificio ha caratteristiche non inferiori a FeB38K.

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio:

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \times \gamma_m} = \frac{448,40}{1,2 \times 1,15} = 324,93 \text{ N/mm}^2$$

Per maggiori dettagli si rimanda all'**allegato A** che contiene le seguenti tavole dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD": Fase2\_RCM\_01 Relazione sulla caratterizzazione dei materiali; Fase2\_RRI01 Relazione dei risultati delle indagini; Fase2\_RRI02 Ubicazione indagini eseguite al I Impalcato; Fase2\_RRI03 Ubicazione indagini eseguite al II Impalcato.

## 5 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

### 5.1 Definizione dell'azione sismica

La valutazione della sicurezza sismica delle strutture nell'appalto di "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD" è stata effettuata mediante il confronto tra la domanda e la capacità sia nei confronti dei meccanismi di piano che per quelli fuori piano. La domanda, ovvero l'azione sismica di progetto per un determinato stato limite, è commisurata all'importanza dell'opera in questione secondo i principi richiamati dal D.M. 17.01.2018 al § 3.2.3. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 17.01.2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione

ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 dello stesso decreto.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T\*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

## 5.2 Vita nominale

La vita nominale dell'opera VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata in Tabella.

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Per l'edificio in questione, trattandosi di edificio con caratteristiche ordinarie, si è assunto:

$$VN = 50 \text{ anni}$$

## 5.3 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'edificio in questione, trattandosi di una struttura scolastica si è assunto il coefficiente d'uso  $C_u$ :

**CU = 1,50 (Classe III)**

#### 5.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

**VR = 75 anni**

#### 5.5 Parametri di pericolosità sismica

Nota il periodo di riferimento per l'azione sismica su determinato ed nota l'esatta ubicazione dell'edificio rispetto alla griglia di valori prevista dal D.M. 17/01/2018 sono stati definiti i valori dei parametri di pericolosità sismica relativi ai diversi stati limite. Detti valori sono riportati nella tabella a seguire:

STATO LIMITE	Tr [anni]	$\alpha_B$ [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>0</sub> <sup>**</sup> [g]	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
SLO	30	0,045	2,345	0,285	1,500	1,516
SLD	50	0,059	2,345	0,311	1,500	1,505
SLV	475	0,164	2,306	0,345	1,350	1,487
SLC	975	0,208	2,454	0,348	1,276	1,486

Tabella 6: Parametri di riferimento sismicità del sito

#### 5.6 Stati limite per le verifiche sismiche

Per la verifica di edifici esistenti il D.M. 17.01.2018 prevede che siano eseguite verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali;
- **Stato Limite di salvaguardia della vita umana (SLV):** 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; 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;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati limite	P <sub>VR</sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
SLO (o DO)	81 %
SLD (o DL)	63 %
SLV (o DS)	10 %
SLC (o CO)	5 %

Nella fattispecie, sono state condotte con riferimento prevalentemente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, per quanto concerne gli stati limite ultimi, e allo Stato Limite di Danno, per quanto concerne gli stati limite di esercizio.

### 5.7 Suolo di fondazione

Il terreno è classificabile come suolo di tipo C secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 3.2.2, per maggiori chiarimenti si demanda all'allegato C contenente la tavola Fase2\_RGEOL-T\_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD". Il terreno di fondazione è costituito da "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s.

### 5.8 Spettro elastico

Noti il tipo di suolo ed i parametri del sito sono definiti tutti gli altri parametri correlati per la determinazione dello spettro elastico come di seguito richiamato.

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad T_B = T_C / 3 \quad T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Categoria sismica	$S_s$	$C_s$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{0,8}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{0,75}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{0,65}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{0,65}$

In definitiva si adottano i seguenti parametri di progetto e dati sismici:

- Zona sismica (OPCM 3274 del 20/03/2003): 2
- Vita nominale (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $V_N \geq 50$  anni
- Classe d'uso (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): III,  $C_U = 1.5$
- Periodo di riferimento (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $V_R = 50 \cdot 1.5 = 75$  anni
- Categoria del suolo (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): C
- Categoria topografica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): T1
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $S_S = 1,43$
- Coefficiente di amplificazione topografica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19 CM 7):  $S_T = 1$

## 6 MODELLAZIONE E SINTESI DELLE VERIFICHE SISMICHE

### 6.1 Criteri utilizzati per la modellazione del corpo di fabbrica

Durante la fase di modellazione è necessario trasferire le conoscenze raccolte con le indagini in un modello strutturale il più possibile aderente alla realtà fisica. Questo passaggio risulta uno dei più delicati del percorso che porta alla definizione del rischio sismico in quanto la trasposizione della realtà in un modello comporta sempre delle semplificazioni rispetto alla realtà. L'edificio in oggetto è stato modellato in modo da essere coerente con quanto emerso durante la fase di indagine; le sezioni resistenti sono quelle fornite dal rilievo geometrico, al netto degli intonaci; le proprietà dei materiali sono desumibili dalle ispezioni visive e dalle indagini eseguite in situ, secondo quanto illustrato. Per quanto concerne i solai esistenti, sono stati modellati

infinitamente rigidi. L'edificio scolastico risulta costruito in un periodo compreso tra il 1972 e il 1996, quando il Comune di Napoli era classificato come non sismico. Pertanto è stato progettato per resistere alle azioni antropiche ed al vento, ma in assenza di azioni orizzontali importanti quali quelle sismiche. Risulta evidente che la verifica del comportamento strutturale rispetto alle azioni sismiche come definite dalla normativa vigente per il sito in esame alla stregua delle nuove costruzioni difficilmente restituisce risultati confortanti, tanto più che oggi il territorio del Comune di Napoli ricade in zona 2.

