



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNIA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



COMUNE DI SEDILO

PROVINCIA DI ORISTANO



PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ DELLA REGIONE SARDEGNA - INTERVENTO DI ASSE I "SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO"

RIQUALIFICAZIONE DEL PLESSO SCOLASTICO INFANZIA, PRIMARIA E SECONDARI DI I GRADO

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:

Ing. Alessio Bellu
Arch. Stefano Piano
Arch. Anna Corda
Arch. Roberta D'Angelo
Arch. Luca Frongia
Dott. Forest. Antonio Mario Denti
Dott.ssa Stefania Uda

Gruppo di lavoro:

Ing. Giovanni Antonio Mura
Ing. Roberto Barracu
Ing. Sandro Uda
Arch. Cristina Cabula
Ing. Davide Piga
Geom. Elio Piras
Geom. Alberto Betterelli
Geom. Luca Casu
Ing. Jacopo Congiu
T.I.E.E. Fabrizio Soma
Ing. Egidio Rubanu
Arch. Salvatore Mula
Arch. Gaia Tedde
Arch. Alessio Cuboni

Geom. Daniele Piras
Ing. Giampaolo Mugheddu
Arch. Gina Piredda
Arch. Manuela Demurtas
Dott.Geol. Simone Asoni
Arch. Eleonora Betteghella
Arch. Maria Pirastu
Arch. Francesco Farris
Dott.ssa Federica Pitzalis

Il Sindaco
Dott. Salvatore Pes

Il RUP
Geom. Antonino Faedda

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

01 - ELABORATI GENERALI

Indagini geologiche e report indagini e idoneità strutture esistenti 2019

PROGETTO	RESPONSABILE	CODICE ELABORATO			
MT1220	G.A. Mura	MT1220	F	01EG	05REL
C	seconda emissione	Novembre 2025	S.Piano	A.Bellu	G.A. Mura
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI NUORO
N. A107 - Settori A B C
Dr. Ing. Giovanni Antonio Mura

PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@” DELLA REGIONE SARDEGNA- INTERVENTO DI ASSE I “SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO”

COMUNE DI SEDILO

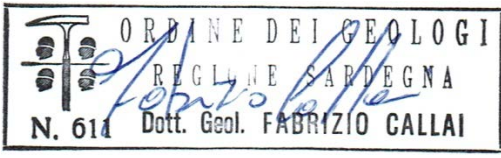


Professionisti:

Dott. Geol. Fabio Fanelli



Dott. Geol. Fabrizio Callai



Società incaricata dell'indagine:



Professionisti incaricati:

Dott. ssa Geol. Bruna Pendugiu

Collaboratori:

Dott. Geol. Giovanni Montesi

ALLEGATO

RELAZIONE ALL'INDAGINE SISMICA

INDICE

1	GENERALITÀ	3
2	METODO MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	5
2.1	Strumentazione utilizzata.....	6
2.2	Caratterizzazione sismica del sito	6
2.3	RISULTATI DELL'ANALISI MASW	9

1 GENERALITÀ

La Dott. ssa Geol. Bruna Pendugiu con sede in Vico Il Colombo, 7, 08049 Villagrande Strisaili (NU) P.IVA. 01045470919, ha conferito alla società Geologica S.r.l.s., con sede in Via Cuba n. 20 a Serramanna, sede operativa in Via Tempio n. 3 a Monastir, P.IVA 03612320923, l'incarico professionale per la predisposizione della campagna investigativa geofisica di tipo indiretto al fine di procedere alla caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione in accordo con le NTC 2018.

L'indagine sismica con metodo MASW è stata condotta a supporto del progetto di **“Piano straordinario di edilizia scolastica Iscol@” della Regione Sardegna- Intervento di Asse I “Scuole del nuovo millennio”**.

Nelle pagine seguenti vengono riassunti i risultati dell'indagine sismica condotta nel sito oggetto di intervento mediante la metodologia **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**.

La definizione dell'indagine sismica è stata fatta sulla base delle opere in progetto e con il supporto delle indicazioni acquisite durante i sopralluoghi preliminari. I punti di investigazione sono stati ubicati, compatibilmente alle condizioni logistiche dei luoghi.



Figura 1 – Planimetria riportante l'area interessata dall'indagine geofisica.



Figura 2 – Panoramica dello stendimento sismico MASW in direzione Est-Nord-Est.



Figura 3 - Panoramica dello stendimento sismico MASW in direzione Ovest-Sud-Ovest.

2 METODO MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La tecnica consiste nella registrazione multicanale di segnali sismici generati da sorgenti impulsive all'interfaccia della superficie libera del terreno. Si tratta di una prova totalmente non invasiva basata sulla propagazione di onde di superficie (Rayleigh e Love) per la stima del profilo di velocità delle onde di taglio V_s , nell'ipotesi di semispazio monodimensionale, caratterizzato da legame costitutivo (visco-) elastico lineare. Le prove per onde superficiali sfruttano le caratteristiche dispersive dei mezzi stratificati. In altre parole, in presenza di un mezzo multistrato, la velocità di fase e di gruppo del segnale risulta dipendente dalla frequenza di eccitazione. Per questo motivo, le componenti spettrali ad alta frequenza forniscono informazioni sugli strati più superficiali, perché caratterizzate da una minor capacità penetrativa, a causa della maggiore attenuazione subita durante il percorso all'interno del mezzo di propagazione. Viceversa, le componenti a grande lunghezza d'onda e bassa frequenza permettono di ricavare informazioni circa le proprietà dei terreni più profondi, così come schematizzato in Figura 4. Il profilo di velocità $V_s(z)$ in funzione della profondità z viene determinato attraverso la soluzione di un problema inverso.

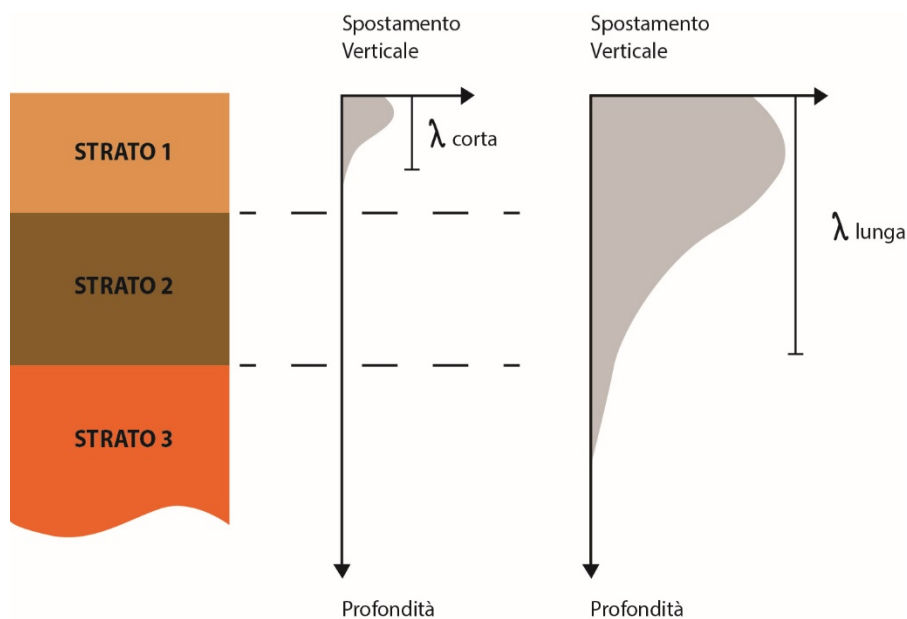


Figura 4 - Dipendenza della profondità di indagine dalla frequenza del segnale.

L'analisi MASW dei segnali sismici può essere sintetizzata in alcuni passi fondamentali: la prima fase consiste nell'estrazione, mediante picking, della curva di dispersione sperimentale a partire dall'analisi spettrale del segnale nel dominio di Fourier. In altre parole, dopo aver selezionato l'intervallo caratterizzato da massima ampiezza nello spettro $f-k$ (frequenza-numero d'onda) si ricostruisce la curva $V(f)$ (velocità – frequenza) o $S=S(f)$ (lentezza – frequenza). La seconda fase di elaborazione consiste nella soluzione del problema inverso. Solitamente si parte da un modello di partenza con un numero prestabilito di strati sovrapposti, ciascuno caratterizzato da un proprio valore di velocità V_s ,

da spessore H e densità ρ . In tal modo, modificando iterativamente il modello iniziale, si perviene ad una curva di dispersione sintetica, calcolata in base alle caratteristiche del modello, in accordo con quella sperimentale. Al termine del processo di inversione si ottiene pertanto un campo unidimensionale di velocità delle onde di taglio, stimato a partire dai valori di velocità delle onde di superficie.

2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è quella classica per le indagini sismiche attive a rifrazione-riflessione, cioè un sistema digitale di acquisizione dati costituito da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitore A/D e supporto di visualizzazione e memorizzazione dei dati in formato digitale. In particolare, è stato utilizzato il sismografo PASI Mod.16S24U con 24 canali di acquisizione, dotato di filtri analogici e digitali, filtro notch a 50 Hz, AGC, con dinamica di base di 24 bit. Le registrazioni vengono acquisite tramite PC esterno collegato direttamente allo strumento. I sensori di ricezione, utilizzati per la misura, sono 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a bobina mobile con frequenza propria di 4.5 Hz, connessi tramite cavo alla centralina di acquisizione. La sorgente di onde sismiche è costituito da una grave (maglio) di 8 kg lasciato cadere sul terreno. Il sistema di trigger utilizza un sensore (geofono starter) posizionato in prossimità del punto energizzato.

2.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Le acquisizioni sono state effettuate utilizzando un array composto da 24 geofoni da 4,5 Hz, posizionati con distanza intergeofonica (*group interval*) di 1,5 metri. La sorgente è stata collocata ad una distanza progressiva di 6,0-9,0 metri dal primo geofono ripetendo le tre acquisizioni su entrambi i lati dello stendimento (acquisizione diretta e inversa), in maniera tale da poter scegliere, in fase di elaborazione, la registrazione con il miglior rapporto segnale-rumore, agevolando l'estrazione della curva di dispersione sperimentale. Nel caso specifico per l'elaborazione è stata considerata l'acquisizione con il punto di energizzazione posto a 9 metri.

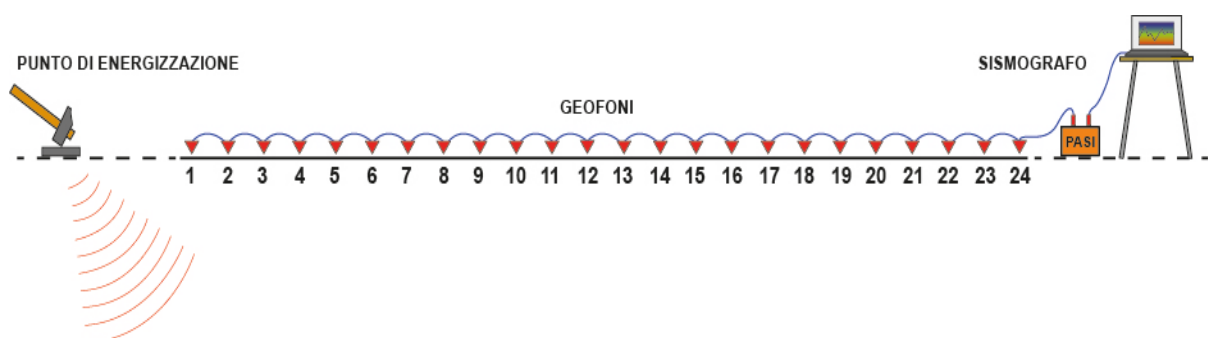


Figura 5 - Schema della geometria di acquisizione utilizzata.

Inoltre, questa procedura permette di valutare la presenza di rilevanti scostamenti dalle ipotesi di semispazio unidimensionale, assunte per l'analisi dei risultati. L'acquisizione è stata eseguita impostando un intervallo di campionamento di 250 μ s e una finestra di registrazione di 1024 ms. L'analisi spettrale dei dati sismici e il processo di inversione sono stati eseguiti con l'ausilio del software SWAN® (*Surface Waves Analysis*).

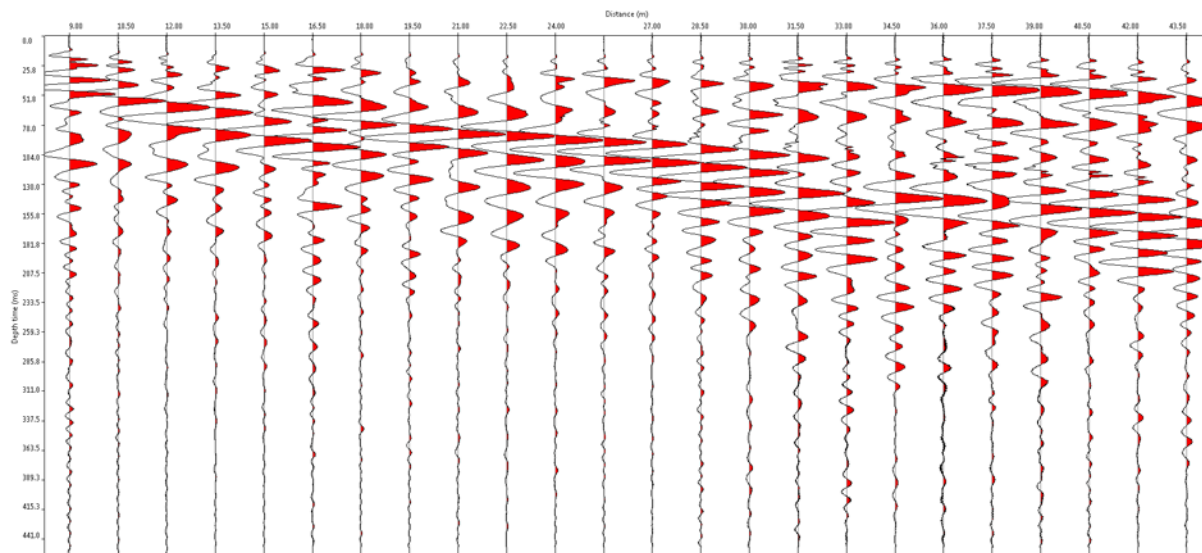


Figura 6 - Sismogramma relativo alla prova MASW.

In Figura 6 è riportato il sismogramma ottenuto dalla somma di diverse registrazioni temporali realizzate mantenendo invariata la geometria sorgente-ricevitori. È possibile osservare la separazione delle onde superficiali in funzione della frequenza di propagazione del segnale nel terreno, fenomeno progressivamente più evidente dal primo all'ultimo ricevitore. A partire dal sismogramma è stato calcolato lo spettro *Velocità V_R – Frequenza f* per l'estrazione della curva di dispersione sperimentale, riportato in Figura 6.

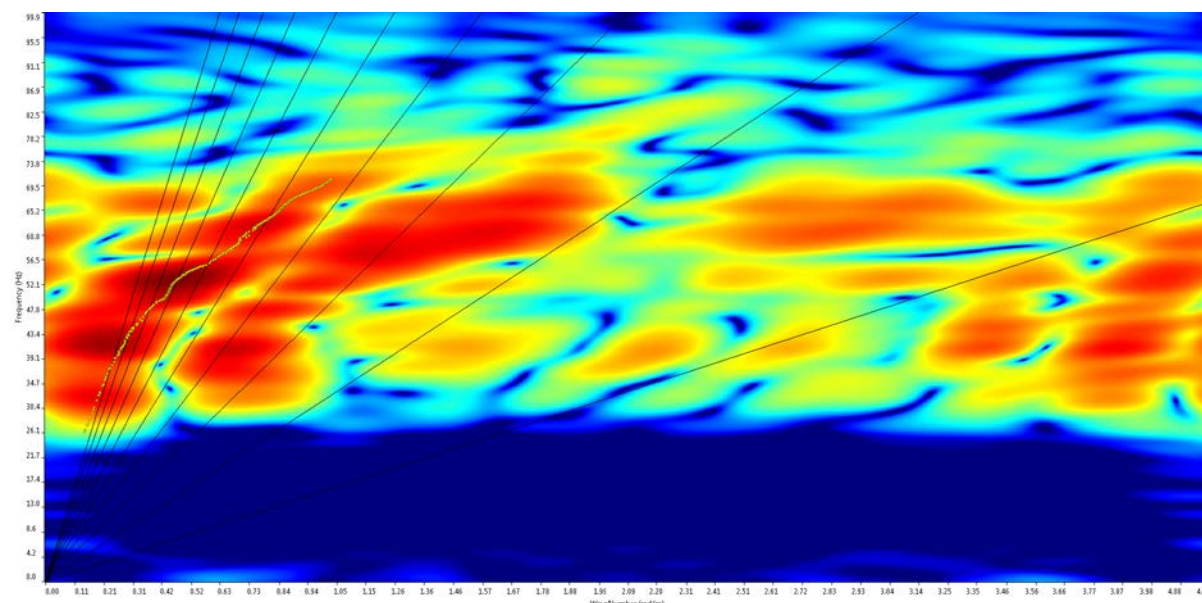


Figura 7 - Spettro FK con picking del modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

Il picking tiene conto delle massime ampiezze spettrali, nell'ipotesi che siano correlate principalmente all'energia associata alle onde di superficie (circa il 67 % dell'energia elastica è infatti trasportata da queste fasi). La curva di dispersione sperimentale è riportata in Figura 7 (colore viola) insieme alla curva di dispersione sintetica (colore blu).

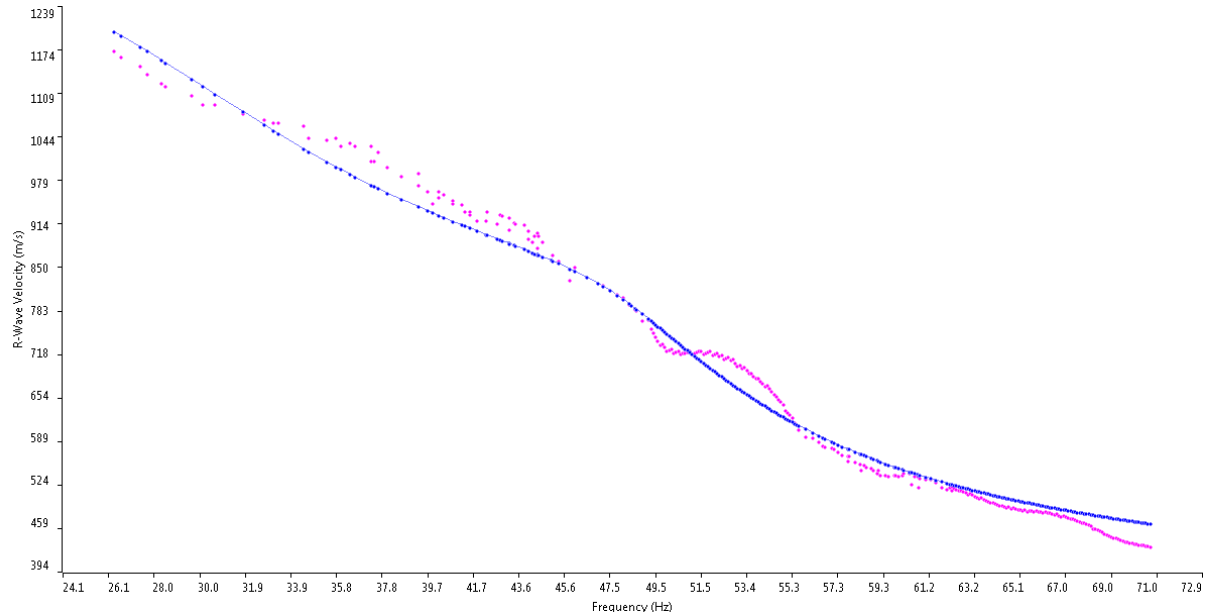


Figura 8 – Curva di dispersione sintetica e sperimentale.