## 6.2 Verifica in condizioni statiche

Preliminarmente è stata verificata la capacità di resistenza degli elementi strutturali primari rispetto ai carichi gravitazionali (permanenti e variabili) cui il corpo di fabbrica è soggetto (Relazione Fase3\_RCTA\_01), in assenza di azioni sismiche. Nessun elemento presenta criticità e pertanto la costruzione non necessita di interventi di rinforzo rispetto alle azioni antropiche.

## 6.3 Verifiche di vulnerabilità sismica

Per quanto attiene alle verifiche di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, si è proceduto al calcolo di verifica mediante analisi dinamica modale con fattore di comportamento  $q=2.40$  per strutture esistenti in c.a. utilizzando lo spettro di progetto valutato secondo quanto indicato dalla normativa vigente. Per le verifiche degli elementi fragili (verifiche a taglio) si è utilizzato il fattore di comportamento  $q = 1.5$ . Si riassumono di seguito le criticità emerse dal calcolo.

### 6.3.1 Verifiche pilastri

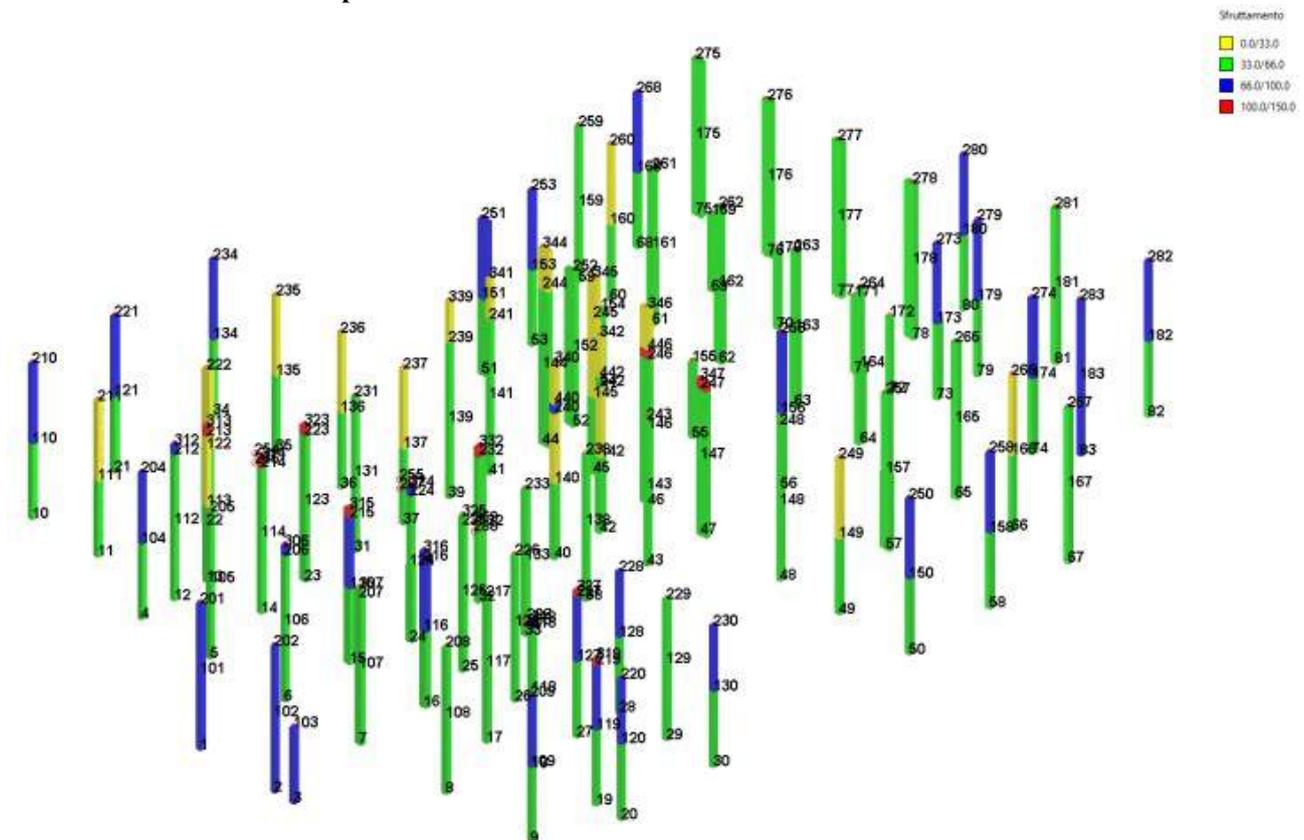


Figura 4: Verifiche duttili pilastri: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.21agSlu = Capacita/Domanda\%$

Parte dei pilastri non rispettano i livelli di sicurezza richiesti a pressoflessione e risultano andare in crisi sotto l'azione sismica di progetto. Anche rispetto alle verifiche a taglio la gran parte dei pilastri presenta delle criticità.