Il profilo monodimensionale di velocità delle onde di taglio, associato alla curva di dispersione sperimentale, è riportato in Figura 9.

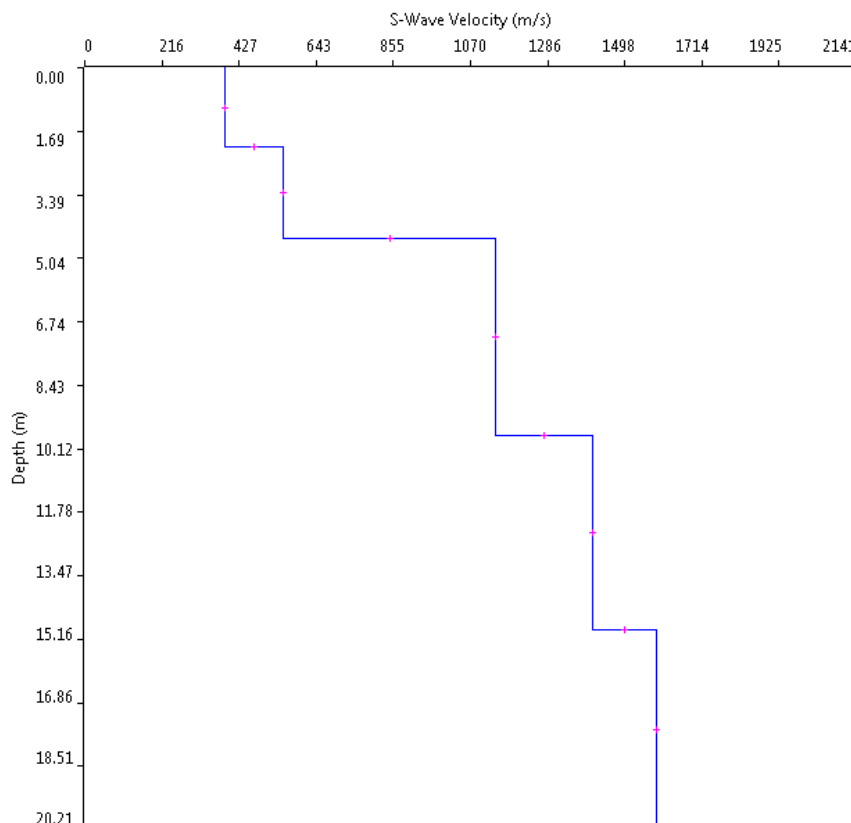


Figura 9 - Profilo di velocità delle onde di taglio per l'area di studio.

2.3 RISULTATI DELL'ANALISI MASW

Il risultato dell'elaborazione permette di osservare un profilo di velocità con valori di V_s progressivamente crescenti con la profondità e compresi tra circa 350 e 1600 m/s.

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato (H) è riferita al piano di imposta delle stesse.

Nel caso in esame si considerano:

H = 4,5 m
Profondità di posa della fondazione = -1 m

da cui deriva:

$V_{s,eq} = 524$ m/s

Pertanto, il terreno verrà classificato come tipo:

B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

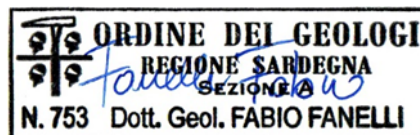
Maggio 2019

La società incaricata

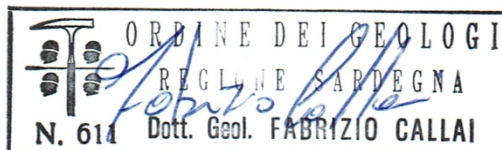
Geologica Srls


GEOLOGIKA srls
Sede Legale: Via Cuba, 20 - 09038 Serramanna (VS)
Sede Operativa: Via Tempio, 3 - 09023 Monastir (CA)
Tel. 348 5425302 - 328 1699466
C.F. P.IVA 03612320923

Dott. Geol. Fabio Fanelli



Dott. Geol. Fabrizio Callai



COMUNE DI SEDILO

PROVINCIA DI ORISTANO

PROGETTO: "Piano straordinario di edilizia scolastica Iscol@" della Regione Sardegna- Intervento di Asse I "Scuole del nuovo millennio"



COMMITTENTE

Amm. Comunale
Piazza San Giovanni
09076 SEDILO (OR)

IL TECNICO

Geol. Bruna Pendugiu
Collaboratore: Geol Salvatore Cabras



LUGLIO 2019

INDICE

	Pag.
1. Premessa.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO	3
2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
2.2. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	6
3. INTERVENTO IN PROGETTO	6
3.1. TIPO DI COSTRUZIONE E CLASSE D'USO.....	6
4. VINCOLI AMBIENTALI	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	7
5.1. ASSETTO GEOLOGICO GENERALE.....	7
6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO	8
7. CARATTERI GEOSTRUTTURALI GENERALI	9
8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA.....	9
8.1. IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	9
8.2. IDROGEOLOGIA.....	10
9. INDAGINI IN SITO	10
9.1. ANALISI DI LABORATORIO.....	11
10. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	13
11. INDAGINE SISMICA.....	14
12. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	17
13. CONCLUSIONI.....	19
ALLEGATI	
Tav. 1_Planimetria.....	21
STRATIGRAFIE POZZETTI	22
CERTIFICATI DI LABORATORIO	23

1. Premessa

Il presente studio è redatto a supporto del progetto "Piano straordinario di edilizia scolastica Iscol@" della Regione Sardegna- Intervento di Asse I "Scuole del nuovo millennio" che prevede una riorganizzazione del comprensorio scolastico, con l'accentramento delle aule destinate alla didattica delle scuole di primo e secondo grado in un unico edificio e la realizzazione ex novo di una palestra.

Lo studio è stato finalizzato alla individuazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e idrauliche dell'area e delle caratteristiche geotecniche e sismiche proprie dei terreni interessati dalle fondazioni della palestra in progetto e nella verifica delle fondazioni e dei terreni di fondazione delle strutture esistenti.

Lo studio è stato eseguito utilizzando i dati di bibliografia riferiti al territorio in esame, e integrati con le osservazioni dirette effettuate nel corso di un sopralluogo, in corrispondenza di affioramenti presenti nelle immediate vicinanze del sito. E' stata inoltre eseguita un'indagine geognostica consistente nell'apertura di tre pozzetti di ispezione e di 1 profilo sismico "M.A.S.W." per la definizione delle onde di taglio Vs, così come previsto dall'Ordinanza 3274 e dalle Nuove Norme Tecniche.

L'area destinata alle scuole è inserita nella zona periferica sud della Via Carlo Alberto nell'abitato di Sedilo.

Dal punto di vista urbanistico l'area è compresa in Zona C-Espansione residenziale Sottozona C2.

La zona è ubicata ai margini dell'altipiano basaltico di Campeda-Abbasanta, presenta una conformazione sub pianeggiante digradante dolcemente verso sud e risulta del tutto antropizzata.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E NORMATIVO

2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di studio è ubicata nel settore ovest dell'abitato di Sedilo, all'interno dell'area compresa tra Viale Giovanni XXIII e la Via Carlo Alberto (Tav.1).

Cartograficamente è compresa nel Foglio Geologico 205-206-C.Mannu-Macomer, inclusa nella carta dell'IGMI in scala 1:25.000 al F. 515 Sez. I Ghilarza e nella CTR in scala 1:10.000 al Foglio 515040.

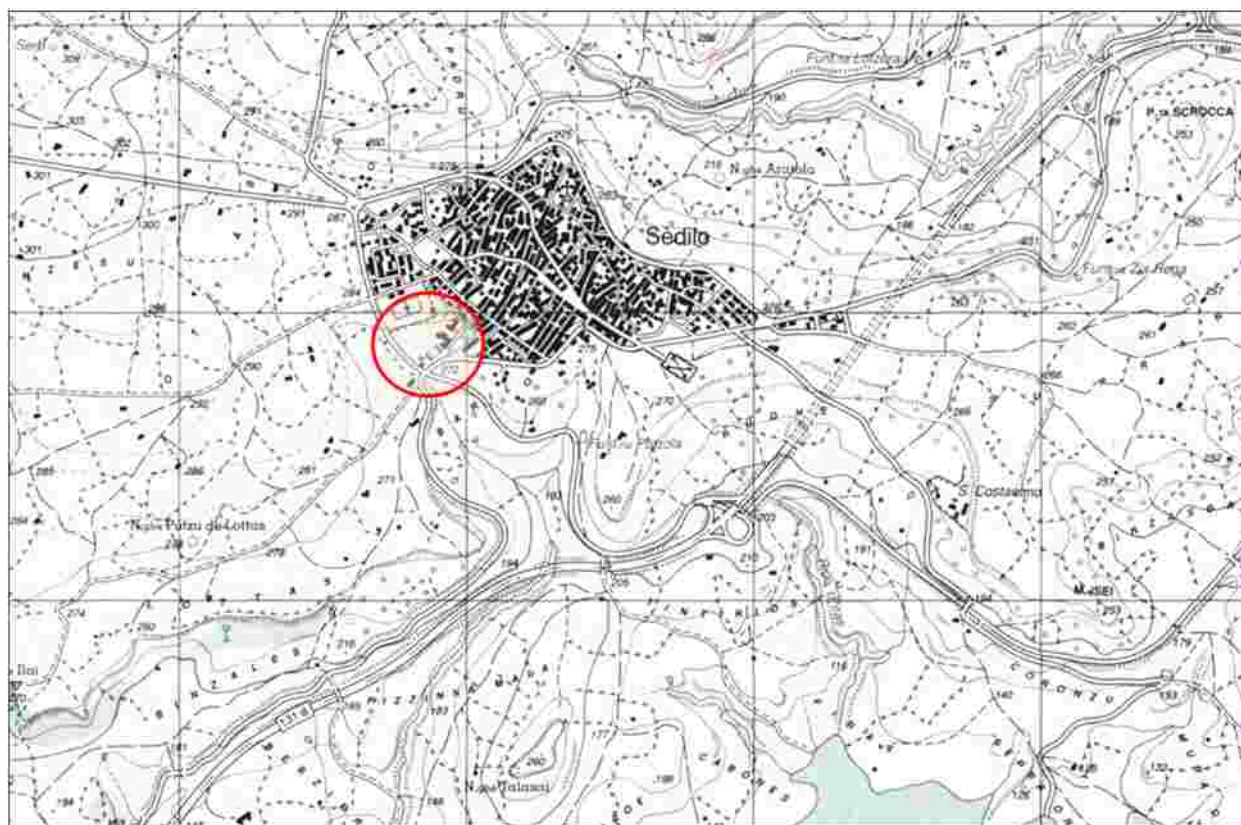


Fig. 1_ Inquadramento su IGMI in scala 1:25.000 al F. 515 Sez. I Ghilarza

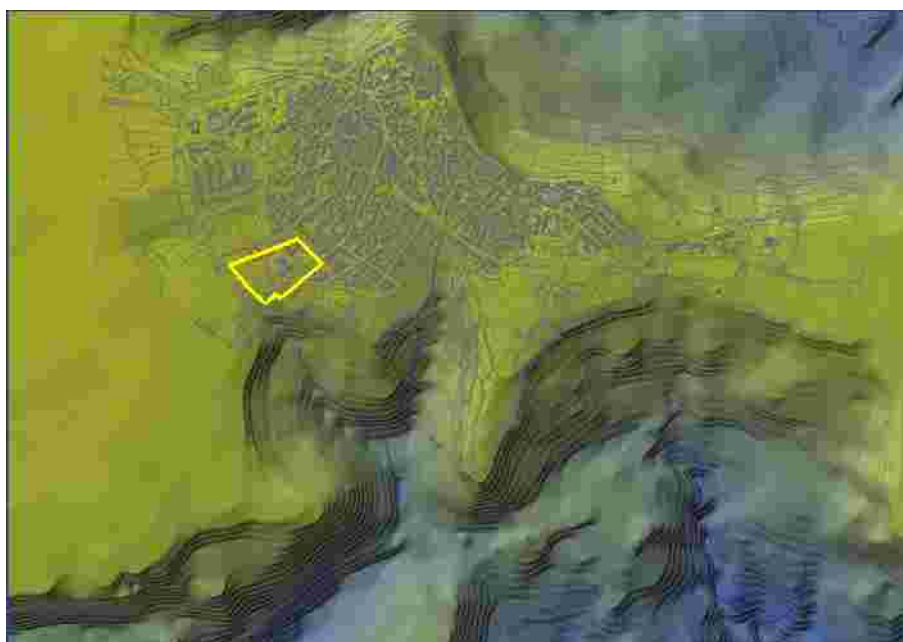


Fig. 2_Assetto morfologico del territorio.

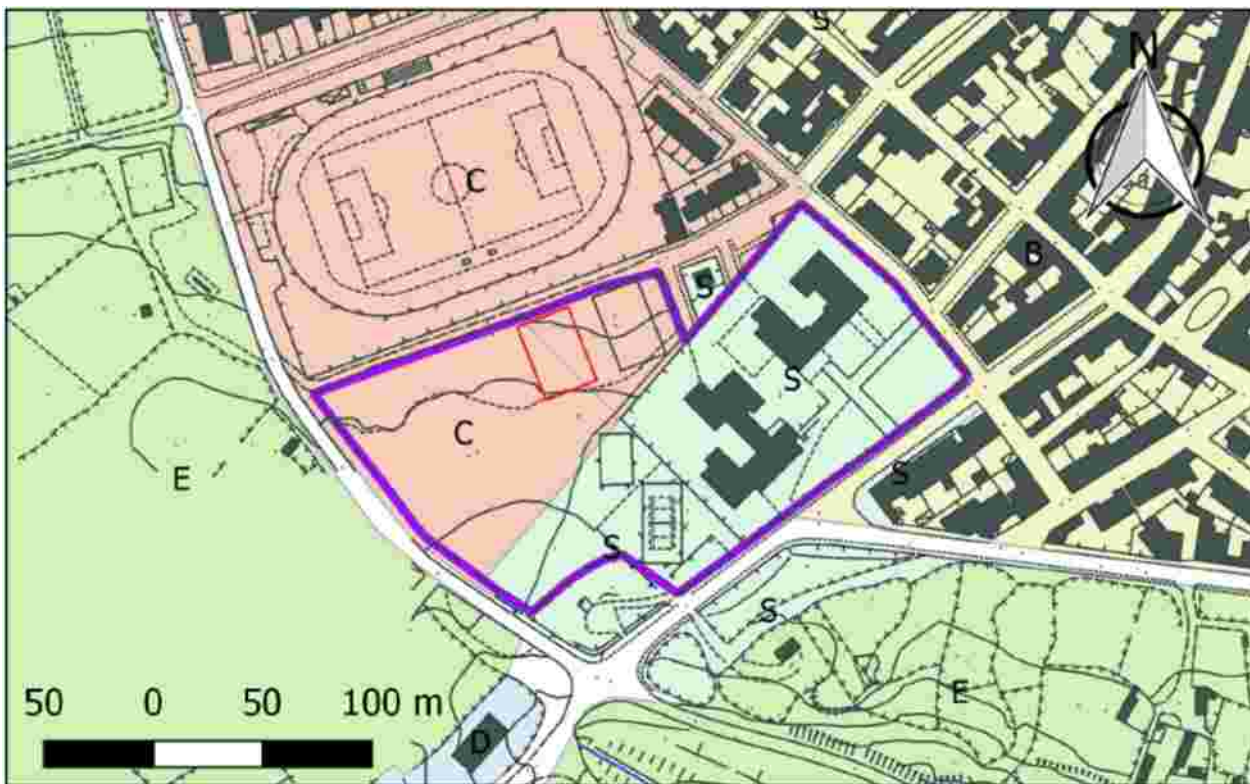


Fig. 3_Inquadramento del sito nella cartografia del PUC.

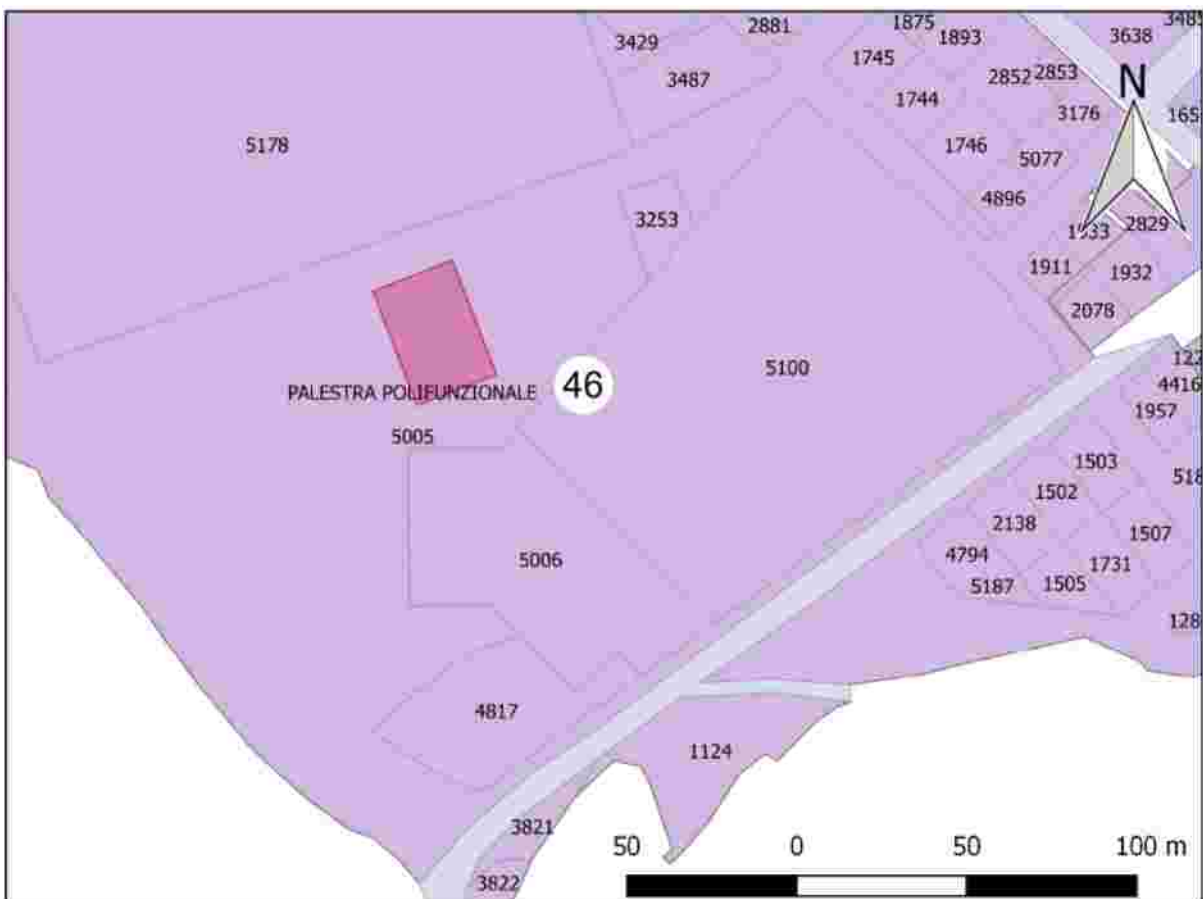


Fig. 4_Planimetria catastale

2.2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Lo studio è stato eseguito sulla base delle seguenti norme:

- D. M. 17.01.2018: Testo Unitario – Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018 - Circolare del 21 gennaio 2019, n.7;

3. INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto prevede la riorganizzazione del distretto scolastico e la realizzazione di una palestra. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali

3.1.TIPO DI COSTRUZIONE E CLASSE D'USO

L'intervento ricade nella seguente classe d'uso definita dal Decreto Ministeriale 17.01.2018: Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.