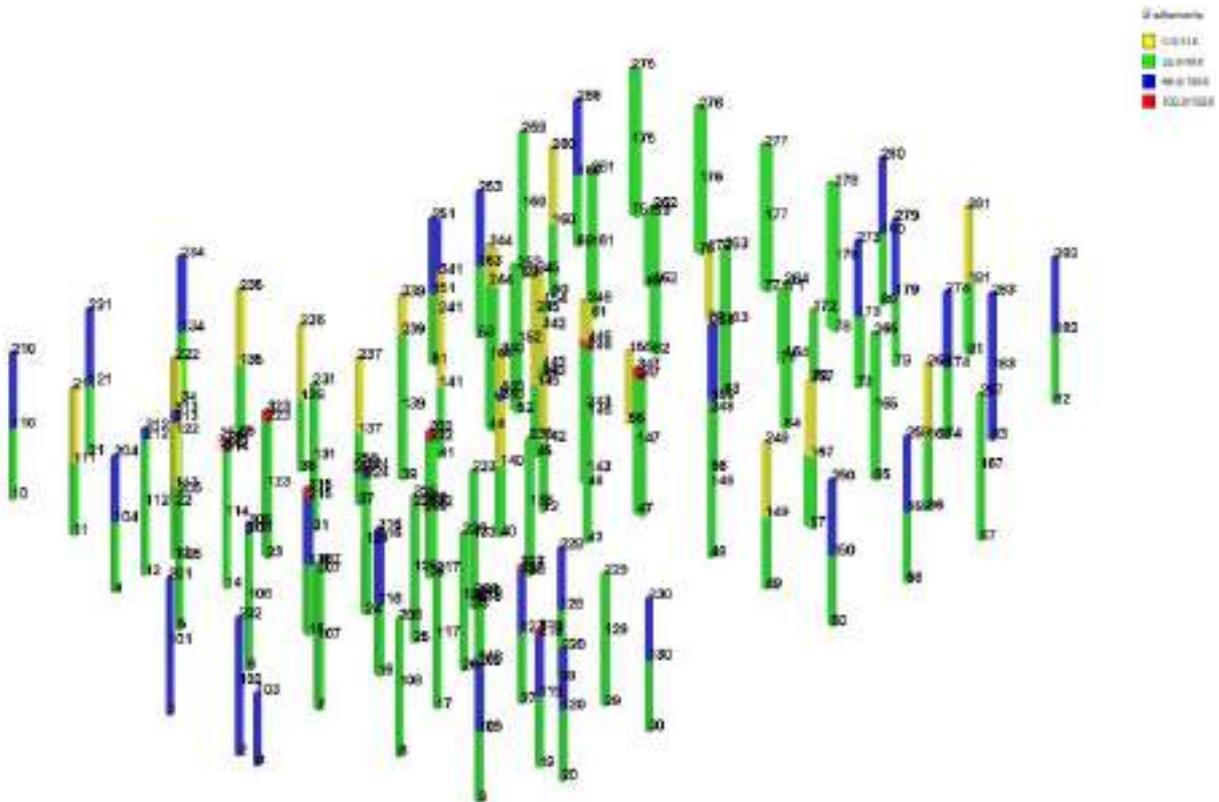


Figura 5: Verifiche duttili pilastri: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.27agSlu = Capacita/Domanda\%$

### 6.3.2 Verifiche travi

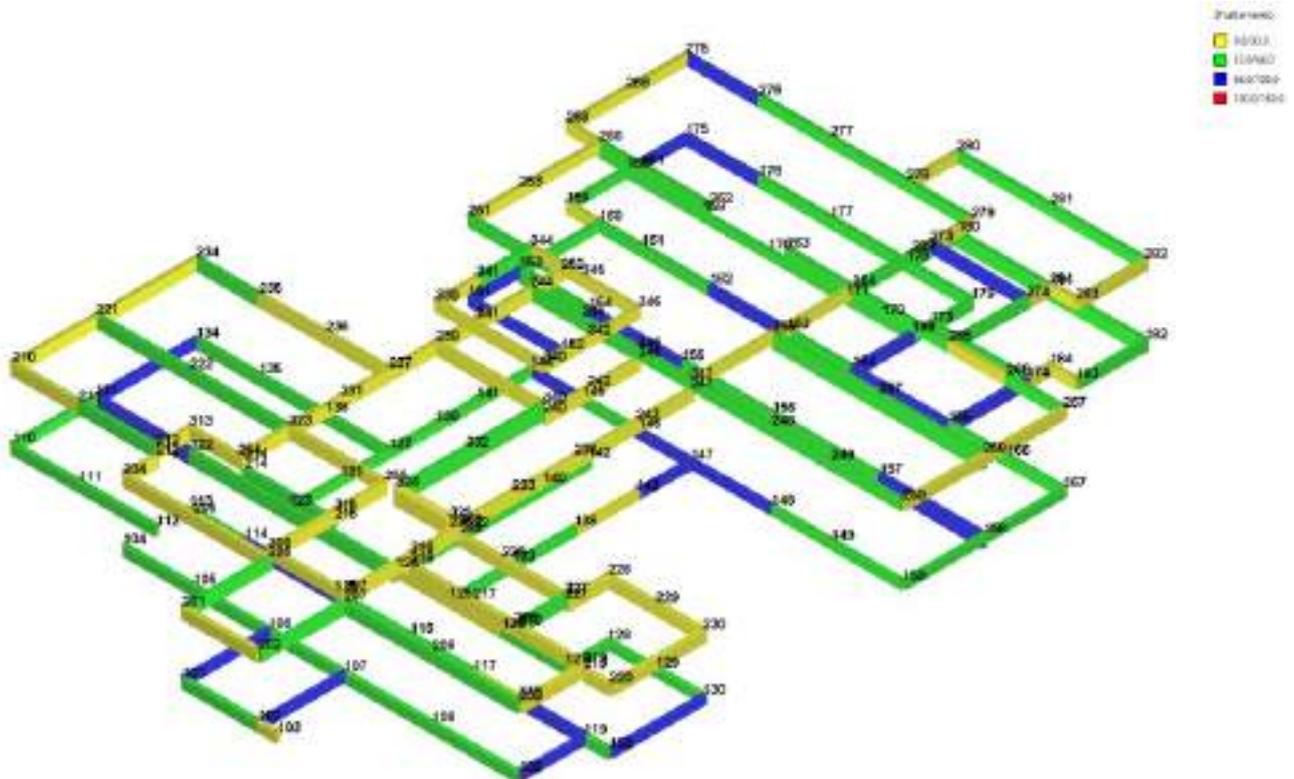


Figura 6: Verifiche duttili travi: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.55agSlu = Capacita/Domanda\%$

Le verifiche a taglio delle travi invece presentano delle criticità

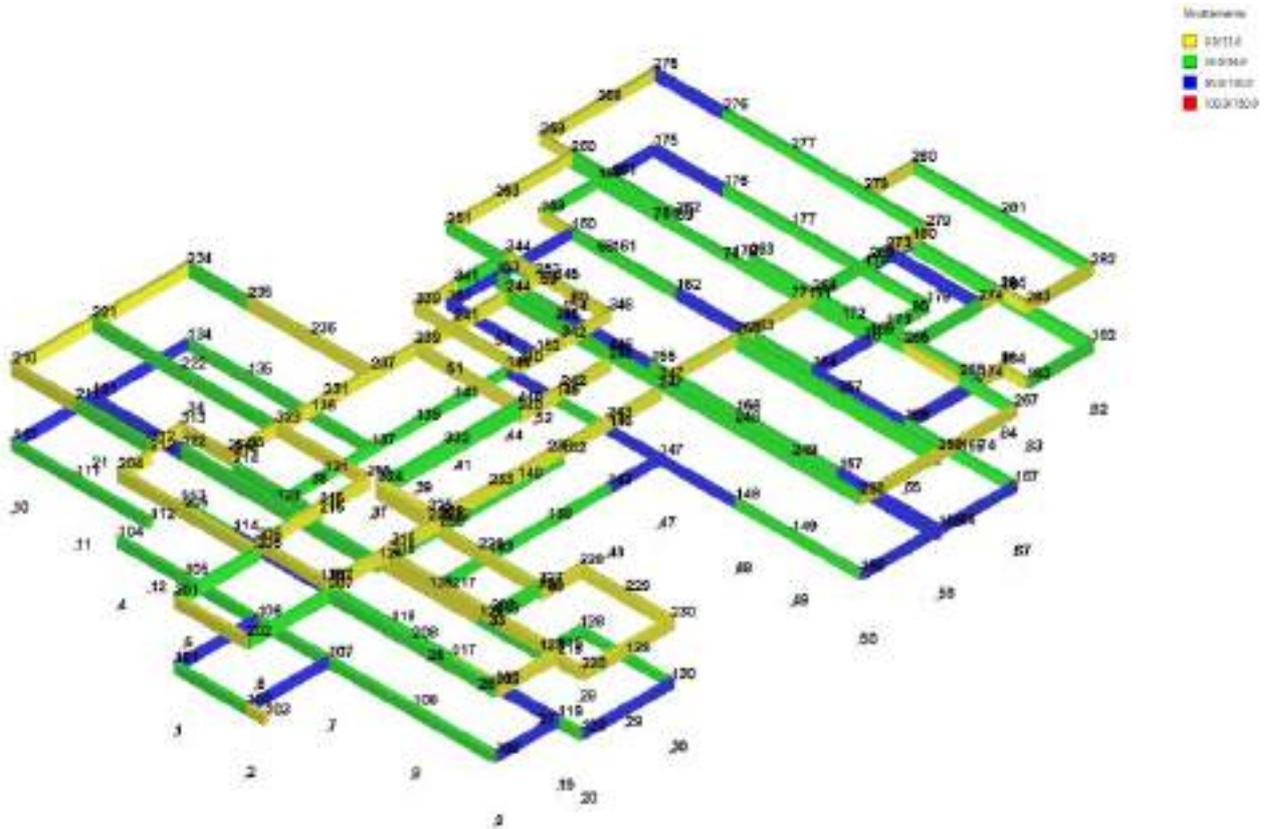


Figura 7: Verifiche duttili travi: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.27agSlu = Capacita/Domanda\%$

### 6.3.3 Verifiche nodi non confinati

Alcuni nodi, mancando di armatura di confinamento, non rispettano i requisiti di resistenza richiesti con particolare riferimento alla verifica a taglio-trazione.

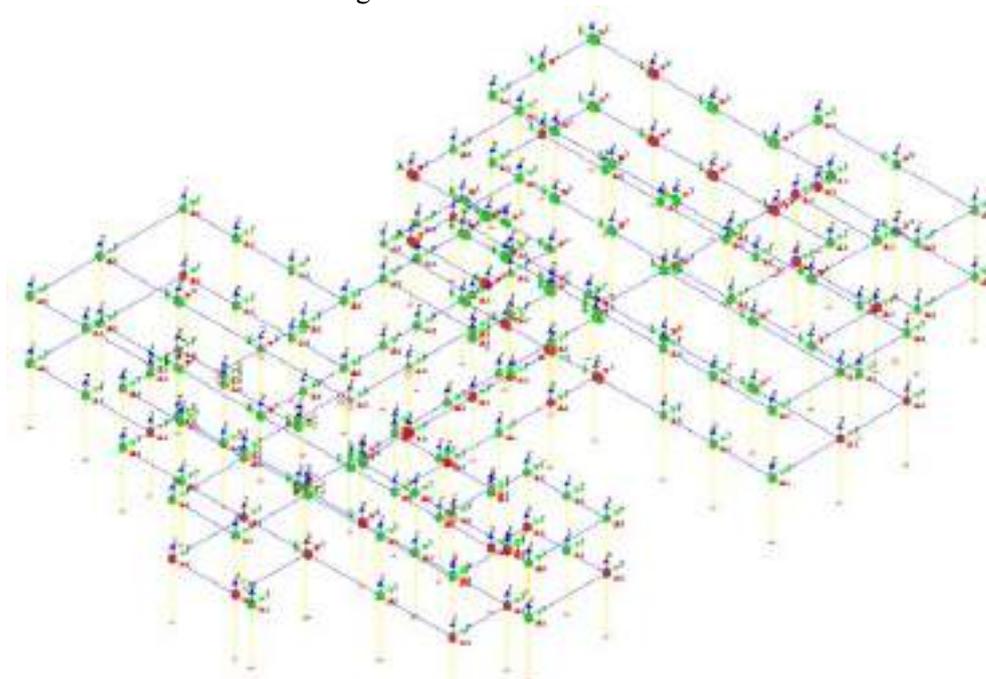


Figura 8: Verifiche fragili nodi: Verifiche nodi per  $agD=0.15agSlu = Capacita/Domanda\%$

### 6.3.4 Verifica a ribaltamento tamponature

La tamponatura esterna rilevata nel corso delle indagini diagnostiche è del tipo con blocco di lapillo cemento di spessore complessivo cm 10. La verifica all'espulsione ai sensi delle NTC (cfr. § 7.2.3 D.M. 2018), non risulta soddisfatta in quanto la muratura da 10 cm esterna risulta particolarmente fragile rispetto all'azione sismica con un coefficiente di sicurezza risulta  $0.25 < 1$ . Pertanto, si dovrà prevedere la messa in opera di sistemi antiribaltamento.