- **Tipo di costruzione 2:** Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie (Vita Nominale $V_N=50$ anni). Tab.2.4.1 delle NTC 2018_Valori minimi della Vita nominale di progetto V_N per i diversi tipi di costruzioni.
- **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. (Ndr. Scuole. Teatri, Musei, Tribune, sale con affollamenti significativi, etc.).
- **Coefficiente d'uso $C_u = 1,5$**
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N * C_u = 75$ anni**

4. VINCOLI AMBIENTALI

L'area non è sottoposta a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923, e non è censita nella cartografia del PAI, sia per quanto riguarda la pericolosità da frana che per la pericolosità idraulica, e del PSFF.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

La modellazione geologica dell'area di progetto si basa sulle informazioni di carattere generale desunte dalla cartografia ufficiale consultata, verificata con il rilievo di campagna eseguito nel sito direttamente interessato dall'intervento e nella zona circostante e completata con i dati dei terreni acquisiti in sito e in laboratorio.

L'area d'indagine si trova sul limite dell'altopiano di Campeda-Abbasanta formatosi dalla fuoriuscita di lave basiche, lungo fratture, durante il ciclo vulcanico Plio-quadernario.

5.1. ASSETTO GEOLOGICO GENERALE

L'assetto geologico è definito dai depositi quadernari, dai termini effusivi appartenenti al ciclo deposizionale Plio-pleistocenico e dai termini appartenenti alla successione vulcano sedimentaria Oligomiocenica strettamente collegata alla tettonica distensiva connessa con la deriva del blocco sardo-corso e l'apertura del Bacino balearico.

I termini più significativi per la definizione del modello geologico locale sono i seguenti: depositi quadernari e recenti; Unità di Dualchi, arenarie di Dualchi, Unità di Sedilo.

Depositi quadernari e recenti comprendono i suoli con associati eventuali depositi antropici, i depositi eluviali, i depositi colluviali e i depositi in alveo.

Il suolo presenta una matrice sabbiosa argillosa dovuta all'alterazione della roccia che costituisce il substrato, la potenza varia in funzione delle dinamiche deposizionali e della morfologia originaria su cui si è evoluto.

I depositi colluviali si individuano sui versanti alla base degli affioramenti rocciosi.

I depositi in alveo sono confinati nelle fascia di compluvio e nel settore in esame hanno una scarsa influenza sull'assetto geologico generale.

I depositi antropici nell'area sono costituiti da accumuli di blocchi provenienti da demolizioni di edifici vicini.

Unità di Dualchi (Plio Pleistocene): si colloca all'interno dei "basalti di Campeda e della Planargia" e comprende al suo interno andesiti e trachibasalti debolmente alcalini con presenza di fenocristalli di plagioclasio olivina e clinopirosseno con tessitura porfirica.

Le colate sono interessate da numerosi sistemi di fratture e fessure verticali o sub verticali, legate al raffreddamento dei magmi e alla tettonica e spesso accompagnate da processi di argillificazione.

Arenarie di Dualchi (Burdigaliano): sono rappresentate da sabbie grossolane conglomeratiche di colore variabile dal grigio al rossastro. Al loro interno contengono elementi provenienti dal basamento paleozoico e dallo smantellamento degli edifici vulcanici; livelli fossiliferi con scarsi pettinidi e, nella parte alta, livelli conglomeratici fossiliferi di ambiente fluvio-deltizio e litorale questo termine è compreso nella successione sedimentaria Oligo miocenica del bacino del Tirso.

Unità di Sedilo (Burdigaliano inf.): questa unità inserita nel distretto vulcanico di Ottana comprende depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, con livelli pomiceo-cineritici, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz. (K/Ar $19,4 \pm 1$ Ma: Lecca et alii).



Foto 1_Affioramento del substrato basaltico nell'area della chiesetta di *Sa Santina*.

6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La geomorfologia dell'area vasta è caratterizzata da rilievi sub pianeggianti con al tetto i prodotti messi in posto dal vulcanesimo plio-pleistocenico.

Il centro abitato e quindi l'area di progetto che si trova nella sua periferia ovest è ubicato sul pianoro leggermente inclinato e allungato verso est, impostato sull'Unità di Dualchi.

Le quote dell'area urbanizzata variano tra 290 m s.l.m. e i 275 man mano che ci si sposta verso est.

I rilievi sono modellati sulla successione vulcano sedimentaria Oligomiocenica e sull'unità di Dualchi. L'attuale assetto geomorfologico è riconducibile all'azione erosiva dei solchi torrentizi che si sviluppano a nord e a sud dell'area in esame e all'arretramento delle cornici impostate sui termini più resistenti.

Nel complesso si nota una generale stabilità sia sulla superficie sub pianeggiante che nei versanti che da essa degradano verso i quadranti nord orientali e sud orientali. I processi evolutivi sono lenti e non si registra la presenza di fenomeni franosi sia nell'area di progetto che in quelle circostanti.

7. CARATTERI GEOSTRUTTURALI GENERALI

L'assetto tettonico ricalca in parte le lineazioni delle fasi tettoniche più significative che hanno permesso anche la messa in posto dei prodotti delle due fasi vulcaniche. In particolare le faglie e le fratture associate nell'area di progetto presentano una orientazione prevalente secondo la direzione NE-SW.

8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

8.1. IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'idrografia superficiale nell'area di progetto è poco sviluppata, le aste torrentizie più significative sono ubicate a nord dell'area urbanizzata e solo le parti iniziali si avvicinano al centro abitato e all'area di progetto. Il segmento posto a nord del centro abitato fa parte del solco torrentizio denominato canale Meddaris, i segmenti posti a sud si sviluppano in località Barilo e fontana Putzola. Nessuna delle aste torrentizie attraversa l'area urbanizzata e tanto meno l'area di progetto che per tanto non risulta soggetta a problematiche legate allo scorrimento delle acque superficiali.

8.2. IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico della zona di indagine è caratterizzato da tre domini idrogeologici distinti: Basalti plio-pleistocenici arenarie e unità di Sedilo. Si tratta di termini a permeabilità differente maggiore per i depositi arenacei e minore per i prodotti dei due cicli vulcanici.

Nell'area di progetto non sono presenti emergenze idriche. Le sorgenti presenti nell'area limitrofa al paese si trovano a quote comprese tra i 225 e i 260 m s. l. m. in corrispondenza dell'Unità delle Arenarie di Dualchi in cui le falde freatiche possono attestarsi nei livelli più arenacei e conglomeratici.

9. INDAGINI IN SITO

All'interno dell'area della scuola il giorno 17/05/2019 sono stati eseguiti tre pozzetti geognostici e uno stendimento di sismica nell'area di sedime della palestra.

I pozzetti sono stati eseguiti utilizzando la terna del comune e condotti su direzione della scrivente. L'ubicazione dei punti indagati è riportata nella planimetria allegata mentre le stratigrafie sono riportate in allegato.

Il pozzetto **P1** aperto sul lato ovest delle scuole elementari è stato finalizzato alla verifica della profondità d'imposta delle fondazioni della struttura e delle caratteristiche del terreno di fondazione. Il pozzetto approfondito fino a 0.50 m dal p.c. ha evidenziato come le fondazioni di tipo continuo attestate a 0.20 m dal p.c. poggiano direttamente sul substrato roccioso.

Il pozzetto **P2** è stato eseguito sul lato est della palestra esistente, tra lo spigolo est e la scala di accesso, subito al lato del marciapiede. Il pozzetto spinto fino a -0.60 m dal p.c. ha evidenziato la presenza di una copertura superficiale costituita da sabbie grossolane con inclusi elementi litici di medie dimensioni, soprastante il substrato roccioso che ha determinato la chiusura dello scavo.

Il pozzetto **P3** è stato eseguito nell'area in cui è prevista la realizzazione della palestra. Il pozzetto spinto fino a una profondità 2.20 m dal p.c. ha evidenziato la presenza di un accumulo di materiali di riporto di potenza intorno a 1.70 m che ricopre i depositi colluviali che fanno da transizione verso il substrato geologico di base presente a fondo foro.

Nel corso dell'apertura dei pozzetti sono stati prelevati 2 campioni di terreno per le indagini di caratterizzazione, eseguite dal laboratorio Sigeco di Nuoro.

Pozzetto	Campione	Profondità m da p.c.	Tipologia di analisi
P2	C1	0.10÷0.60	granulometria, prova di taglio
P3	C2	1.70÷2.10	granulometria, limiti di Atterberg, contenuto d'acqua, peso di volume naturale prova di taglio, prova edometrica

Tab. 1_ Tipologia di analisi eseguita sui campioni di terreno.

9.1. ANALISI DI LABORATORIO

Sulla base delle analisi granulometriche i terreni sono stati classificati secondo il metodo C.N.R.-UNI 10006/63.

Il campione C1 risulta essere una sabbia grossolana, contenente una percentuale di limo intorno al 1.6%, una percentuale in sabbia vicina al 74% e una percentuale di ghiaia fine intorno al 25%. Si tratta di terreni non plastici e poco o nulla coesivi.

Il campione C2 è una sabbia fine limosa contenente una percentuale di materiali fini (limo) intorno al 26%, una percentuale in sabbia vicina al 49% e una percentuale di ghiaia fine intorno al 25%. Si tratta di terreni mediamente compressibili, leggermente plastici, scarsamente coesivi.

I risultati delle prove di laboratorio sono riassunti in modo schematico nella tabella che segue, i certificati di laboratorio sono riportati in allegato.

Pozzetto	Campione	Profondità m	Terreno	LL %	LP %	IP %	IG	Umidità %	Classificazione	γ_d g/cmc	γ g/cmc	c kg/cm ^q	ϕ °	E g/cm ^q
P2	C1	0.10÷0.60	Sabbia grossolana					6.7	A _{1_b}	1.667	1.779	0.18	31.8	
P3	C2	1.70÷2.10	Sabbia fine limosa	41	32	9	0.0	13.7	A ₂₋₅	1.66	1.89	0.39	21.0	58.7

Tab. 1_ Parametri geotecnici dei terreni.

In base ai valori dei limiti di Atterberg il campione C2 ricade nel campo ML_OL "sabbie molto fini e limi organici a bassa plasticità" della carta di plasticità di Casagrande, classificati come discreti e/o scadenti come substrato di fondazione, con valori di coesione piuttosto bassi e angolo di attrito intorno ai 20°.

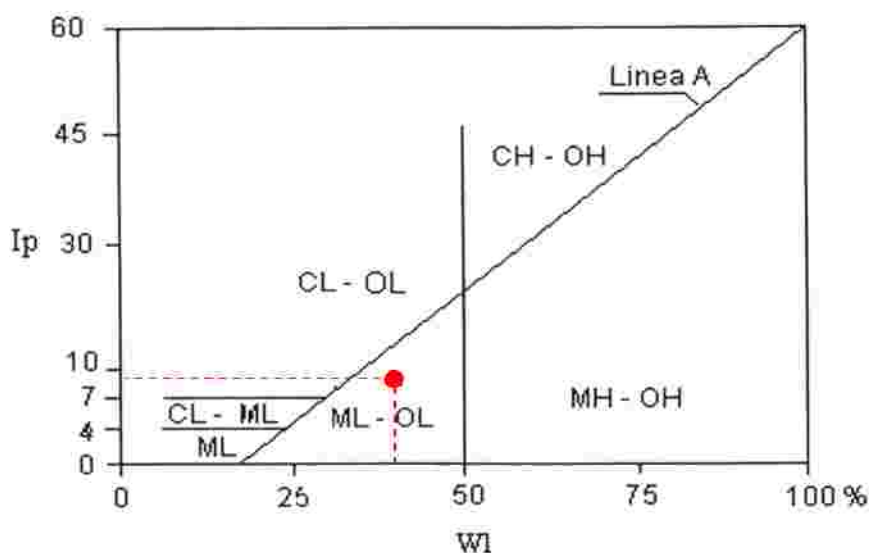


Fig. 5_Carta della plasticità di CASAGRANDE (AGI,1977).

La prova edometrica indica un terreno normalmente consolidato con modulo $E=58.7 \text{ kg/cmq}$.

Per la caratterizzazione del substrato roccioso si fa riferimento a dati di bibliografia riportati in tabella:

Profondità m	Terreno	γ kN/mc	c kg/cmq	ϕ °
> 2.10 m	Roccia basaltica	21.57	2.55	32

10. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Nel sito in cui verrà edificata la palestra, in base alle indagini eseguite si propone il seguente modello geologico-geotecnico:

Profondità in metri		Litologia	γ g/cm ³	c kg/cm ²	ϕ °
0.00	1.70	Materiali di riporto, costituiti da ciottoli e blocchi di natura basaltica in matrice arenacea grossolana	1.779	0.18	31.8
1.70	2.10	Copertura alterata del substrato-suolo	1.89	0.39	21.0
2.10	20÷30	Substrato roccioso di natura basaltica	2.19	2.55	32

Riporto: riconosciuto nel pozzetto P3 a partire dal p.c. e fino alla profondità di 2.20 metri, è costituito da uno strato superficiale di circa 0.15 m di materiale più fine e da uno strato più grossolano costituito da un accumulo caotico di blocchi di natura basaltica in matrice sabbiosa limosa. Il deposito antropico è costituito dall'accumulo di materiali provenienti dallo sbancamento di terreni in relazione all'edificazione di nuove abitazioni e strutture e subordinatamente dalla demolizione di opere esistenti. Si tratta di materiali disomogenei e scompaginati, costituiti da blocchi, clasti e massi informi in matrice sabbioso limosa. La presenza dei depositi antropici è testimoniata dalle fotografie aeree consultabili nel sito della regione Sardegna a partire dagli anni settanta. Il loro spessore grazie all'esecuzione dei pozzetti geognostici è stato stimato in 1.70 metri.

La matrice arenacea dei materiali di riporto è caratterizzata sulla base dei dati di laboratorio ottenuti per il campione C1.

suolo – copertura alterata del substrato, ha uno spessore intorno ai 0.40 metri, è costituito da sabbie fini a consistenza limosa, scarsamente coesive, e comportamento leggermente plastico.

Substrato roccioso, sottostante ai depositi descritti sopra, ha una potenza media intorno ai 30 metri.

11. INDAGINE SISMICA

Ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, per la valutazione della risposta sismica locale (RSL), nell'area in cui è prevista la realizzazione della palestra, è stata eseguita un'indagine sismica tipo MASW, per la classificazione del sottosuolo in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s così come previsto dal D.M. 17/01/2018.

L'indagine sismica è stata eseguita dalla ditta Geotecnika Srls di Monastir. La relazione dettagliata della prospezione sismica è riportata in allegato.

Analizzando i risultati ottenuti si è osservato come varia la velocità delle onde di taglio nei terreni che caratterizzano l'area di studio.

I materiali di copertura, riporti e sabbie, presenti anche nel lato nord del sito di sedime della palestra in progetto, evidenziano velocità medie delle V_s intorno a 350 m/s.

Il substrato roccioso presenta valori di V_s variabili da 450 m/s fino a 1600 m/s, a testimonianza di una progressiva diminuzione della fratturazione con la profondità.

Dalle indagini eseguite il terreno interessato dal progetto, è stato attribuito alla categoria di suolo B.

Le caratteristiche stratigrafiche e morfologiche del sito consentono l'utilizzo dell'approccio semplificato per definire la categoria di suolo, così come previsto nella Tab. 3.2.II delle NTC.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La conformazione del sito consente di far riferimento alla classificazione riportata nella tabella 3.2.III per la definizione della categoria topografica.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Le NTC 18 non fanno alcun riferimento alla zonazione sismica ma prevedono per la valutazione dell'azione sismica criteri semplificati per edifici soggetti ad $a_g=0.075g$ e la sola verifica nei confronti dello SLV.

L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali: due orizzontali e una verticale. Potendosi trascurare la componente verticale secondo quanto stabilito al § 3.2.3.2, le due componenti orizzontali possono essere descritte mediante l'accelerazione massima in superficie (a_{max}) e l'accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie [a_{max} e $Se(T)$].

Sia la forma spettrale che a_g variano al variare della probabilità di superamento del periodo di riferimento PVR cui far riferimento per individuare l'azione sismica agente nei diversi stati limite considerati.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il periodo di ritorno del sisma T_R , fissato il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} , si ricava attraverso l'espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_u \cdot V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

Con il programma Geostru PS [hwww.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx] sono stati calcolati secondo le NTC'18 i parametri sismici (a_g , F_0 e T^*C) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, ed i coefficienti sismici (k_h , k_v) orizzontali e verticali.

Stati limite	P_{VR} %	T_R anni	a_g (g)	F_0	T^*C (s)
SLO	81	45	0.022	2.658	0.291
SLD	63	75	0.028	2.704	0.303
SLV	10	712	0.056	2.936	0.358
SLC	5	1462	0.066	3.027	0.384

Tab. 2_Parametri sismici per gli stati limite

In cui:

a_g = accelerazione orizzontale massima del sito, espressa in funzione di g ;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*C = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Con i dati specifici del tipo di costruzione, del tipo di suolo e di configurazione topografica del sito sono stati ricavati i coefficienti sismici, riportati sotto:

Stati limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	a_{max} (m/s ²)	β
SLO	1,200	1,410	1,000	0,000	--	0,264	--
SLD	1,200	1,410	1,000	0,016	0,008	0,328	0,470
SLV	1,200	1,410	1,000	0,025	0,013	0,654	0,380
SLC	1,200	1,410	1,000	0,000	--	0,779	--

Tab. 3_Coefficienti sismici

Dove:

Ss = Coeff. di amplificazione stratigrafica

St = Coeff. di amplificazione. topografica

Cc = Coeff, di amplificazione in funzione della categoria d'uso

a_{max} = accelerazione massima attesa in superficie = $St \cdot Ss \cdot ag$

Kh = coefficiente sismico orizzontale = $\beta \cdot a_{max} / g$

Kv =coefficiente sismico verticale = 0,5 Kh

Il dimensionamento della struttura in progetto dovrà tener conto di tali disposizioni tecnico costruttive e le verifiche di sicurezza andranno eseguite allo stato limite ultimo SLU adottando i parametri riportati sopra, così come previsto dalle NTC'18.

12. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 17/01/2018 la verifica a liquefazione può essere omessa solo nel caso in cui si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche

statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

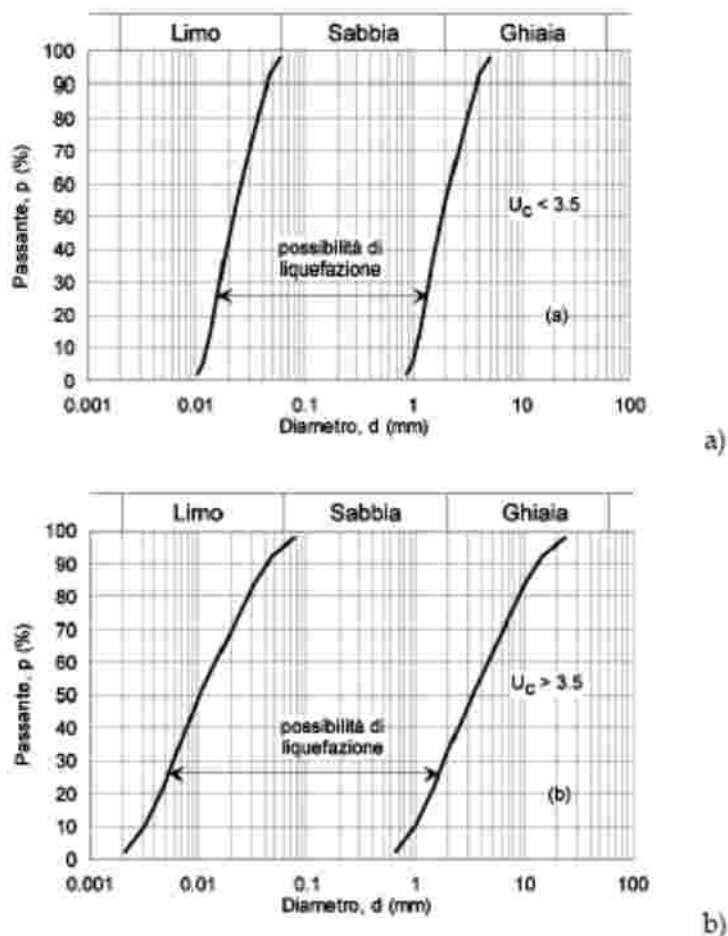


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Dalle analisi fin qui eseguite, considerando la bassa sismicità della zona, inferiore a 0.1g, e la non presenza della falda, non è necessario eseguire la verifica a liquefazione.