### 6.3.5 Risultati indice di sicurezza

L'indice di sicurezza sismica della struttura  $\zeta_E$  è definito come il rapporto tra l'azione sismica corrispondente al raggiungimento della capacità della struttura e la domanda sismica allo stato limite considerato (Stato Limite ultimo, di danno e di operatività) in termini di accelerazione. Si riportano di seguito le tabelle riassuntive degli indici di sicurezza divisi per elementi.

#### PILASTRI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
PILASTRI	TAGLIO	0.303	0.33
PILASTRI	FLESSIONE	0.205	0.27

#### TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
TRAVI	TAGLIO	0.391	0.40
TRAVI	FLESSIONE	0.186	0.27

#### NODI NON CONFINATI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
NODI	TAGLIO TRAZIONE	0.15	0.27

L'indice di sicurezza globale è il minore fra tutti gli indici calcolati:  $\zeta_E (a_g) = 0.15$ ,  $\zeta_E (T_R) = 0.27$ , corrispondente a PGA (capacità) =  $0.40 \text{ m/sec}^2$  e periodo di ritorno  $T_R = 30$  anni.

Per maggiori chiarimenti si demanda all'allegato B contenente la tavola Fase2\_RTD\_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD"

## 7 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO E INDICI DI RISCHIO POST INTERVENTO

L'edificio scolastico presenta criticità estese a tutti gli elementi in elevazione. In una situazione di debolezza diffusa, gli interventi puntuali sui singoli elementi risulterebbero estremamente invasivi e particolarmente costosi. Sulla base anche di esperienze similari, si propone un rinforzo strutturale che può consentire di raggiungere l'adeguamento sismico con interventi da adottare sull'involucro esterno della struttura. Ciò è

consentito anche dal fatto che l'edificio è isolato e libero sui lati. In particolare il rinforzo avviene con la costruzione di telai/contrafforti esterni da collegare rigidamente al corpo di fabbrica, dislocati possibilmente nei quattro angoli dello stesso. Gli elementi saranno dimensionati in modo da assorbire la quota di azioni contro cui attualmente il corpo strutturale non è in grado di offrire sufficienti garanzie di sicurezza. Unitamente a questo si dovrà intervenire sulle tamponature mettendo in opera dei sistemi antiribaltamento e sugli elementi strutturali ammalorati e degradati del piano seminterrato al fine di ripristinare le originarie sezioni resistenti. Altri ripristini riguarderanno i solai ammalorati in misura stimata nel 20% delle superfici.

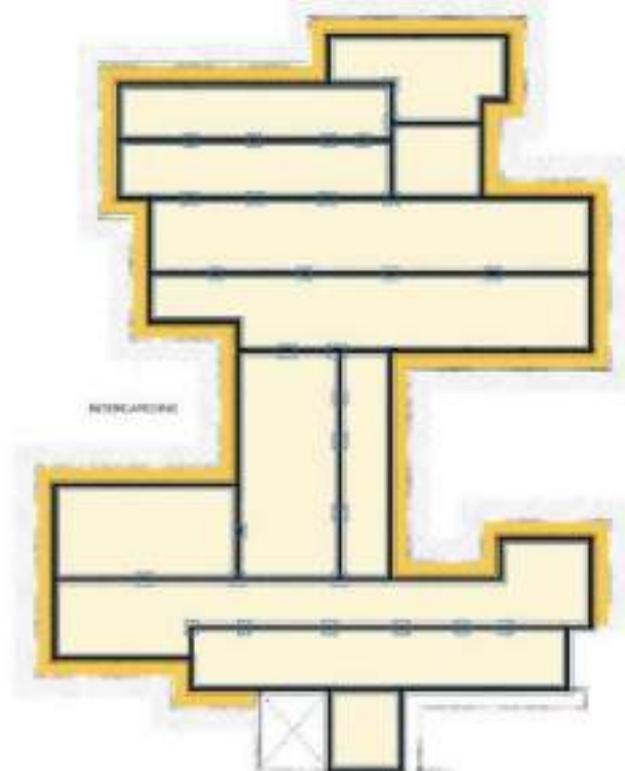
### IPOTESI DI INTERVENTO



PIANO TERRA



PIANO CANTINATO



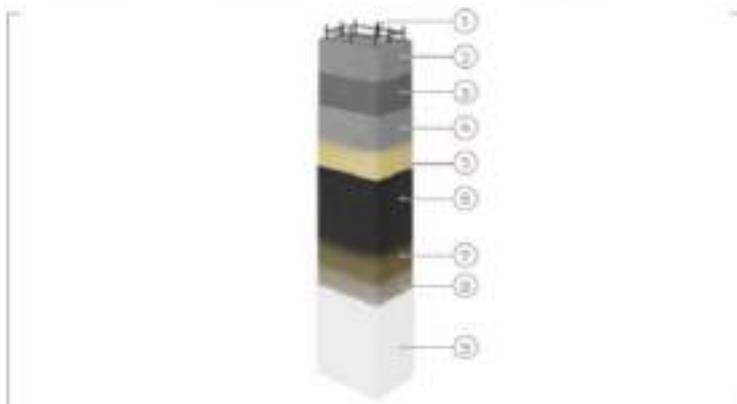
## 1. Ripristino sezione resistente di travi e pilastri

## 2. Aumento delle sezioni resistenti su travi e pilastri

Il progetto prevede interventi di ripristino della sezione resistente di travi e pilastri estremamente ammalorati. Tale fenomeno di riduzione della sezioni è stato riscontrato specificatamente negli elementi strutturali del piano cantinato. Suddetto intervento verrà seguito dall'eventuale aumento delle sezioni resistenti su travi e pilastri in funzione dei risultati ottenuti tramite i calcoli strutturali. L'aumento delle sezioni verrà eseguito tramite ringrosso della sezione in c.a. o attraverso l'utilizzo di fibre di FRPP. Di seguito si riporta la scheda tecnica per l'intervento tipo di rinforzo di pilastri.