13. CONCLUSIONI

Il presente studio, redatto su incarico l'Amministrazione Comunale, è stato finalizzato alla definizione degli aspetti geologici, geotecnici e sismici di un'area nel comune di Sedilo (OR) in cui sono presenti le scuole e in cui è prevista la realizzazione di una nuova palestra.

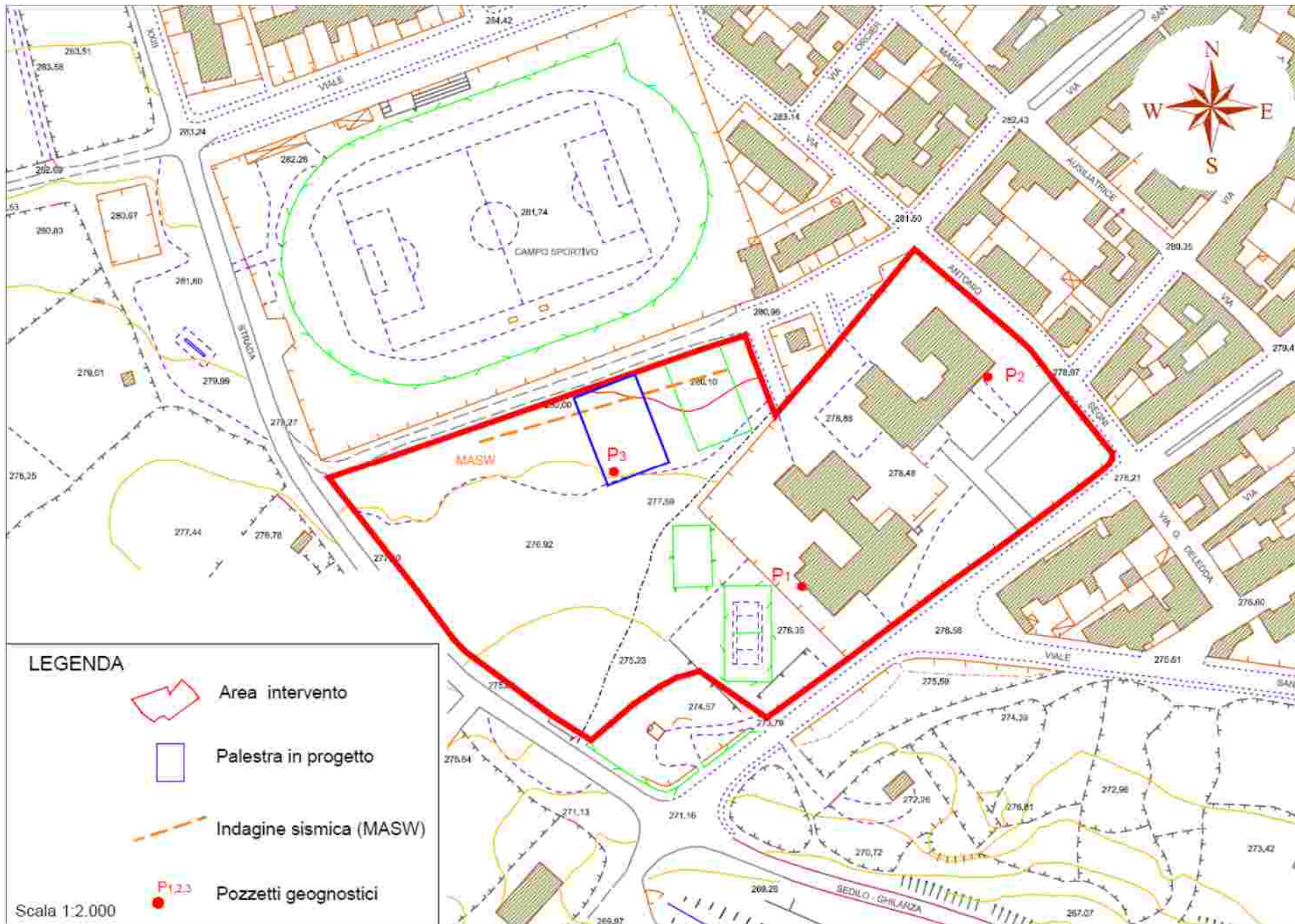
Sulla base delle informazioni di bibliografia consultate e successivamente integrate con il rilievo geologico-geomorfologico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area risulta quanto segue:

- nell'area di progetto il substrato geologico di natura basaltica risulta affiorante o sub-affiorante al di sotto di una sottile copertura di terreni di riporto e/o di depositi colluviali, la potenza massima dei riporti, circa 1,70 m, è stata osservata nell'area di sedime della palestra.
- L'analisi sismica di tipo MASW effettuata nell'area ha fornito valori di Vs variabili da 350m/s a partire dal p.c. fino a 1600 m/s a profondità di circa 20 m dal p.c.
- Sulla base dell'indagine sismica i terreni di riporto sono stati classificati come suolo di fondazione nella categoria B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".
- Il modello geologico geotecnico dell'area è stato definito in base all'apertura dei pozzetti geognostici e al prelievo di campioni per le analisi di laboratorio che hanno permesso la caratterizzazione geotecnica del terreno.
- Il modello geotecnico del sottosuolo è rappresentato al di sotto di uno strato superficiale costituito da materiale di riporto con spessore medio intorno a 1.70 m, da un sottile strato di sabbie fini limose mediamente addensate di spessore intorno ai 0.40 m poggiate sul substrato roccioso lapideo la cui presenza è stata accertata fino a 20 metri di profondità dal p.c..

L'area si presenta sostanzialmente stabile e non interessata da situazioni di criticità correlate allo scorrimento delle acque.

ALLEGATI

**TAV.1 PLANIMETRIA
STRATIGRAFIE POZZETTI
CERTIFICATI DI ANALISI DI LABORATORIO**




Tav. 1_Planimetria

STRATIGRAFIE POZZETTI

Committente Comune di Sedilo		Pozzetto P ₁	Profondità raggiunta 0,50 m	Quota ass. p.c. 276,35 m slm	Data 17/05/19
Responsabile Geol. Bruna Pendugiu			Escavatore gommato	Coordinate (Gauss Boaga) X = 1492849,30 Y = 4446700,71	

Profondità (m da p.c.)	Spessore m	Litologia	Descrizione	Falda
0,00	0,20		Fondazione di tipo continuo in ca	n.r.
0,20			Substrato roccioso di natura basaltica	
-0,50	Fine foro			



Committente Comune di Sedilo		Pozzetto P ₂	Profondità raggiunta 0,60 m	Quota ass. p.c. 278,86 m slm	Data 17/05/19
Responsabile Geol. Bruna Pendugiu			Escavatore gommato	Coordinate (Gauss Boaga) X = 1492920,23 Y = 4446780,90	

Profondità (m da p.c.)	Spessore m	Litologia	Descrizione	Falda
0,00	0,20		marciapiede in cemento	n.r.
-0,20			materiali di riporto con inclusi elementi rocciosi di basalto in matrice sabbiosa grossolana	
-0,40			substrato roccioso di natura basaltica	
-0,60	fine foro			



Committente Comune di Sedilo		Pozzetto P ₃	Profondità raggiunta 2,20 m	Quota ass. p.c. 278,00 m slm	Data 17/05/19
Responsabile Geol. Bruna Pendugiu			Escavatore gommato	Coordinate (Gauss Boaga) X = 1492777,55 Y = 4446744,54	

Profondità (m da p.c.)	Spessore m	Litologia	Descrizione	Falda
0,00	0,15		materiali di riporto fini	n.r.
-0,15			Materiali di riporto costituiti da ciottoli e blocchi di basalto	
-1,70	1,55			
-2,10	0,40		Sabbie fini limose	
-2,20	fine foro		substrato roccioso di natura basaltica	



CLASSIFICAZIONE AASHO - UNI 10006

Certificato n° 036/2019

Nuoro, 21 Maggio 2019

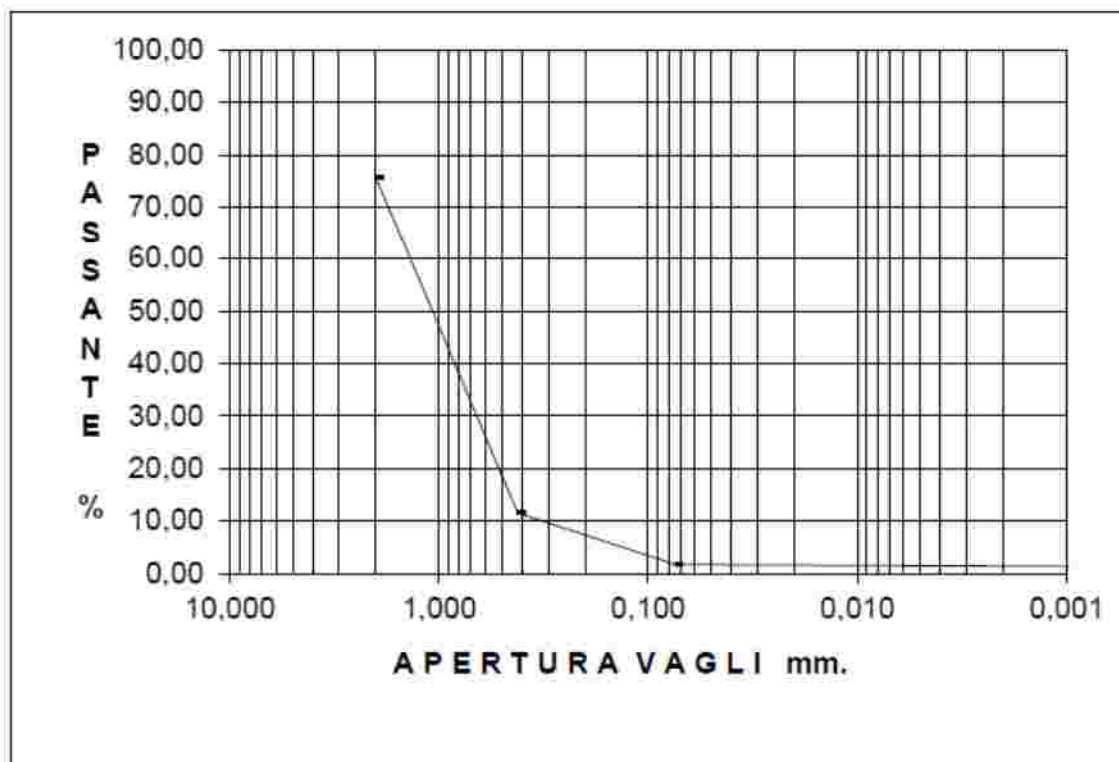
Committente : Dr. Geol. Bruna Pendugiu

Cantiere : Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
Comune di Sedilo

Ubicazione: P2_C1

Profondità: 0,10 - 0,60 m.

apertura vagli	peso trattenuto	perc. trattenuto	perc. passante
mm.	g.	%	%
2,000	117,52	24,37	75,63
0,420	309,27	64,15	11,48
0,074	47,43	9,84	1,64
fondo	7,92	1,64	0,00
totale	482,14	100,00	



LL. = 0,0

LP. = 0

IP. = 0

IG = 0

Classificazione: A_{1_b}

Il Direttore
Ing. Giovanni FADDA



CLASSIFICAZIONE AASHO - UNI 10006

Certificato n° 037/2019

Nuoro, 21 Maggio 2019

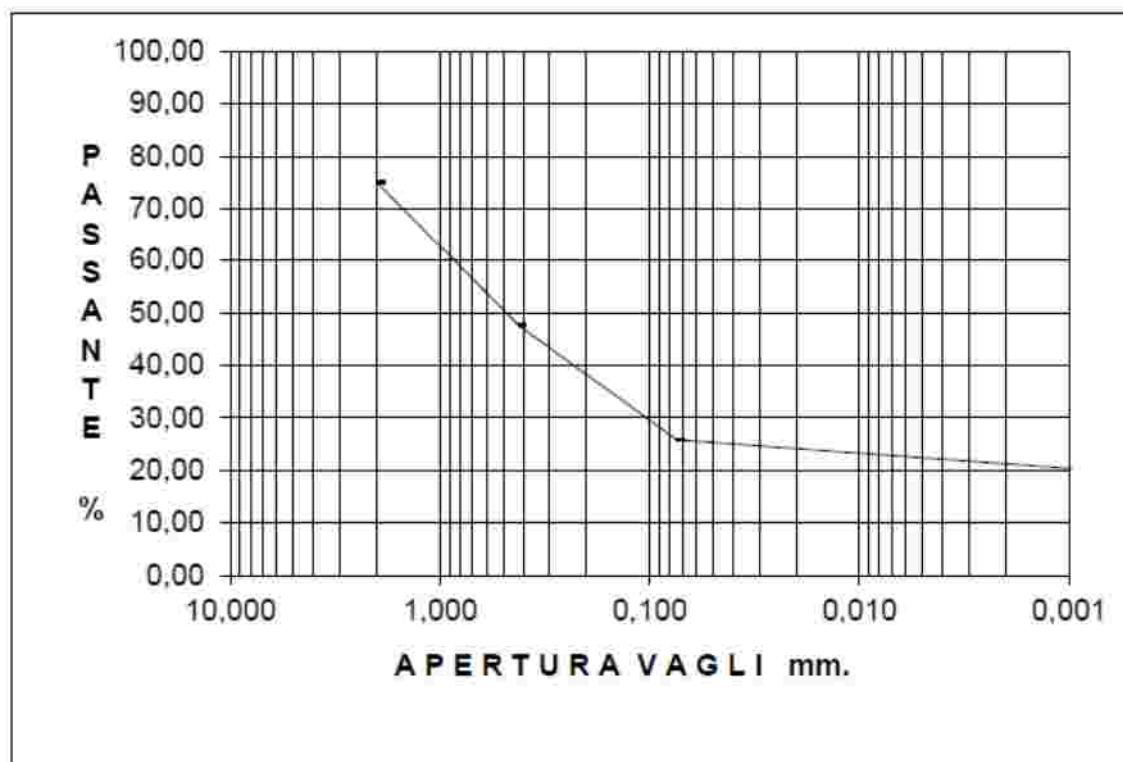
Committente : Dr. Geol. Bruna Pendugiu

Cantiere : Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
Comune di Sedilo

Ubicazione: P3_C2

Profondità: 1,70 - 2,10 m.

apertura vagli	peso trattenuto	perc. trattenuto	perc. passante
mm.	g.	%	%
2,000	217,80	25,03	74,97
0,420	238,60	27,42	47,54
0,074	189,10	21,74	25,81
fondo	224,51	25,81	0,00
totale	870,01	100,00	



LL = 41

L.P. = 32

I.P. = 9

IG = 0

Classificazione: A_{2.5}

Il Direttore
Ing. Giovanni FADDA



DETERMINAZIONE DELLA DENSITA' NATURALE

Certificato n° 033/2019 Nuoro, 21 Maggio 2019
Committente: Dr. Geol. Bruna Pendugiu
Cantiere : Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
Comune di Sedilo
Sondaggio: P2_C1 prof. m 0,10 - 0,60

RISULTATI DELLA PROVA

Peso campione umido + tara	g.	287,50
Peso tara	g.	136,64
Peso campione umido	g.	150,86
Peso campione secco + tara	g.	278,08
Peso campione secco	g.	141,44
Volume campione	cmc.	84,82

DENSITA' NATURALE 1,779 g/cmc [t/mc]

UMIDITA' NATURALE 6,7%

DENSITA' SECCA 1,668 g/cmc [t/mc]

Il Direttore
Ing. Giovanni Fadda

Giovanni Fadda



DETERMINAZIONE DELLA DENSITA' NATURALE

Certificato n° 34/2019 Nuoro, 21 Maggio 2019
Committente: Dr. Geol. Bruna Pendugiu
Cantiere : Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
Comune di Sedilo
Ubicazione: P3_C2 Prof.: 1,70 - 2,10

RISULTATI DELLA PROVA

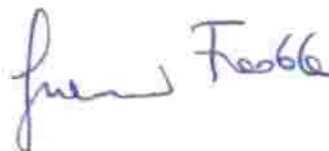
Peso campione + fustella	g.	165,06
Peso fustella	g.	23,45
Peso campione umido	g.	141,61
Peso campione secco	g.	124,52
Volume campione	cmc.	74,98

DENSITA' NATURALE 1,89 g/cmc [t/mc]

UMIDITA' NATURALE 13,7%

DENSITA' SECCA 1,66 g/cmc [t/mc]

Il Direttore
Ing. Giovanni Fadda



PROVA DI TAGLIO DIRETTO IN SCATOLA DI CASAGRANDE

Certificato n° 031/2019

Nuoro, 21 Maggio 2019

Committente: Dr. Geol. Bruna Pendugiu

Cantiere : Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
Comune di Sedilo

prova

CD

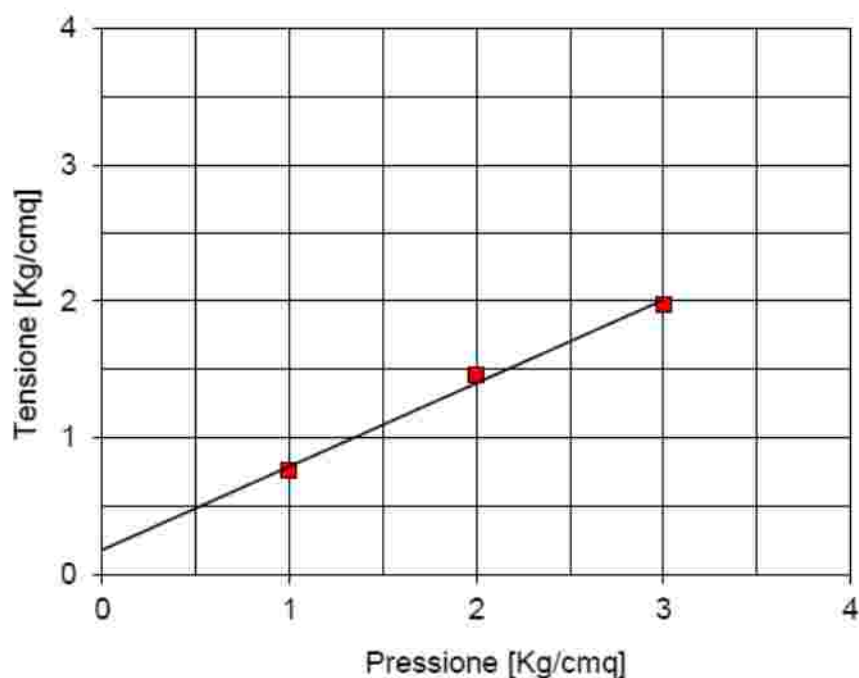
CU

UU

Sondaggio: P2_C1

prof. m : 0,10 - 0,60

Provino n°	Velocità mm./min.	Pressione Kg./cmq.	Tensione Kg./cmq.
1	0,250	1,00	0,759
2	0,250	2,00	1,462
3	0,250	3,00	1,977