### RINFORZO DI PILASTRI

### FASCIATURA DEI PILASTRI PER INCREMENTARE IL CONFINAMENTO E IL TAGLIO MEDIANTE FRP: TESSUTI MAPEWRAP SYSTEM



#### PROCEDURA TECNICA DI INTERVENTO

L'intervento di rinforzo di pilastri (a taglio o per confinamento) si realizza disponendo, ortogonalmente allo sviluppo longitudinale degli stessi, tessuti in fibra di carbonio unidirezionali MAPEWRAP applicati mediante ciclo epossidico. Dopo aver eseguito la preparazione del supporto (SCHEDE 1A), arrotondando gli spigoli vivi dei pilastri con raggio di curvatura di almeno 20 mm, e le eventuali operazioni di ripristino (SCHEDE 1C) si procede come di seguito descritto:

- ➔ Applicare sulla superficie da rinforzare il primer epossidico bicomponente MAPEWRAP PRIMER 1 (foto A).
- ➔ Stendere a spatola, sul primer fresco, uno strato uniforme di 10-15 mm di stucco epossidico bicomponente MAPEWRAP T1 o MAPEWRAP T2 (\*) (foto B).
- ➔ Applicare sullo stucco epossidico ancora fresco, uno strato di resina epossidica fluida per l'impregnazione dei tessuti MAPEWRAP 3I (foto C).
- ➔ Tagliare con forbici il tessuto MAPEWRAP C UNI-AX nella lunghezza desiderata.
- ➔ Fasciare il pilastro mediante fogli di tessuto MAPEWRAP C UNI-AX disposti ortogonalmente all'asse longitudinale dello stesso ed in forma di anello chiuso. Passaggio con RULLINO PER MAPEWRAP al fine di eliminare eventuali bolle d'aria (foto D).
- ➔ Applicare un secondo strato di MAPEWRAP 3I (foto E).
- ➔ Spargere con sabbia di QUARZO 1,2 asciutta la resina fresca (foto F).
- ➔ Trascorsa almeno 24 ore dall'applicazione dei tessuti, procedere alla rasatura con rasanti cementizi della linea PLANITOP.

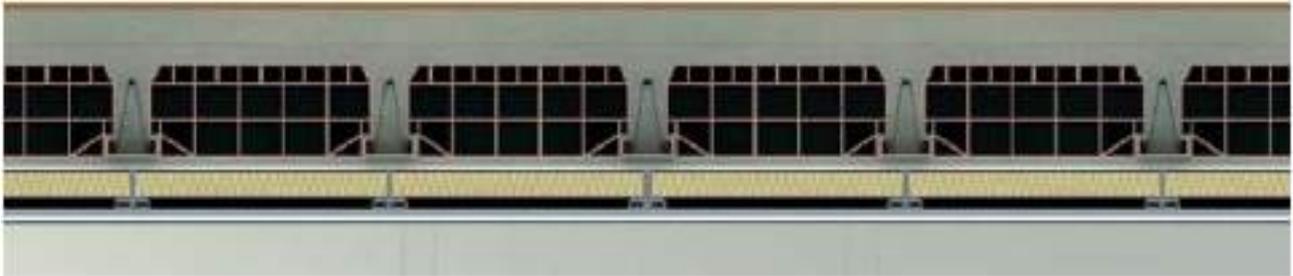
(\*) Per un tempo di lavorabilità maggiore è possibile impiegare MAPEWRAP T2.



### 3. Interventi su solai ammalorati

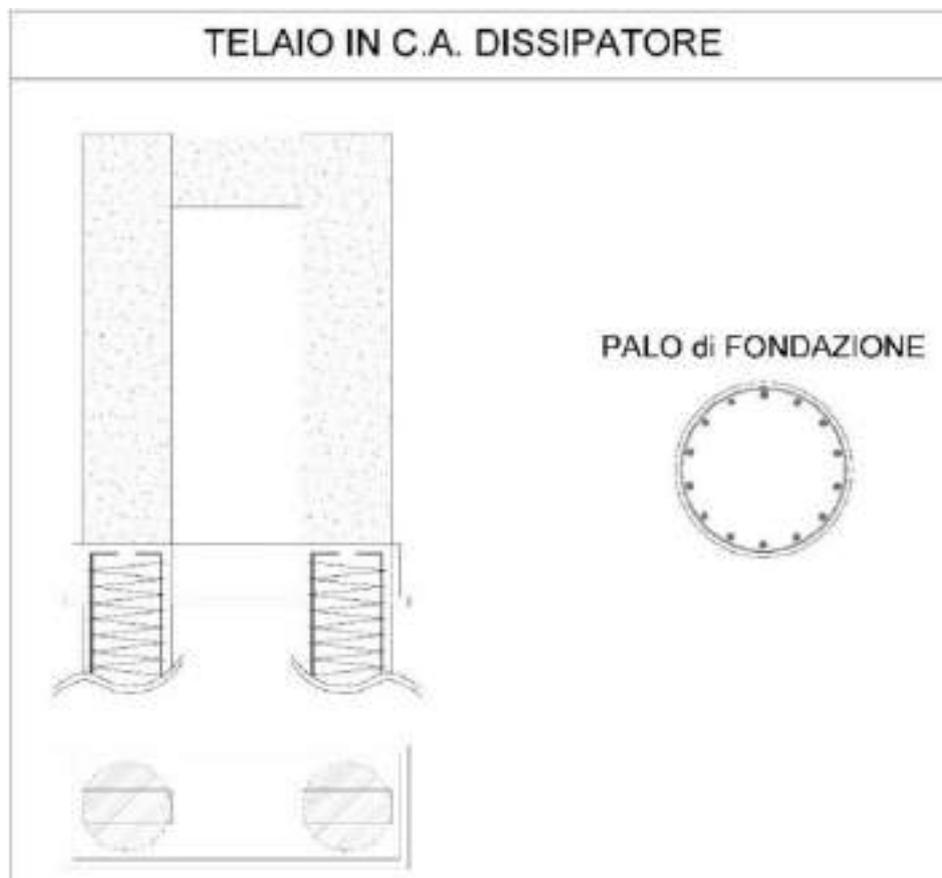
### 4. Interventi su solaio di collegamento tra la trave di piano terra e intercapedine esterno