RISULTATI DELLA PROVA

Coesione C = 0,18 Kg/cmq Angolo di attrito ϕ 31,4 °

Il Direttore
Ing. Giovanni FADDA

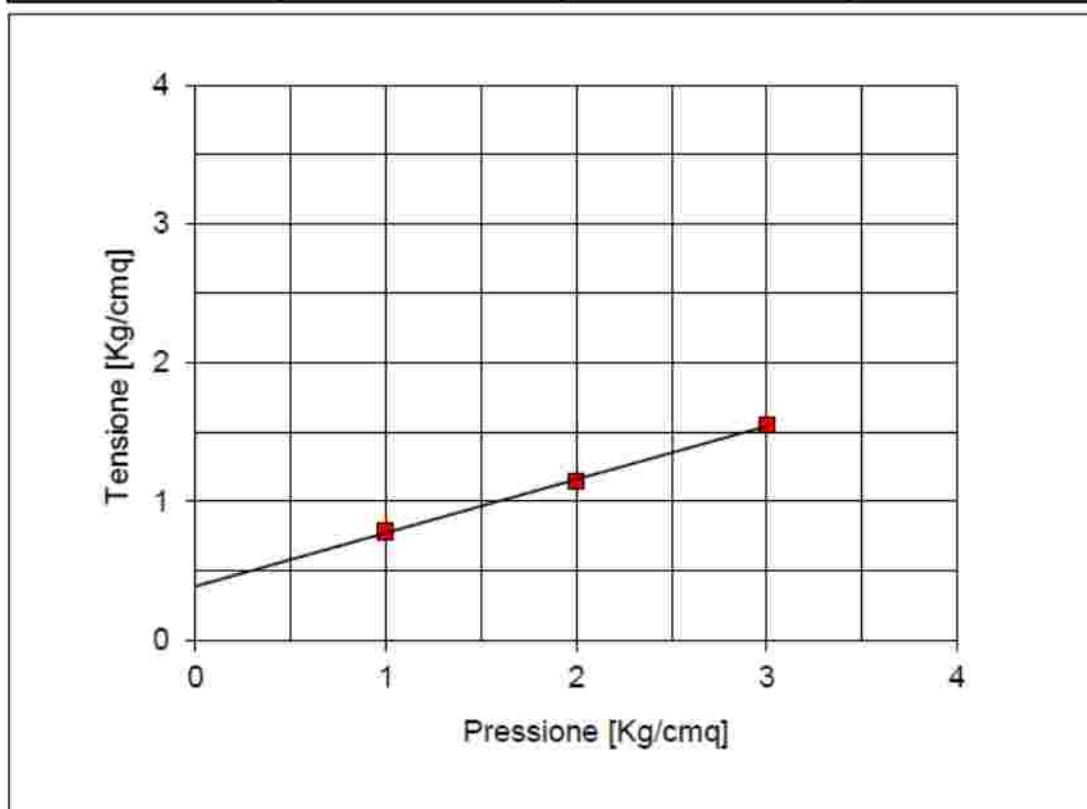


PROVA DI TAGLIO DIRETTO IN SCATOLA DI CASAGRANDE

Certificato n°	032/2019	Nuoro, 21 Maggio 2019
Committente:	Dr. Geol. Bruna Pendugiu	
Cantiere :	Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill. Comune di Sedilo	
Campione:	P3_C2	Prof.: 1,70 - 2,10

prova	CD	CU	UU
-------	-----------	----	----

Provino n°	Velocità mm./min.	Pressione Kg./cmq.	Tensione Kg./cmq.
1	0,250	1,00	0,783
2	0,250	2,00	1,145
3	0,250	3,00	1,551



RISULTATI DELLA PROVA

Coesione C = 0,39 Kg/cmq Angolo di attrito ϕ 21,0 °

Il Direttore
Ing. Giovanni FADDA

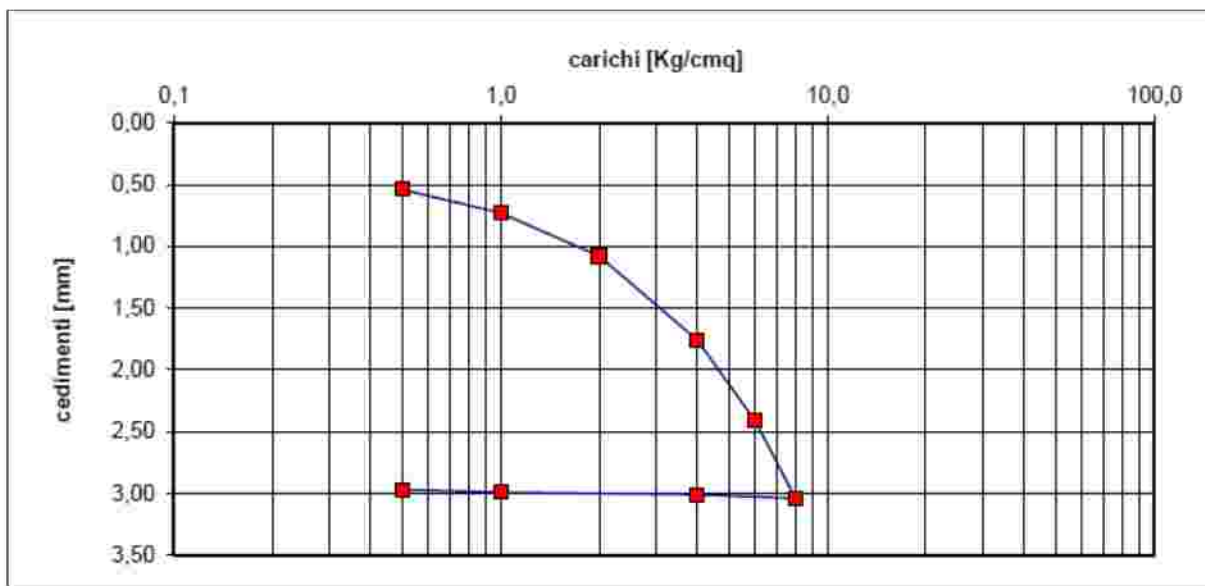
Giovanni Fadda



PROVA EDOMETRICA

Certificato: n° 035/2019 Nuoro, 21 Maggio 2019
 Committente: Dr. Geol. Bruna Pendugiu
 Cantiere: Piano Straord. Edil. Scol. Iscol@della R.A.S. - Int. Asse I - Scuole Nuovo Mill.
 Campione: P3_C2
 Prof.: 1,70 - 2,10 Altezza iniziale campione: mm. 20

carico verticale	deform. Vertic.	altezza camp.	increm. di carico	deform. relativa	modulo E	indice dei vuoti	Coeff. compr. Mv	Coeff. Perm. K_v	carico verticale	deform. vertical e
[Kg/cm ²]	[mm]	[mm]		[mm]	[Kg/cm ²]		[cm ² /Kg]	[cm/s]	[Kg/cm ²]	[mm]
carico									scarico	
0,5	0,54	19,46							4,0	3,01
			0,50	0,19	52,6	0,147	0,019	0,062		
1,0	0,73	19,27							1,0	2,99
			1,00	0,35	57,1	0,136	0,018	0,027		
2,0	1,08	18,92							0,5	2,97
			2,00	0,68	58,8	0,116	0,017	0,026		
4,0	1,76	18,24								
			2,00	0,65	61,5	0,075	0,016	0,024		
6,0	2,41	17,59								
			2,00	0,63	63,5	0,037	0,016	0,021		
8,0	3,04	16,96								



E = 58,7 Kg/cm²

Il Direttore
Ing. Giovanni FADDA

Giovanni Fadda



VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA DELLA SCUOLA MEDIA COMUNALE DI SEDILO

PIANO D'INDAGINI INTEGRATIVO

Le indicazioni riportate nella presente riguardano la proposta di rimodulazione del piano d'indagini relativo alle operazioni di controllo strutturale in corso presso la scuola media comunale di via A. Segni, a Sedilo.

Le verifiche hanno interessato buona parte del corpo centrale dell'istituto, ed anche la "palestra" con l'esecuzione di prove pachometriche su 32 Pilastri, sulla Soletta Scala interna, su 1 trave della palestra, oltre a 2 solette ed un muro delle scale esterne. Si sono eseguite inoltre 11 endoscopiche, 10 Pull Out ed il rilievo termografico su tutti gli impalcati.

Nell'esecuzione del calcolo Strutturale finalizzato alla verifica della vulnerabilità sismica dell'istituto, non è stato possibile reperire i calcoli strutturali, ed inoltre sono state individuate alcune criticità che hanno obbligato a delle modifiche sostanziali nel piano delle indagini. Per poter Considerate le criticità individuate con l'analisi e la verifica di vulnerabilità sismica dello stato di fatto, sono state introdotte per 38 nodi altrettante eccezioni al fine di non considerarli nel calcolo ed ottenere un valore non nullo dell'indicatore di rischio sismico.

Si è pertanto fatto riferimento a situazioni ripetitive degli schemi strutturali per la definizione dei dati di calcolo che consentono di raggiungere un livello di conoscenza LC3 e conseguente FC pari 1,00 ipotesi che sarà da convalidare eseguendo le seguenti ulteriori indagini e verifiche strutturali integrative:

- pachometriche su 10 elementi strutturali;
- Durometriche su 6 elementi strutturali;
- Pull Out su 14 elementi strutturali;
- Carotaggi su 4 pilastri .

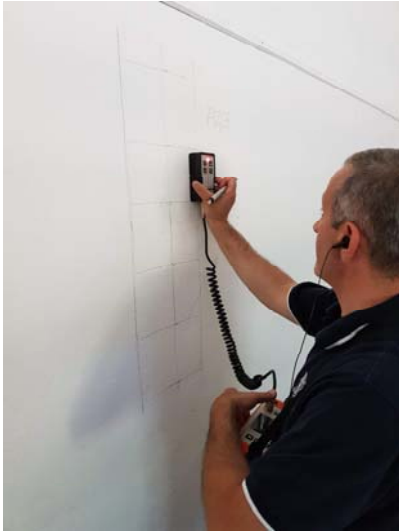
Il costo complessivo delle suddette indagini integrative ammonta ad € 7.660,00 oltre IVA.

Calangianus, 23/01/2020

S.T.M. s.r.l
Amministratore delegato
Ing. Fabio Massimo Satta



COLLAUDO STATICO DI STRUTTURE IN C.A.



CERTIFICATO D'IDONEITÀ STATICA

ISTITUTO SEDE DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE
DI SEDILO

Committente

AMMINISTRAZIONE COMUNALE SEDILO

Il certificatore

dott. ing. Fabio Massimo Satta



**OGGETTO: Certificazione dell'idoneità Statica Istituto Sede Della Scuola
Media Del Comune Di Sedilo**

COMMITTENTE

Ragione sociale	COMUNE DI SEDILO
Indirizzo	Piazza San Giovanni
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Nome	Geom. Antonino Faedda
Indirizzo	Settore Area Tecnica
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

PROGETTISTA CALCOLATORE E DLL

Nome	Ing. Costantino Depalmas
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

DATI EDIFICIO

Denominazione	Scuole Media
Indirizzo	Via C.Alberto
C.A.P.	07039
Città	Sedilo (OR)

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

Allegato 1	RAPPORTO TECNICO- INDAGINI STRUTTURALI- <i>Tecnica Prove SRL del 03/04/2008</i>
Allegato 2	RAPPORTO TECNICO- INDAGINI STRUTTURALI <i>STM SRI del 19/07/2019</i>

Il sottoscritto Ing. Fabio Massimo Satta iscritto al n. 833 dell'Albo Professionale degli Ingegneri della Provincia di Sassari, con studio tecnico in Calangianus, Via Olbia n. 4, incaricato della verifica di idoneità statica relativa al fabbricato a destinazione scolastica sito in Via Carlo Alberto, a Sedilo, di proprietà dell'Amministrazione Comunale di Sedilo, ad espletamento dell'incarico conferitogli ha eseguito le seguenti attività:

CONTROLLO DELLE STRUTTURE

Le operazioni di controllo delle strutture oggetto di collaudo, sono avvenute in data 23/07/2019. con l'intervento, oltre che del sottoscritto collaudatore, dell'ing. Salvatore Roberto Addis, e del geom. Francesco Cossu in qualità di tecnici della ditta S.T.M. s.r.l. incaricata per l'esecuzione delle verifiche.

Sono state inoltre eseguite 8 prove di carico in data gennaio 2008, dalla ditta Tecnica Prove dell'ing. Roberto Porra.

In occasione di tali sopralluoghi si è provveduto:

- o alla ricognizione completa delle opere con esecuzione di riprese fotografiche;
- o al rilievo dimensionale di alcune parti significative al fine di verificarne la rispondenza agli elaborati grafici forniti dalla committente;
- o all'esecuzione di riprese termografiche ed indagini pachometriche, Pull Out, Ultrasoniche, endoscopiche e durometriche finalizzate alla individuazione e ricostruzione degli schemi strutturali del fabbricato.

In relazione alle suddette operazioni di verifica sono stati redatti due Rapporti Tecnici, uno relativo alle prove di carico eseguite dalla ditta Tecnica Prove dell'ing. Roberto Porra (cfr. Allegato 1) e uno relativo alle indagini strutturali eseguite dalla ditta Stm Srl (cfr. Allegati 2) da considerarsi parti integranti del presente atto di certificazione.

DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'intero edificio, a destinazione scolastica, si compone di tre corpi di fabbrica disposti a ferro di cavallo. Due di tali corpi si sviluppano su due piani fuori terra, mentre il corpo palestra presenta un solo livello.

Il complesso è realizzato con struttura intelaiata con pilastri e travi in c.a., ad eccezione di un piccolo volume al piano terra realizzato in muratura portante destinato a locali tecnici (autoclave e serbatoio di gasolio). Tutti gli orizzontamenti sono costituiti da solai in latero-cemento gettati in opera, con travetti prefabbricati posti ad interasse di 50 cm e pignatte laterizie di alleggerimento. I solai di luce maggiore presentano due rompitratta a circa 1/3 e 2/3 della luce. Le chiusure verticali sono costituite da tamponature in doppio blocco laterizio con interposta camera d'aria.

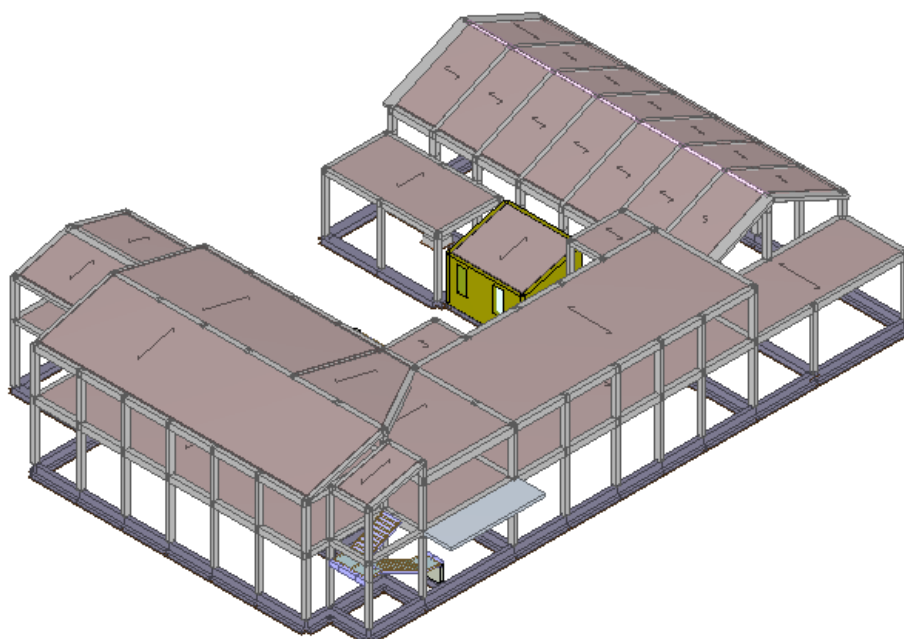
Gli elementi di collegamento verticale sono costituiti da un corpo scale interno, realizzato con soletta rampante armata, e da un corpo scala esterno costituito da un setto portante in c.a. sul quale si sviluppano, a sbalzo, le rampe ed i pianerottoli.

Il corpo destinato a palestra è impostato su pianta rettangolare. L'ordito strutturale è realizzato mediante telai con pilastri (40x40 cm), travi ricalate all'intradosso (30x135 cm) ed inclinate secondo i due piani di falda, cordoli perimetrali e solai in latero-cemento disposti fra i telai medesimi.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

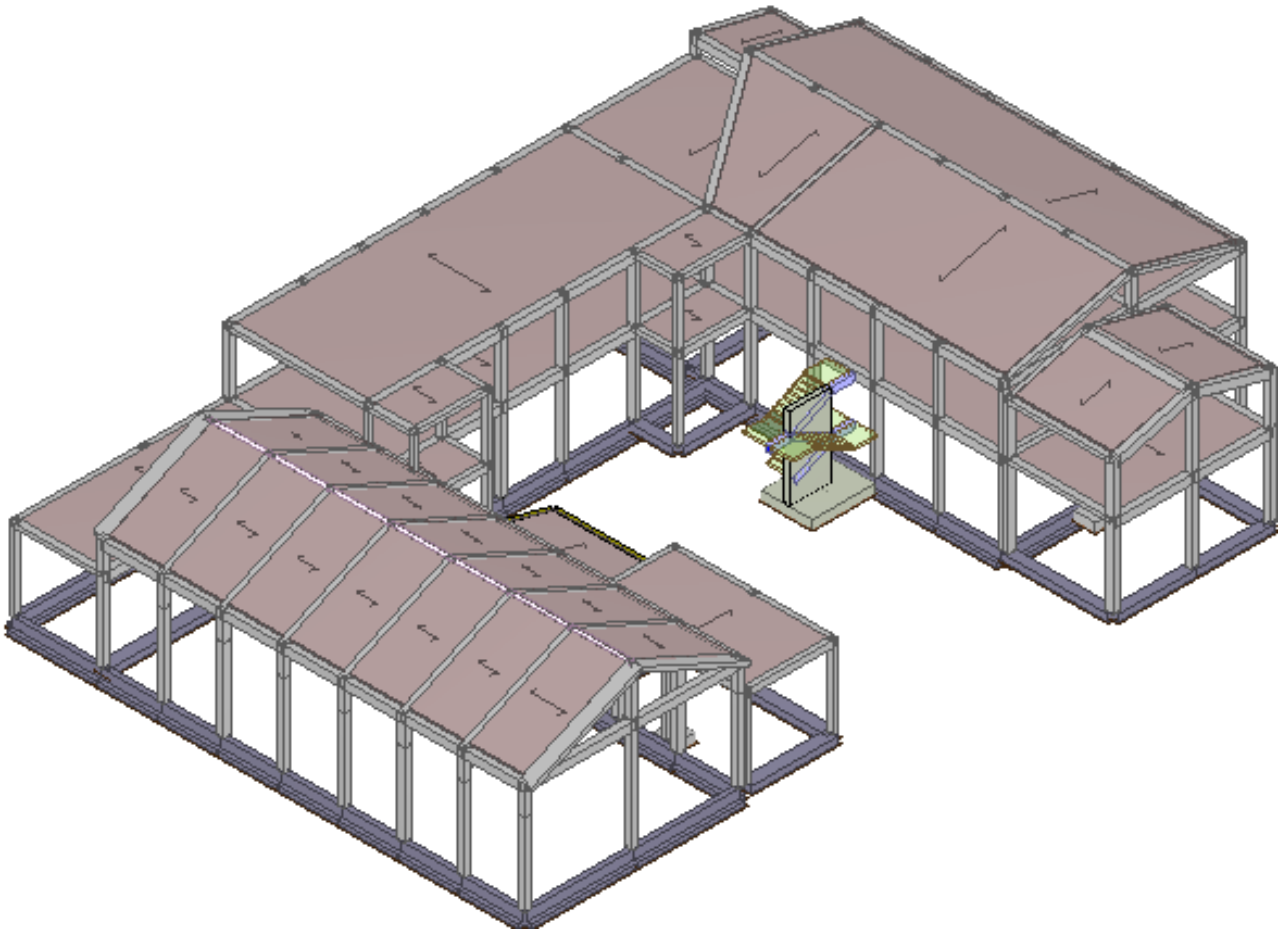
Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (-1;-1;-1)



Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (1;1;-1)



GIUDIZIO TECNICO COMPLESSIVO

Nel corso della ricognizione generale delle opere si sono rilevati fenomeni fessurativi abbastanza sporadici, limitati ad alcune travi ed ad alcuni elementi di tamponatura sulle facciate, oltre a problematiche generali di manutenzione ordinaria e straordinaria. È Presente un fenomeno, che attualmente è minimo, e si sta presentando con la presenza di piccole lesioni dovute al rigonfiamento dei ferri di armatura che si stanno ossidando, e tendono ad innescare tensioni sui calcestruzzi innescando dei fenomeni di spalling. Si sono, invece riscontrate lesioni più significative all'intradosso di alcuni solai, rilevando diffusi ammaloramenti sugli elementi laterizi che risultavano lesionati in

corrispondenza dell'appoggio delle tavole di chiusura dell'intradosso; Da un'indagine a vista, le strutture presentavano segni distacco in corrispondenza dell'anima del travetto, specificatamente sull'intradosso, all'interfaccia travetto pignatta.