Si prevedono interventi di antisfondellamento dei solai esistenti tramite l'installazione di un controsoffitto interno, di contenimento, in aderenza rispetto al solaio realizzato con lastre in gesso rivestito su orditura metallica singola, atto a garantire il contenimento per solai in latero-cemento soggetti a tale fenomeno. L'orditura sarà fissata al solaio tramite ganci distanziatori e rivestita con un singolo strato di lastre in gesso.



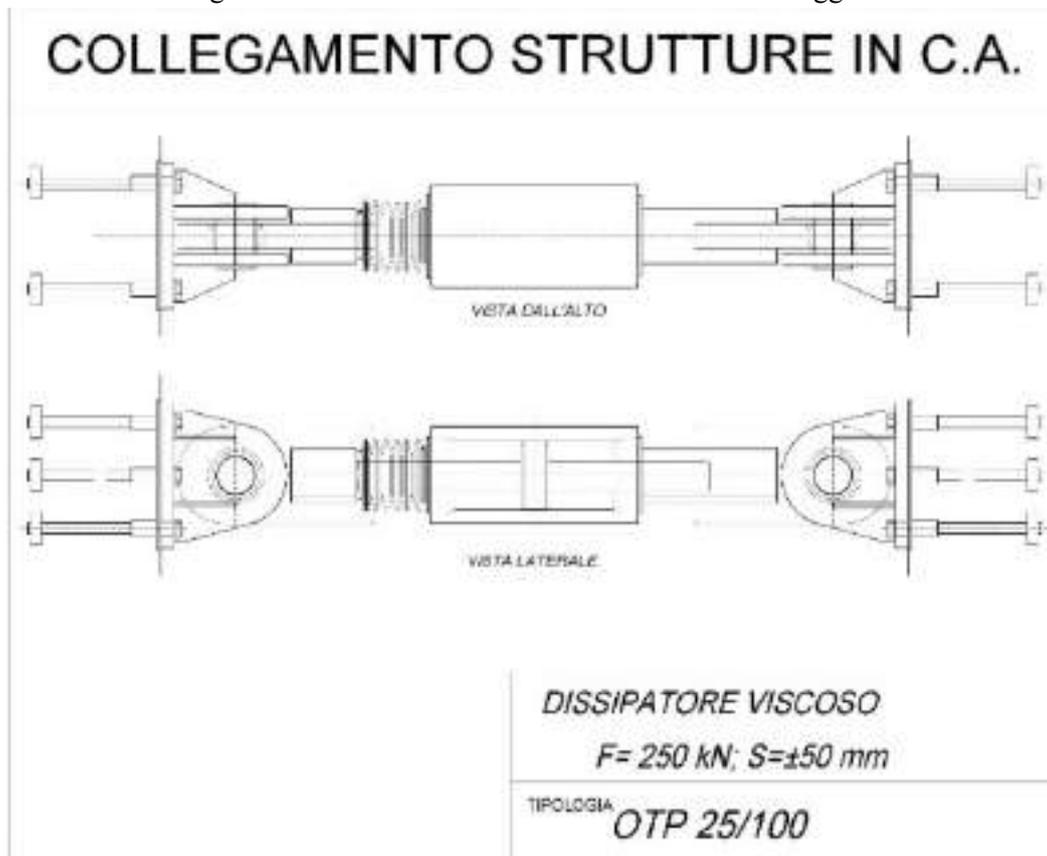
### 5. Realizzazione di setti in c.a. di contrasto alle forze orizzontali

L'idea progettuale scaturisce dalla considerazione di non agire solamente dal lato della capacità, incrementando la resistenza della struttura, ma anche riducendo significativamente la domanda sismica trasmettendo gran parte delle sollecitazioni a nuovi elementi resistenti costituiti da telai esterni, con funzione di contrasto, collegati alla struttura esistente mediante dissipatori sismici. Il sistema adottato, oltre ad agire sul grado di sicurezza delle strutture, diminuisce le accelerazioni e gli spostamenti di interpiano, con conseguente riduzione anche dei danni agli elementi non strutturali, ai dispositivi mobili ed agli impianti. La posizione dei telai viene determinata da considerazioni strutturali, funzionali ed architettoniche.



## 6. Dissipatori sismici del tipo fluido-viscosi

I dissipatori e i setti in c.a. avranno il compito di contrastare le forze orizzontali generate dall'evento sismico. Tali dissipatori sono dispositivi meccanici che reagiscono con forze che si oppongono a quelle sismiche (diminuendo quindi lo spostamento richiesto) e allo stesso tempo sottraggono energia all'input, riducendo quella che sarà assorbita dagli elementi strutturali ed in definitiva il loro danneggiamento.