È stato poi approfondito l'esame dello stato di consistenza dell'intradosso del solaio del laboratorio d'informatica, dove si è riscontrata la presenza diffusa di fenomeni di infiltrazione; con una attenta analisi ricognitiva alla ricerca di eventuali difetti eseguita con l'ausilio di endoscopio, sono emerse criticità per le quali sarà necessario un intervento urgente di impermeabilizzazione con risanamento delle parti in distacco. In linea generale si può certamente affermare che il quadro fessurativo, riguardante le strutture portanti, verticali ed orizzontali, non desta particolari preoccupazioni, vista la modesta diffusione delle lesioni, la cui entità è tale da non inficiare nell'immediato la funzionalità statica delle strutture stesse.

Per quanto precedentemente esposto, considerato:

- 1) che gli elementi strutturali sono conformi ai requisiti per la stabilità dell'opera voluti dalle norme tecniche in vigore al momento della realizzazione;
- 2) che gli elementi strutturali risultano dimensionalmente idonei per resistere ai carichi cui sono soggetti;
- 3) che le strutture non presentano lesioni o deformazioni anomale ad eccezione di quelle innanzi descritte;
- 4) considerato che tali lesioni non hanno ripercussioni sulla capacità delle strutture di assolvere alla loro funzione statica;
- 5) che è stata eseguita attività di controllo delle strutture che ha permesso di definire in maniera esaustiva le caratteristiche costruttive e tipologiche dei manufatti oggetto di verifica;
- 6) che i controlli effettuati e le verifiche di calcolo eseguite hanno fornito elementi di giudizio sufficienti a ritenere le strutture rispondenti ai fini statici;

Il sottoscritto Ing. Fabio Massimo Satta, in qualità di Tecnico incaricato della certificazione di idoneità statica del fabbricato in epigrafe, sulla base dei controlli e delle verifiche strutturali effettuate e di quanto sin qui esposto,

CERTIFICA

che le strutture in oggetto sono staticamente idonee con i seguenti carichi di esercizio:

- solai intermedi 300 daN/m²
- solai di copertura 100 daN/m²

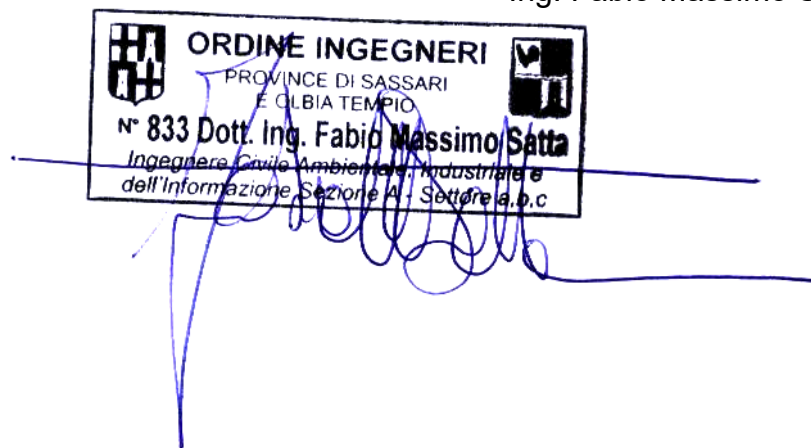
La durata della presente certificazione è di 2ⁱ anni dalla data odierna, trascorsi i quali l'edificio dovrà essere sottoposto a operazioni di controllo e verifica al fine di rinnovare il giudizio d'idoneità delle strutture. Sono altresì motivi di rinnovo della certificazione statica tutti gli interventi comportanti modifiche agli schemi o ai singoli elementi strutturali dell'edificio nonché tutte le variazioni comportanti incrementi significativi dei carichi, siano essi permanenti o di esercizio.

Sarà inoltre indispensabile provvedere al risanamento ed impermeabilizzazione delle coperture, oltre ad intervenire sulle facciate con lo spicconamento delle parti in distacco degli elementi in C.A. dove se pure in forma minima è presente un fenomeno di spalling, con la spazzolatura e trattamento degli acciai ossidati.

Calangianus, 23 luglio 2019

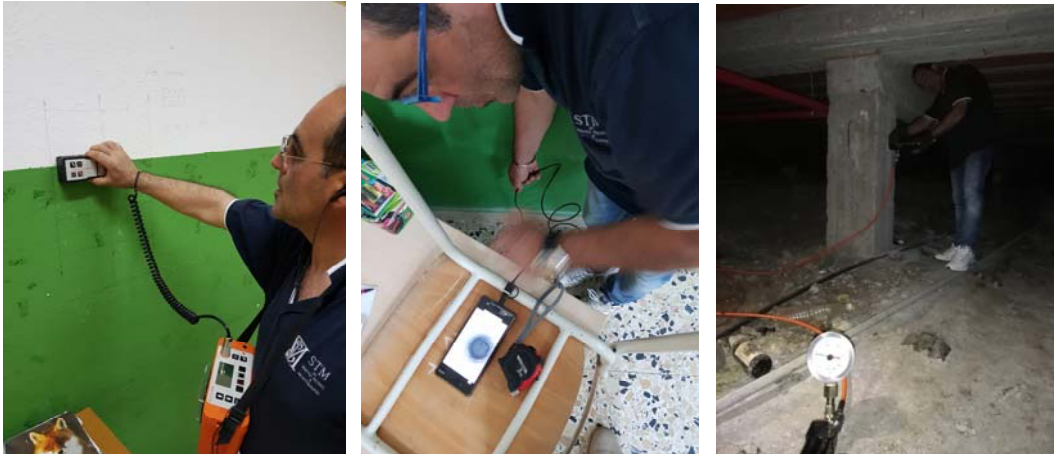
firma

Ing. Fabio Massimo Satta



ⁱ In considerazione della vita nominale dell'opera strutturale, e non rientra più nei casi di certificazione statica ordinaria.

COLLAUDO STATICO DI STRUTTURE IN C.A.



CERTIFICATO D'IDONEITÀ STATICA

ISTITUTO SEDE DELLE SCUOLE MATERNA ED
ELEMENTARE DEL COMUNE DI SEDILO

Committente

AMMINISTRAZIONE COMUNALE SEDILO

Il certificatore

dott. ing. Fabio Massimo Satta



**OGGETTO: Certificazione dell'idoneità Statica Istituto Sede Delle Scuole
Materna Ed Elementare Del Comune Di Sedilo**

COMMITTENTE

Ragione sociale	COMUNE DI SEDILO
Indirizzo	Piazza San Giovanni
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Nome	Geom. Antonino Faedda
Indirizzo	Settore Area Tecnica
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

PROGETTISTA CALCOLATORE E DLL

Nome	Ing. Costantino Depalmas
C.A.P.	09076
Città	SEDILO (OR)

DATI EDIFICIO

Denominazione	Scuole Materna Elementare
Indirizzo	Via C.Alberto
C.A.P.	07039
Città	Sedilo (OR)

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

Allegato 1	RAPPORTO TECNICO- INDAGINI STRUTTURALI- <i>Tecnica Prove SRL del 04/01/2008</i>
Allegato 2	RAPPORTO TECNICO- INDAGINI STRUTTURALI <i>STM SRI del 19/07/2019</i>

Il sottoscritto Ing. Fabio Massimo Satta iscritto al n. 833 dell'Albo Professionale degli Ingegneri della Provincia di Sassari, con studio tecnico in Calangianus,

Via Olbia n. 4, incaricato della verifica di idoneità statica relativa al fabbricato a destinazione scolastica sito in Via Carlo Alberto, a Sedilo, di proprietà dell'Amministrazione Comunale di Sedilo, ad espletamento dell'incarico conferitogli ha eseguito le seguenti attività:

CONTROLLO DELLE STRUTTURE

Le operazioni di controllo delle strutture oggetto di collaudo, sono avvenute in data 23/07/2019. con l'intervento, oltre che del sottoscritto collaudatore, dell'ing. Salvatore Roberto Addis, e del geom. Francesco Cossu in qualità di tecnici della ditta S.T.M. s.r.l. incaricata per l'esecuzione delle verifiche.

Sono state inoltre eseguite 4 prove di carico in data 10/01/2008, dalla ditta Tecnica Prove dell'ing. Roberto Porra.

In occasione di tali sopralluoghi si è provveduto:

- alla ricognizione completa delle opere con esecuzione di riprese fotografiche;
- al rilievo dimensionale di alcune parti significative al fine di verificarne la rispondenza agli elaborati grafici forniti dalla committente;
- all'esecuzione di riprese termografiche ed indagini pachometriche, Pull Out, Ultrasoniche, endoscopiche e durometriche finalizzate alla individuazione e ricostruzione degli schemi strutturali del fabbricato.

In relazione alle suddette operazioni di verifica sono stati redatti due Rapporti Tecnici, uno relativo alle prove di carico eseguite dalla ditta Tecnica Prove dell'ing. Roberto Porra (cfr. Allegato 1) e uno relativo alle indagini strutturali eseguite dalla ditta Stm Srl (cfr. Allegati 2) da considerarsi parti integranti del presente atto di certificazione.

DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'intero edificio, a destinazione scolastica, si compone di tre corpi di fabbrica collegati tra loro. Due di tali corpi sono collegati attraverso il blocco scala che funge anche da androne d'ingresso; essi si sviluppano su due piani fuori terra e un piano seminterrato, mentre il corpo palestra, che presenta un solo livello è

collegato al resto dell'edificio scolastico dal corpo mensa cucina anch'esso su un solo livello ma di differente altezza.

Il complesso è realizzato con struttura intelaiata con pilastri e travi in c.a., ad eccezione di un piccolo volume al piano terra realizzato in muratura portante destinato a locali tecnici (autoclave e serbatoio di gasolio). Tutti gli orizzontamenti sono costituiti da solai in latero-cemento gettati in opera, con travetti prefabbricati posti ad interasse di 50 cm e pignatte laterizie di alleggerimento. I solai di luce maggiore presentano due rompitratta a circa $1/3$ e $2/3$ della luce. Le chiusure verticali sono costituite da tamponature in doppio blocco laterizio con interposta camera d'aria.

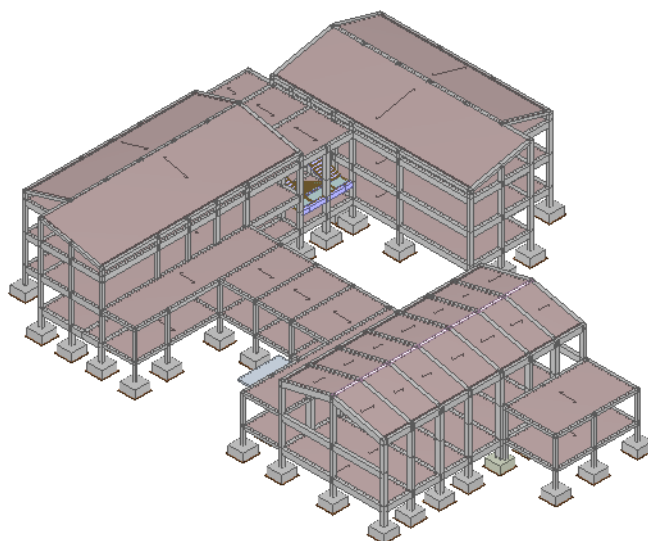
Come già detto, gli elementi di collegamento verticale sono costituiti da un corpo scale, realizzato con soletta rampante armata.

Il corpo destinato a palestra è impostato su pianta rettangolare. L'ordito strutturale è realizzato mediante telai con pilastri a sezione variabile (60-40x40 cm), travi ricalate all'intradosso (40x75 cm) ed inclinate secondo i due piani di falda, cordoli perimetrali e solai in latero-cemento disposti fra i telai medesimi.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

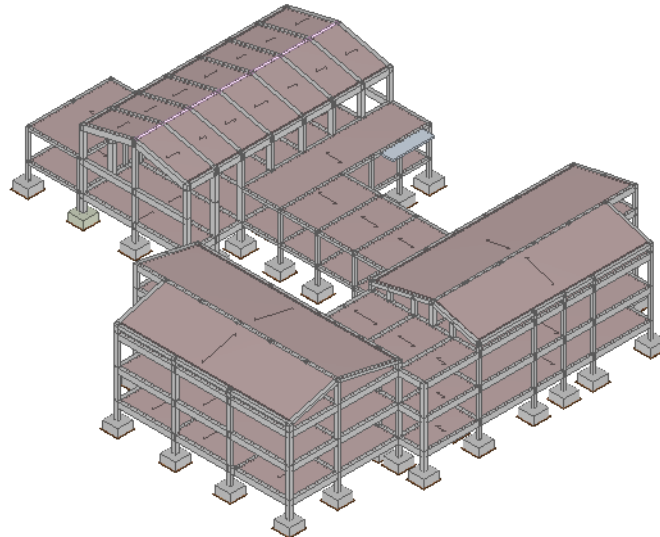
Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale $0, X, Y, Z$, ha versore $(1;1;-1)$



Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale $0, X, Y, Z$, ha versore $(-1;-1;-1)$



GIUDIZIO TECNICO COMPLESSIVO

Nel corso della ricognizione generale delle opere si sono rilevati fenomeni fessurativi abbastanza sporadici, limitati alcune travi ed ad alcuni elementi di tamponatura sulle facciate, oltre a problematiche generali di manutenzione ordinaria e straordinaria. È Presente un fenomeno, che attualmente è minimo, e si sta presentando con la presenza di piccole lesioni dovute al rigonfiamento dei ferri di armatura che si stanno ossidando, e tendono ad innescare tensioni sui calcestruzzi innescando dei fenomeni di spalling. Altre lesioni, seppur minime, si sono riscontrate su alcuni solai al secondo livello;

In linea generale si può certamente affermare che il quadro fessurativo, riguardante le strutture portanti, verticali ed orizzontali, non desta particolari preoccupazioni, vista la modesta diffusione delle lesioni, la cui entità è tale da non inficiare la funzionalità statica delle strutture stesse.

Per quanto precedentemente esposto, considerato:

- 1) che gli elementi strutturali sono conformi ai requisiti per la stabilità dell'opera voluti dalle norme tecniche in vigore al momento della realizzazione;
- 2) che gli elementi strutturali risultano dimensionalmente idonei per resistere ai carichi cui sono soggetti;

- 3) che le strutture non presentano lesioni o deformazioni anomale ad eccezione di quelle innanzi descritte;
- 4) considerato che tali lesioni non hanno ripercussioni sulla capacità delle strutture di assolvere alla loro funzione statica;
- 5) che è stata eseguita attività di controllo delle strutture che ha permesso di definire in maniera esaustiva le caratteristiche costruttive e tipologiche dei manufatti oggetto di verifica;
- 6) che i controlli effettuati e le verifiche di calcolo eseguite hanno fornito elementi di giudizio sufficienti a ritenere le strutture rispondenti ai fini statici;

Il sottoscritto Ing. Fabio Massimo Satta, in qualità di Tecnico incaricato della certificazione di idoneità statica del fabbricato in epigrafe, sulla base dei controlli e delle verifiche strutturali effettuate e di quanto sin qui esposto,

C E R T I F I C A

che le strutture in oggetto sono staticamente idonee con i seguenti carichi di esercizio:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| - solai intermedi | 300 daN/m ² |
| - solai di copertura | 100 daN/m ² |

La durata della presente certificazione è di 2ⁱ anni dalla data odierna, trascorsi i quali l'edificio dovrà essere sottoposto a operazioni di controllo e verifica al fine di rinnovare il giudizio d'idoneità delle strutture. Sono altresì motivi di rinnovo della certificazione statica tutti gli interventi comportanti modifiche agli schemi o ai singoli elementi strutturali dell'edificio nonché tutte le variazioni comportanti incrementi significativi dei carichi, siano essi permanenti o di esercizio.

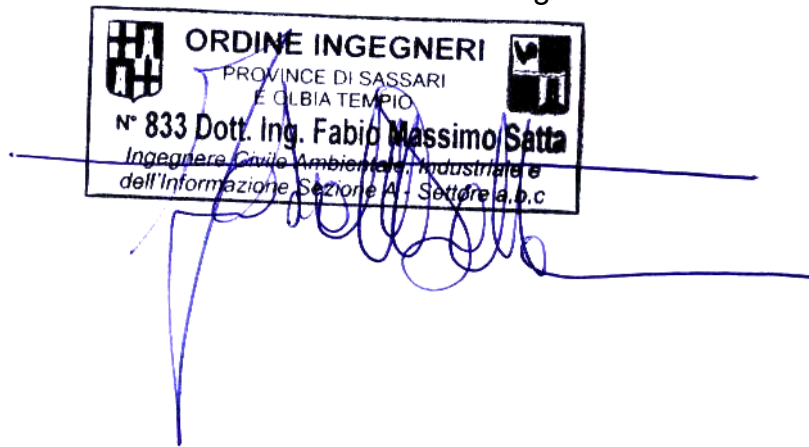
Sarà inoltre indispensabile provvedere al risanamento delle facciate con lo spicconamento delle parti in distacco degli elementi in C.A. , dove se pure in forma minima è presente un fenomeno di spalling, oltre alla spazzolatura e trattamento degli acciai ossidati.

Calangianus, 23 luglio 2019

ⁱ In considerazione della vita nominale dell'opera strutturale, e non rientra più nei casi di certificazione statica ordinaria.

firma

Ing. Fabio Massimo Satta

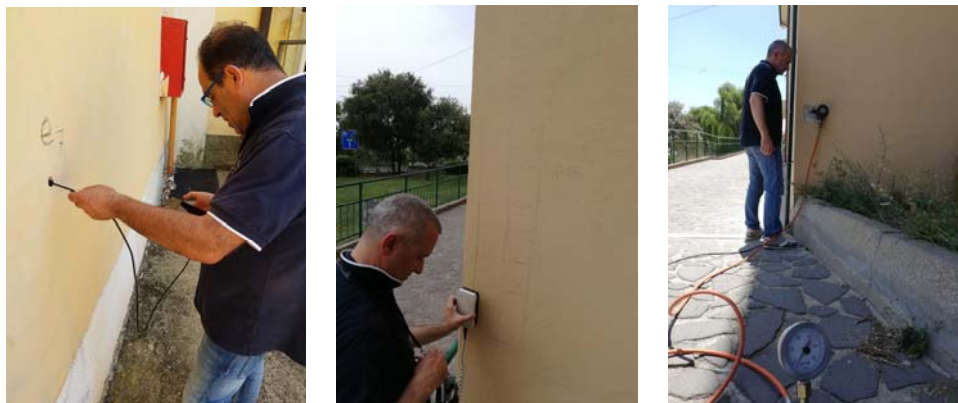


SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO

Via N. Ferracciu, 84 – 07023 CALANGIANUS (OT)

Tel. 079660268 – Fax 1782255470 – stm.stm@tiscali.it

www.stmmonitoraggi.it



RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI STRUMENTALI RIGUARDANTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DELLE SCUOLE MATERNA ED ELEMENTARE

- SEDILO -

COMMITTENTE
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Responsabili Tecnici S.T.M.

Ing. Fabio Massimo Satta

S.T.M. S.R.L.
SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO
P. IVA 01934480904

Ing. Salvatore Roberto Addis

1 PREMESSA

In attuazione del programma di indagini predisposto e concordato con il geom. Antonino Faedda, responsabile area tecnica dell'Amministrazione Comunale di Sedilo, proprietaria delle strutture, i tecnici:

Ing. Fabio Massimo Satta (Responsabile Tecnico S.T.M.);

Ing. Salvatore Roberto Addis (Responsabile Tecnico S.T.M.);

Arch. Michele Ciudino (Assistente Tecnico S.T.M.);

Geom. Francesco Cossu (Assistente Tecnico S.T.M.);

hanno effettuato le seguenti operazioni nei giorni 14, 26 giugno e 3 luglio 2019:

- esecuzione di rilievi pachometrici per l'individuazione della geometria delle armature di travi e pilastri (cfr. Tavole 1,2,3 e schede di indagine pachometrica) al seguito dei quali si è potuto discriminare la consistenza delle strutture portanti verticali. Tali strutture che vista la geometria si pensava fossero in muratura portante in realtà sono risultate tamponature in blocchi laterizi. Si è pertanto concordato con il geom. Antonino Faedda, responsabile area tecnica di rimodulare il protocollo delle indagini eliminando le verifiche con i martinetti piatti (superflue) a favore di indagini pachometriche indispensabili per la definizione approfondita degli schemi strutturali necessari per il calcolo della vulnerabilità sismica dell'edificio;
- esecuzione di rilievi endoscopici e saggi per la discriminazione della tipologia e l'individuazione della geometria degli elementi strutturali;
- esecuzione di prove Pull-Out per la determinazione della resistenza caratteristica dei Cls;
- esecuzione di prove ultrasoniche e sclerometriche per la classificazione meccanica dei Cls;
- esecuzione di prove durometriche per la determinazione in sito delle proprietà meccaniche di elementi in acciaio (armatura pilastri);

2 INDAGINI PACHOMETRICHE

2.1 Generalità

Le indagini pachometriche sono state effettuate con un pachometro π PROTOVALE CoverMaster® CM52 ed un pachometro Elcometer P331-H. Tali strumenti sfruttano il principio delle correnti passive e vengono utilizzati per la misura dello spessore del copriferro in strutture in C.A. e per la verifica della posizione e delle dimensioni dei ferri di armatura superficiali.

La posizione delle barre viene individuata con estrema precisione e rapidità grazie ai dispositivi ottici (display LCD) e alle spie audio a frequenza variabile, distinguibili in modo chiaro anche in ambienti rumorosi, e indicanti l'approssimarsi alla barra.

2.2 Finalità delle indagini

I rilevamenti pachometrici sono stati eseguiti con lo scopo di ricostruire le geometrie delle armature degli elementi strutturali, da utilizzare nella successiva fase di input per il calcolo del livello di sicurezza e della verifica di vulnerabilità sismica delle strutture in esame.

Le indagini pachometriche hanno avuto anche carattere di operazione propedeutica per le successive verifiche non distruttive (ultrasuoni e sclerometro) o semi-distruttive (pull-out) per la caratterizzazione dei materiali costituenti le strutture. Nota infatti la posizione delle armature, le suddette verifiche sono state eseguite nelle aree prive di armature, evitando l'interferenza che queste potevano avere sui dati rilevati.

2.3 Modalità esecutive

Per ciascun elemento strutturale analizzato si è provveduto a rilevare numero e posizione delle armature longitudinali e trasversali, a misurarne i relativi diametri e, successivamente, a riprodurre graficamente le sezioni dell'elemento.

L'indagine ha riguardato, nel complesso, pilastri, travi e solai ed è stata condotta analizzando ciascun elemento nelle estremità vincolate e in mezzzeria.

2.4 Risultati delle rilevazioni pachometriche

I risultati delle indagini sono rappresentati graficamente in appendice dalle sezioni dell'elemento strutturale, recanti indicazioni del numero, diametro e posizione delle barre longitudinali e del diametro e passo delle staffe.

I risultati dell'indagine vengono rappresentate nelle tavole 1, 2, 3 e nelle schede degli elementi strutturali allegate alla presente.

3 INDAGINI ULTRASONICHE

3.1 Il sistema di acquisizione dati ultrasonici

L'apparecchiatura ultrasonica utilizzata (Ultrasonic System CMS) è in grado di misurare il tempo di propagazione delle onde compressionali (onde P) nei materiali, con grande precisione e con la possibilità di visualizzare su un monitor la forma d'onda reale del segnale acquisito controllando la qualità del segnale. La misura può essere effettuata con modalità diretta (trasparenza), per rifrazione (indiretta), o con metodo radiale (superfici adiacenti).

L'apparecchiatura ultrasonica è costituita da una centralina di acquisizione dati e da una serie di sensori piezoelettrici con trasmettitore piezoelettrico ad alta potenza (>1,6 KV) o con martello strumentato, per poter effettuare misure del tempo di propagazione delle onde compressionali in molti tipi di materiali, anche con scarse caratteristiche di propagazione e velocità.

La potenza di trasmissione degli impulsi, regolabile via software tramite cursore, e la elevata sensibilità dei ricevitori piezoelettrici di tipo attivo, con frequenza propria 55 KHz, consentono di effettuare misure sia in laboratorio, sia presso cantieri, per indagini in sito.

La centralina di acquisizione ha al suo interno, oltre che i circuiti elettronici per la generazione degli impulsi ad alta tensione del trasmettitore e il condizionamento del segnale proveniente dal ricevitore, una scheda di digitalizzazione a 12 bit che permette di digitalizzare i segnali acquisiti (forma d'onda completa) e visualizzarli come un oscilloscopio con scala tempi-ampiezze.

I segnali vengono visualizzati, elaborati e memorizzati direttamente da un Computer Palmare, integrato nella centralina, sul quale è caricato il software Sonic Pocket-WCE v. 3.3.9 che gestisce la visualizzazione, memorizzazione ed elaborazione dei segnali.

Caratteristiche tecniche

-Tipo convertitore:	Convertitore a 12 bit
-Fondo scala convertitore:	+2,5 Volt
-Amplificazione:	Guadagno selezionabile tramite software LOW POWER , 20, 40, 74 dB.
-Frequenza di acquisizione:	Da 50Khz a 1.25Mhz
-Buffer di acquisizione:	Standard 2048 Campioni
-Lunghezza acquisizione:	Da 1.6 ms a 40ms
-Interfaccia centralina-palmare interno:	Connettore a pannello DB15 e connettore miniatura ad innesto diretto.
-Interfaccia fra centralina e palmare:	Wireless Bluetooth. Uscita per l'alimentazione e ricarica delle batterie interne del palmare.
-Trasduttori:	Di tipo piezoelettrico, frequenza propria 55 KHz.
-Tensione eccitazione trasmettitore:	1,6 KV.
-Trasmettitore:	Dotato di pulsante per funzioni di telecontrollo acquisizione, freeze del segnale acquisito, memorizzazione e misura per gestione profili.
-Ricevitore:	Preamplificato con guadagno 10 volte.
-Contenitore:	A tenuta stagna IP67, resistente agli urti e agli agenti corrosivi con valvola di pressurizzazione.

3.2 Software di elaborazione "Data Sonic System"

Il software "Data Sonic System" consente di gestire i dati trasferiti dal palmare al PC e di elaborarli realizzando grafici, oscillogrammi e report personalizzati.

Il programma permette inoltre di:

- rivedere ogni singolo segnale acquisito;
- rileggere i tempi di primo arrivo, le ampiezze del segnale ricevuto;
- calcolare la resistenza del calcestruzzo attraverso il metodo SON-REB, utilizzando le misure sclerometriche;
- calcolare il modulo di elasticità dinamico inserendo, se nota, la densità del materiale ed il coefficiente di Poisson;
- esportare i singoli segnali in formato Bitmap;
- esportare i dati in formato ASCII;

Il programma è architettato per creare un database riferito:

- al cantiere dove sono state eseguite le misure, inteso come ambiente generico;
- al sito dove le misure sono state eseguite inteso come ambiente nel quale sono stati eseguiti diversi profili di misura;
- al profilo inteso come univoco profilo di misura composto da n punti acquisiti con lo strumento con un nome indicato in fase di acquisizione;

STM Srl - SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO

Via N. Ferracciu, 84 - 07023 CALANGIANUS (OT)

Tel. 079660268 - Fax 1782255470 - stm.stm@tiscali.it - www.stmmonitoraggi.it

Nella gestione del singolo profilo troviamo i dati registrati, il grafico delle velocità, la modalità di acquisizione (trasparenza, rifrazione o radiale), i valori medi delle misure e gli scarti quadratici medi.

Il software permette inoltre di rivedere tutti i segnali acquisiti, cambiare la scala di visualizzazione e zoomare il primo arrivo.

Il valore in ampiezza del segnale è assoluto, ed è il valore in tensione del segnale in entrata dal ricevitore, che è indipendente dal valore di amplificazione impostato in acquisizione; questo permette di poter confrontare in termini assoluti i segnali acquisiti e poter effettuare delle analisi comparative in ampiezza e misurare l'attenuazione dei segnali.

3.3 Modalità d'indagine

L'apparecchiatura permette di eseguire la misura con modalità diretta (trasparenza), per rifrazione (indiretta), o con metodo radiale (superfici adiacenti).

La modalità di misurazione diretta prevede la disposizione di trasmettitore e ricevitore l'uno di fronte all'altro su due superfici mutuamente parallele in modo che il segnale emesso dal trasmettitore venga captato da ricevitore in maniera diretta.

La misurazione indiretta avviene con il posizionamento dei sensori (trasmettitore – ricevitore) sulla medesima superficie, disposti a distanze tali da non interporre fra essi ferri di armatura, la cui posizione sia stata precedentemente rilevata e posta in evidenza sulla superficie dai rilievi effettuati con pachometro.

Nella misurazione radiale il posizionamento dei due sensori avviene su due superfici adiacenti e fra loro perpendicolari; tale modalità di misura fornisce dati significativi sullo stato di consistenza del materiale nelle zone di spigolo.

Le indagini sono state condotte secondo le indicazioni della norma UNI EN 12504-4:2005.

Nella fattispecie in esame, alcuni degli elementi strutturali sono stati sottoposti a rilievi ultrasonici con la modalità di lettura diretta, provvedendo, per ciascun elemento, ad eseguire 5 campi di misura ciascuna delle quali

STM Srl - SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO

Via N. Ferracciu, 84 – 07023 CALANGIANUS (OT)

Tel. 079660268 – Fax 1782255470 – stm.stm@tiscali.it - www.stmmonitoraggi.it

costituita da 5 letture, con un totale di 25 rilievi ultrasonici per ogni elemento indagato.

3.4 Interpretazione dei risultati

In allegato al presente rapporto vengono riportati i tabulati delle misurazioni ultrasoniche effettuate, con i relativi profili e le immagini del segnale registrato, per ciascun elemento sottoposto ad esame.

La stima della resistenza a compressione è di tipo correlativo in quanto la velocità di propagazione delle onde ultrasoniche è legata, così come lo è la resistenza, alla densità ed al modulo elastico.

La correlazione andrebbe poi tarata sulla base di prove di laboratorio da eseguire su provini (carote) estratti dagli elementi strutturali, quando questo sia possibile senza arrecare eccessiva perturbazione allo stato tensionale degli elementi.

In assenza di tali prelievi si può far riferimento alla Tabella 1, che classifica i calcestruzzi in funzione della velocità di propagazione delle onde ultrasoniche nel modo seguente:

Velocità onde ultrasoniche [m/s]	Qualità del calcestruzzo
< 2.135	pessimo
2.135 ÷ 3.000	scadente
3.000 ÷ 3.600	discreto
3.600 ÷ 4.500	buono
> 4.500	ottimo

Tabella 1

I risultati delle rilevazioni ultrasoniche vengono riportati nella seguente tabella

Velocità media rilevata onde ultrasoniche [m/s]	Elemento in calcestruzzo
----------------------------------------------------	--------------------------

3.886	P35
4.049	P50
3.945	P58
3.877	P64
4.133	T2
3.515	T3
3.337	T5

Tabella riepilogativa misurazioni ultrasoniche

mentre per il dettaglio dei risultati si rimanda ai tabulati allegati alla presente.

4 PROVE SCLEROMETRICHE

4.1 La strumentazione utilizzata

Lo sclerometro meccanico è uno strumento che consente la misurazione rapida e approssimata della resistenza a compressione di manufatti di calcestruzzo (controlli non distruttivi). Il suo funzionamento si basa sul rimbalzo di una massa battente in acciaio, azionata da una molla, che contrasta un'asta di percussione che si appoggia sulla superficie del manufatto: quanto più elevata è la resistenza, tanto maggiore è il rimbalzo. Leggendo nella scala l'indice di rimbalzo e riportandolo sulle curve del diagramma applicato allo strumento, si ricava la resistenza a compressione [espressa in N/mm² o Kg/cm²].

4.2 Scopo dell'indagine

Lo scopo finale dell'indagine sclerometrica è duplice: il primo è quello di misurare il grado di omogeneità del materiale indagato ottenendo nel contempo una misura approssimata della sua resistenza a compressione delle zone corticali degli elementi analizzati; il secondo è quello di avere a disposizione misure dell'indice di rimbalzo per l'applicazione del metodo SON-REB, attraverso il quale determinare le caratteristiche reologiche del calcestruzzo.

4.3 Modalità d'indagine

Le prove sono state eseguite conformemente alla norma UNI EN 12504-2:2012. La superficie di prova viene scelta in modo accurato evitando le zone che presentano nidi di ghiaia, scalfitture, tessitura superficiale grossolana, porosità elevata e zone con presenza di armatura. Si procede ad effettuare, se necessario, la pulizia della superficie utilizzando la pietra abrasiva in dotazione allo strumento, provvedendo alla rimozione di parti poco resistenti o coperte di malta disgregata o con tessitura ruvida.

Si passa quindi all'esecuzione delle battute con lo strumento posizionato perpendicolarmente alla superficie da indagare, aumentando gradualmente la pressione sul martello fino a produrre l'urto, registrando il corrispondente valore dell'indice di rimbalzo letto sulla scala graduata dello strumento. Si determina infine l'indice di rimbalzo sclerometrico I_R della superficie di prova calcolando la media di tutte le misure effettuate e con tale indici si calcola il valore di resistenza cubica a compressione R_C del calcestruzzo servendosi del grafico di equivalenza fra I_R ed R_C presente sullo strumento.

5 METODO SON-REB

5.1 Generalità

Il metodo SONREB, introdotto in Italia negli anni '70, e raccomandato nel '93 dalla RILEM, combina i valori di tempo misurati con la tecnica ultrasonica (volumetrica) con i valori di rimbalzo dello sclerometro (superficiale). Il metodo è applicabile ad ogni tipo di calcestruzzo, ma le correlazioni tra le misure effettuate mediante tecniche non distruttive e la resistenza del calcestruzzo è essenzialmente basata su indagini effettuate su calcestruzzi della stessa composizione. Per questo motivo il metodo dovrebbe essere tarato su cubetti che dopo essere testati vengono portati a rottura per compressione.

La prova consiste quindi in una combinazione dei risultati ottenuti dalla misura dell'indice di rimbalzo delle prove sclerometriche e quelli ricavati dalle prove con apparecchiatura sonica o ultrasonica.

Combinando i due metodi non distruttivi è possibile compensare i limiti delle due metodologie, ottenendo una stima più attendibile della resistenza tramite correlazioni che mettono insieme le due misure effettuate. I vantaggi del metodo possono essere così riassunti:

Mentre l'indice sclerometrico è influenzato dalle proprietà dello strato superficiale, la velocità degli ultrasuoni lo è da quelle della parte interna del campione; d'altro canto, la presenza di un significativo contenuto d'umidità produce una stima per difetto usando l'indice sclerometrico, ed una per eccesso usando le velocità degli ultrasuoni.

5.2 Formule di calcolo

Riportiamo qui alcune fra le più diffuse espressioni esistenti nella letteratura che correlano i valori ottenuti con le due metodologie con il valore della resistenza a compressione del calcestruzzo:

A) Formula Di Leo-Pascale

$$R_C = 1,2 \times 10^{-9} \times I_R^{1,058} \times V_P^{2,446}$$

B) Formula Gasparirik

$$R_C = 8,606 \times 10^{-8} \times I_R^{1,246} \times V_P^{1,85}$$

C) Formula Giacchetti-Lacquaniti

$$R_C = 7,695 \times 0,0980610^{-10} \times I_R^{1,4} \times V_P^{2,6}$$

dove:

R_C = resistenza a compressione del calcestruzzo espressa in N/mm²;

I_R = indice medio del rimbalzo allo sclerometro misurato su n. 10 battute;

V_P = velocità di propagazione dell'ultrasuono, espressa in m/s.

5.3 Interpretazione dei risultati

Il metodo Son-Reb è stato impiegato per la determinazione dei valori di resistenza dei pilastri P35 – P50 – P58 – P64 e delle travi T2 – T3 – T5. Nella tabella riassuntiva, per ciascun elemento strutturale indagato vengono riportati i valori di resistenza calcolati secondo le tre formule dianzi descritte con l'ulteriore dato del valore medio delle tre resistenze.

I risultati ottenuti devono tuttavia essere interpretati in funzione delle condizioni di prova. La prova è stata eseguita previa scarifica dello spessore di intonaco su due facce contrapposte dell'elemento indagato. Questo ha permesso di avere una buona aderenza delle sonde alle superfici di calcestruzzo e, soprattutto, ha consentito al segnale ultrasonico di attraversare un mezzo omogeneo (calcestruzzo) senza presenza di ulteriori materiali. La velocità media di propagazione del segnale ultrasonico è risultata di 3.886 m/s e l'indice medio di rimbalzo sclerometrico di 43. Con tali dati, l'applicazione delle formule innanzi riportate restituisce un valore medio di resistenza a compressione di 36,10 N/mm².

Si può constatare come il metodo, nel caso specifico, approssimi piuttosto fedelmente il valore di resistenza. Infatti dall'esecuzione delle prove pull-out sullo stesso elemento è scaturita una resistenza di 37,40 N/mm².