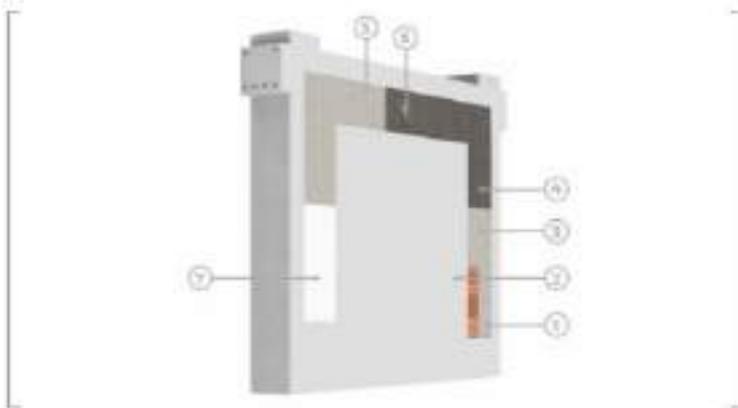


## 7. Sistema di protezione antiribaltamento delle partizioni non strutturali

L'intervento finalizzato al rinforzo dei tramezzi ed al loro collegamento alle strutture di confinamento perimetrale (travi, solai, pilastri/pareti), si articola secondo le seguenti fasi di lavorazione

- Rimozione dell'intonaco esistente dalle superfici di intervento.
- Depolverizzazione delle superfici stonacate e lavaggio con acqua a bassa pressione
- Inserimento dei connettori costituiti da barre in acciaio inox elicoidali
- In entrambi i lati del tramezzo, procedere con l'applicazione di malta strutturale con bassa classe di resistenza
- Sulla malta ancora fresco, posizionare la rete strutturale in fibra di vetro
- Inserire per ogni barra appositi fazzoletti quadrati di rete (dimensioni circa 10x10cm) e procedere alla piegatura delle barre, mediante idonea piegaferri, fino a portare le stesse in posizione di perfetta adiacenza con la rete
- Terminare l'intervento con l'applicazione del secondo strato di malta strutturale
- Lo spessore totale dell'intervento sarà di circa 12-15 mm e la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo
- L'intervento sarà eseguito nelle pareti che delimitano i connettivi ai vari piani.
- Si riporta di seguito la schede tecnica dell'intervento.

## SISTEMI DI ANTIRIBALTAMENTO SU TAMPONAMENTI E TRAMEZZE PRESIDIO LOCALE DAL RIBALTAMENTO MEDIANTE RASATURA ARMATA A BASSO SPESSORE: FRCM SYSTEM (PARTE A)



- ←
- 1 | TAMPONAMENTO ESISTENTE
  - 2 | INTONACO ESISTENTE
  - 3 | PLANITOP HDH MAXI
  - 4 | MAPEGRID G 120
  - 5 | PLANITOP HDH MAXI
  - 6 | MAPEWRAP SG FIOCCO
  - 7 | RASATURA

### PROCEDURA TECNICA DI INTERVENTO

Al fine di evitare il ribaltamento dei tamponamenti o delle tramezze a seguito di un evento sismico, si procede alla realizzazione di un fascio a cavallo del giunto tra la struttura in c.a. e gli stessi tamponamenti o tramezzi mediante l'impiego di prodotti della linea MAPEI FRCM SYSTEM.

È possibile procedere come di seguito descritto:

- Rimuovere l'intonaco esistente tra tamponamento/tramezza e scafo/trave per una zona pari a circa 50 cm, in modo da conformare una sezione di lato 25 cm x 25 cm.
- Forare per l'intero spessore il tamponamento o la tramezza per la successiva applicazione del fiocco-connettore di diametro pari a  $\varnothing$  16 mm e occludere temporaneamente il foro con apposito segnalino rimovibile.
- Rimuovere dalla superficie il materiale incoerente e lavare con acqua a bassa pressione in modo da avere le superfici umide prima dell'esecuzione delle fasi successive (foto A).
- Applicare il primo strato di malta cementizia bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità **PLANITOP HDH MAXI** per uno spessore pari a 5-6 mm (foto B).
- Posizionare contestualmente a cavallo della tamponatura (o tramezza) la rete in fibre di vetro A.R. alcali resistenti pre-apprettata **MAPEGRID G 120** in modo da aprire i 50 cm precedentemente liberati (foto C).
- Applicare il secondo strato di **PLANITOP HDH MAXI** quando il primo è ancora fresco, in modo da coprire completamente la rete in fibre di vetro, per uno



## 8 STIMA DEGLI INDICATORI DI RISCHIO RAGGIUNGIBILI

Con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) l'insieme degli interventi proposti può consentire di ottenere l'adeguamento sismico ai sensi delle NTC2018 e relativa circolare applicativa innalzando l'attuale indice di sicurezza fino al valore  $\zeta_E=0.8$ . Tale valore è sufficiente a conseguire l'adeguamento sismico alla luce di quanto indicato al par. 8.4.3 delle NTC, non ricadendo nei casi a), b) o d) ai sensi del par. C.8.4.3 della Circolare 21 gennaio 2019 N.7. Infatti l'intervento è solo finalizzato all'adeguamento sismico deciso a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza. Nei riguardi degli SLU-SLV vengono soddisfatte tutte le verifiche. Le verifiche in termini di deformazione agli SLE (SLD) risultano ampiamente rispettate. Nella tabella successiva vengono riportati gli indici di rischio agli SLV per tutti gli elementi.

<b>Plesso infanzia</b>				
elemento	Verifiche duttili ( $ag_d/ag_d$ )%	Verifiche fragili ( $ag_d/ag_d$ )%	Verifiche Nodi ( $ag_d/ag_d$ )%	Indice di sicurezza $\zeta_E$
Travi	80	80	---	0.8
Pilastri	80	80	80	0.8
<b>INDICE DI SICUREZZA GLOBALE POST INTERVENTO <math>\zeta_E (A_g) = 0.8</math></b>				