Per i risultati in esteso delle prove Son-Reb si rimanda ai tabulati allegati.

6 PROVE PULL-OUT

6.1 La strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura di prova è costituita essenzialmente da un'attrezzatura di foratura, da un estrattore e da un misuratore di forza e da un inserto metallico per l'estrazione di un cono di calcestruzzo.

L'**attrezzatura di foratura** è formata da un utensile perforatore munito di punta svasatrice a testa conica, adeguata a preparare il foro e la relativa lavorazione sottoquadro del calcestruzzo da indagare.

L'**estrattore** è costituito da un'apparecchiatura in grado di applicare una forza di trazione allo stelo dell'inserto, facendo contrasto sulla superficie di calcestruzzo, fino a provocare il distacco del cono di estrazione; nella fattispecie l'apparecchiatura è costituita da un martinetto idraulico azionato da una pompa.

La **misura della forza di estrazione** avviene indirettamente mediante correlazione con la pressione letta su un manometro inserito nel circuito idraulico pompa-martinetto, dotato di un indicatore del valore massimo raggiunto in prova.

L'**inserto** di estrazione è costituito da un tassello Fischer del tipo FZA 14 × 40 M10, con testa di espansione conica.

6.2 Modalità d'indagine

Le prove semi distruttive, con sistema Pull-Out, sono state eseguite conformemente alle norme UNI EN 12504-3:2005; La resistenza a compressione del calcestruzzo viene determinata mediante la misurazione della forza necessaria per estrarre un inserto metallico inserito in apposito foro realizzato nel cls. Si procede alla realizzazione del foro, all'infissione, nell'elemento sottoposto a prova, di un tassello a geometria variabile, ed alla relativa estrazione con l'ausilio di un martinetto azionato da una pompa idraulica con manometro per la lettura delle pressioni di estrazione con fondo scala di 250 bar.

La **preparazione del foro**, da realizzarsi perpendicolarmente alla superficie dell'elemento considerato, prevede la realizzazione di una cavità cilindrica per il primo tratto non interessato all'espansione dell'inserto, seguita da un tratto sottosquadro atto a consentire la libera espansione dell'elemento a geometria variabile dell'inserto.

L'**inserimento del tassello** del tipo FZA 14 × 40 M10 avviene tramite battitura servendosi di appositi utensili in grado di garantire la preservazione della filettatura dell'inserto ed il suo inserimento graduale all'interno del foro.

Lo stelo dell'inserto viene poi collegato al martinetto tramite cilindro metallico filettato con testa di collegamento a contrasto sul martinetto.

Il contrasto avviene attraverso il martinetto la cui base di appoggio alla struttura è un anello di determinate dimensioni, che viene disposto in maniera centrata rispetto allo stelo dell'inserto. Il complesso inserto-stelo viene disposto in modo da assicurare che la forza di estrazione agisca lungo l'asse dello stelo.

6.3 Elementi indagati

La prova pull-out, è stata effettuata sui pilastri al fine di misurare la resistenza a compressione del calcestruzzo. Sono stati sottoposti a prova, al piano seminterrato i pilastri P50 – P58 e le travi T2 – T3 – T5 (due prove).

Al piano terra l'indagine ha interessato i pilastri P3 – P15 – P16 – P18 – P35 – P47 – P64 mentre al piano primo sono stati sottoposti a verifica i pilastri P20 – P51 – P57.

6.4 Risultati dell'indagine

Con la prova pull-out si ottengono i valori della pressione di estrazione, che vengono poi utilizzati per la determinazione della resistenza cubica a compressione del calcestruzzo mediante l'utilizzo della tabella di conversione appresso riportata.

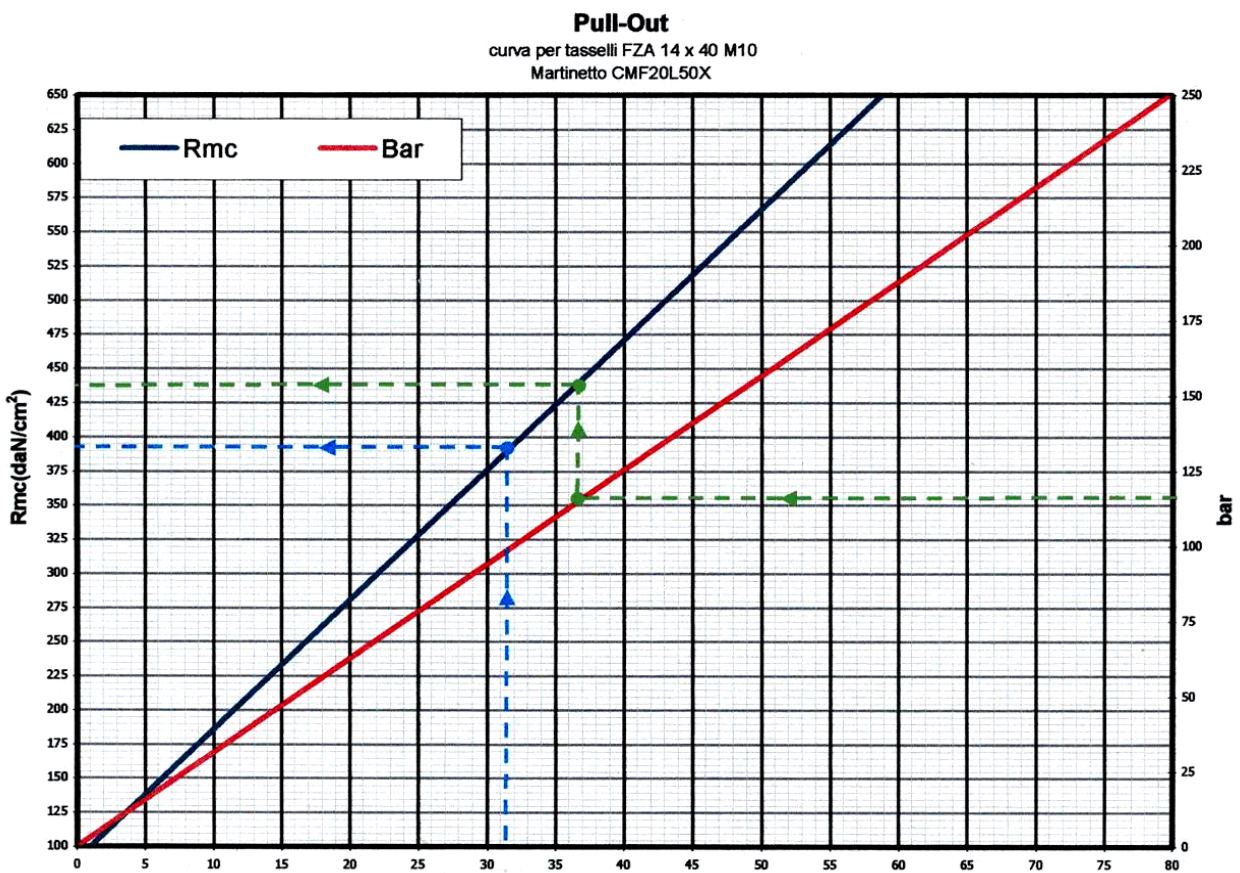


Tabella di conversione Pressione di estrazione [bar → daN/cm²]

Eseguite le opportune operazioni di conversione, i valori di resistenza a compressione del calcestruzzo per ciascun elemento sottoposto a prova sono riassunti nella tabella seguente:

ELEMENTO	Resistenza N/mm ²
Piano Seminterrato P50	41,1
Piano Seminterrato P58	35,4
Piano Seminterrato T2	25,6
Piano Seminterrato T3	42,2
Piano Seminterrato T5 (2 prove)	20,1 - 21,1
Piano Terra P3	37,4
Piano Terra P15	39,4
Piano Terra P16	41,2
Piano Terra P18	35
Piano Terra P35	37,4
Piano Terra P47	35,1
Piano Terra P64	44,4
Piano Primo P20	31,7
Piano Primo P51	25,1
Piano Primo P57	31,2

Tabella riepilogativa delle resistenze pull-out [N/mm²]

Un'ulteriore informazione ricavabile dalle prove pull-out è quella relativa alla composizione macroscopica del conglomerato sottoposto ad esame.

Dall'osservazione del cono estratto e dell'impronta sull'elemento strutturale si possono infatti trarre informazioni in merito alle caratteristiche litologiche dell'inerte utilizzato, alle sue caratteristiche morfologiche, al suo assortimento in termini di granulometria ed alla omogeneità/disomogeneità della pasta cementizia.

Sulla base dell'analisi eseguita si possono fare le seguenti considerazioni:

- i pilastri e le travi investigati presentano un ottimo assortimento granulometrico, buona qualità dell'inerte e ottima adesione di questo alla matrice cementizia. Il risultato della prova su tali elementi, se si esclude la trave T5, risulta infatti molto elevata.

7 PROVE DUROMETRICHE

Sono state eseguite n° 6 indagini tramite durometro al fine di misurare la durezza delle barre in acciaio presenti nelle strutture in c.a. oggetto di indagine, da correlare successivamente con la loro resistenza meccanica.

7.1 Caratteristiche strumentazione

Durometro Dureq QH2

- Accuratezza ± 4 HLD
- Conversione in HB, HRC, HRB, HV, HS
- Range di misura fino a 647 HB e 68HRC
- Misurazione in tutte le direzioni
- Schermo LCD a LED retroilluminato
- Trasferimento dati a PC via USB (QH2 DLS)
- Software Data Center DMQ



Specifiche Tecniche:

<i>Principio di Misura:</i>	Metodo Leeb a rimbalzo
<i>Sonda ad impatto:</i>	Universale tipo D
<i>Direzione di impatto:</i>	Tutte le angolazioni
<i>Accuratezza:</i>	± 4 HLD
<i>Range di Misura:</i>	150 - 990 HLD
<i>Allarmi:</i>	Minimo e Massimo
<i>Temperature di esercizio:</i>	0°C a +50°C

Unità e campi di misura

	Acciaio	Inox	Alluminio
HB	80-647	85-655	
HV	80-940	85-802	80-935
HRB	38-99	46-101	
HRC	20-68	20-62	20-67
HS	32-99		

7.2 Modalità d'indagine

La prova consiste nell'eseguire 5 battute tramite durometro sulla superficie delle barre di armatura, previa rimozione dello strato di copriferro e levigatura della superficie d'acciaio. Il principio di funzionamento del durometro è di

seguito descritto. Un corpo di battuta con una punta in metallo è proiettato da una molla contro la superficie dell'oggetto da analizzare. L'impatto causa una leggera deformazione della superficie, che comporta una perdita di energia cinetica. Tale perdita di energia è calcolata misurando la velocità dell'impatto (v_i) e del rimbalzo (v_r) a una distanza precisa dalla superficie. Le velocità sono misurate mediante un magnete permanente nel corpo di battuta, che genera una tensione ridotta indotta nella sonda del percussore. La tensione identificata è proporzionale alla velocità del corpo di battuta. L'elaborazione del segnale fornisce la durezza, che è automaticamente correlata in valore di resistenza tramite una curva di taratura determinata in base alla tipologia di acciaio in esame, in questo caso acciaio dolce. I risultati vengono riportati nel tabulato allegato dove si indicano i 5 valori rilevati per ogni punto di indagine di cui viene considerato il valore medio.

7.3 Risultati

Le prove durometriche sugli acciai hanno permesso di rilevare, per via indiretta, i valori di resistenza degli acciai sottoposti a verifica. Nel caso del pilastro P51 la resistenza è risultata di 460 N/mm² mentre sul pilastro P58 è stata ottenuta una resistenza di 455 N/mm². Nel caso delle prove effettuate sugli acciai delle travi T3, T5 (due prove) e T7 la resistenza riscontrata è stata pari rispettivamente a 470 N/mm², 705 N/mm², 505 N/mm² e 385 N/mm² (Cfr. Tavola 7).

8 PROVE ENDOSCOPICHE

8.1 La strumentazione utilizzata

Per le indagini endoscopiche si è utilizzato un endoscopio flessibile Modello XT-S010 le cui caratteristiche sono appresso riportate:

Endoscopio Mod. XT-S010

Telecamera endoscopica con illuminatore variabile, con un alto grado di protezione per verificare guasti a tubazioni idrauliche, pozzi, angoli nascosti,

motori, e tanto altro. L'immagine ripresa dall'estremità del tubo, è trasmessa in tempo reale mediante la porta USB.

La videocamera è formata da una mini telecamera con risoluzione 640x480 (max) e corona IR Led composta da 6 PCS Led. L'obiettivo della telecamera è posto internamente al cavo rigido flessibile che si congiunge al manico dell'endoscopio a sua volta connesso con uscita usb per collegamento al computer.

L'endoscopio permette di regolare la luminosità dei 6 LED Pcs interni e di scattare foto.

Caratteristiche tecniche

<i>Telecamera</i>	<i>1/12" CMOS</i>
<i>Frame rate</i>	<i>30 fps</i>
<i>Risoluzione</i>	<i>640x480pixel (VGA)</i>
<i>Controllo esposizione</i>	<i>Automatico</i>
<i>Corona Led</i>	<i>6 Pcs Led, white</i>
<i>Porta USB</i>	<i>USB 2.0/3.0</i>
<i>Angolo Visuale</i>	<i>60°</i>
<i>Distanza Focus</i>	<i>3 cm</i>
<i>Lunghezza tubo</i>	<i>1000 mm</i>
<i>Lunghezza Cavo USB</i>	<i>2000 mm</i>
<i>Lunghezza Manico</i>	<i>220 mm</i>
<i>Sezione Tubo</i>	<i>60 mm</i>
<i>Diametro lente</i>	<i>7.2 mm</i>
<i>Sistema supportato</i>	<i>Windows 2000/XP/Win7/Vista</i>

8.2 Scopo dell'indagine

Lo scopo finale dell'indagine endoscopica è duplice: il primo è quello di ispezionare l'elemento oggetto di studio al fine di classificare materiale componente, il grado di omogeneità e l'eventuale presenza di difetti; il secondo è quello di avere a disposizione misure geometriche precise.

8.3 Modalità d'indagine

L'indagine endoscopica ha interessato 7 setti murari individuati su tutti i prospetti esterni del fabbricato oggetto di intervento e un setto interno di un'aula (aula 1). Tre indagini sono state inoltre svolte sui solai. Si sono eseguiti i fori sulla muratura, all'altezza di circa un metro, per valutare, sempre con l'endoscopio, la consistenza della stessa, ossia la presenza o meno di vuoti e la tipologia (forma, dimensione e tipo di materiale) del nucleo interno della muratura stessa. Per ulteriori informazioni relative alle indagini endoscopiche, si rimanda alla TAV. 8 - Indagini endoscopiche, allegata alla presente, corredata della relativa documentazione fotografica.

9 RIEPILOGO DEI RISULTATI D'INDAGINE

In appendice alla presente relazione vengono riportati i risultati delle indagini eseguite, la documentazione fotografica delle stesse ed i riferimenti planimetrici agli elementi sottoposti a verifica.

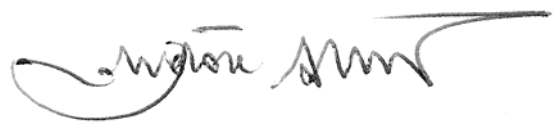
Calangianus, 19/07/2019

Responsabili Tecnici S.T.M.

Ing. Fabio Massimo Satta



Ing. Salvatore Roberto Addis



S.T.M. S.R.L.
SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO
P. IVA 01934480904

ALLEGATI:

TAV. 1 – SCHEMI STRUTTURALI SEMINTERRATO

TAV. 2 – SCHEMI STRUTTURALI PIANO TERRA

TAV.3 – SCHEMI STRUTTURALI PIANO PRIMO

TAV.4 – PULL-OUT SEMINTERRATO

TAV.5 – PULL-OUT PIANO TERRA

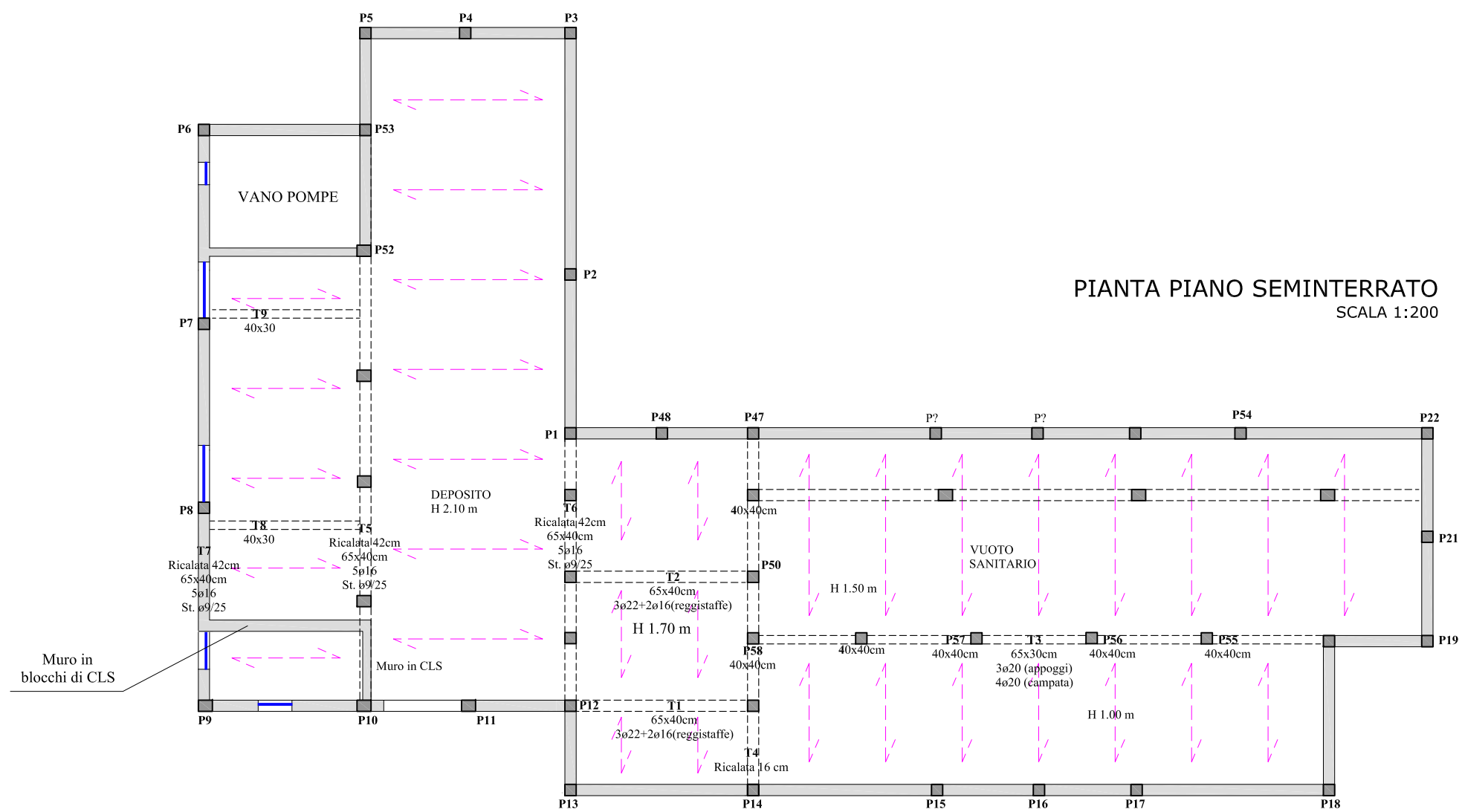
TAV.6 PULL-OUT PIANO PRIMO

TAV. 7 – INDAGINI DUROMETRICHE

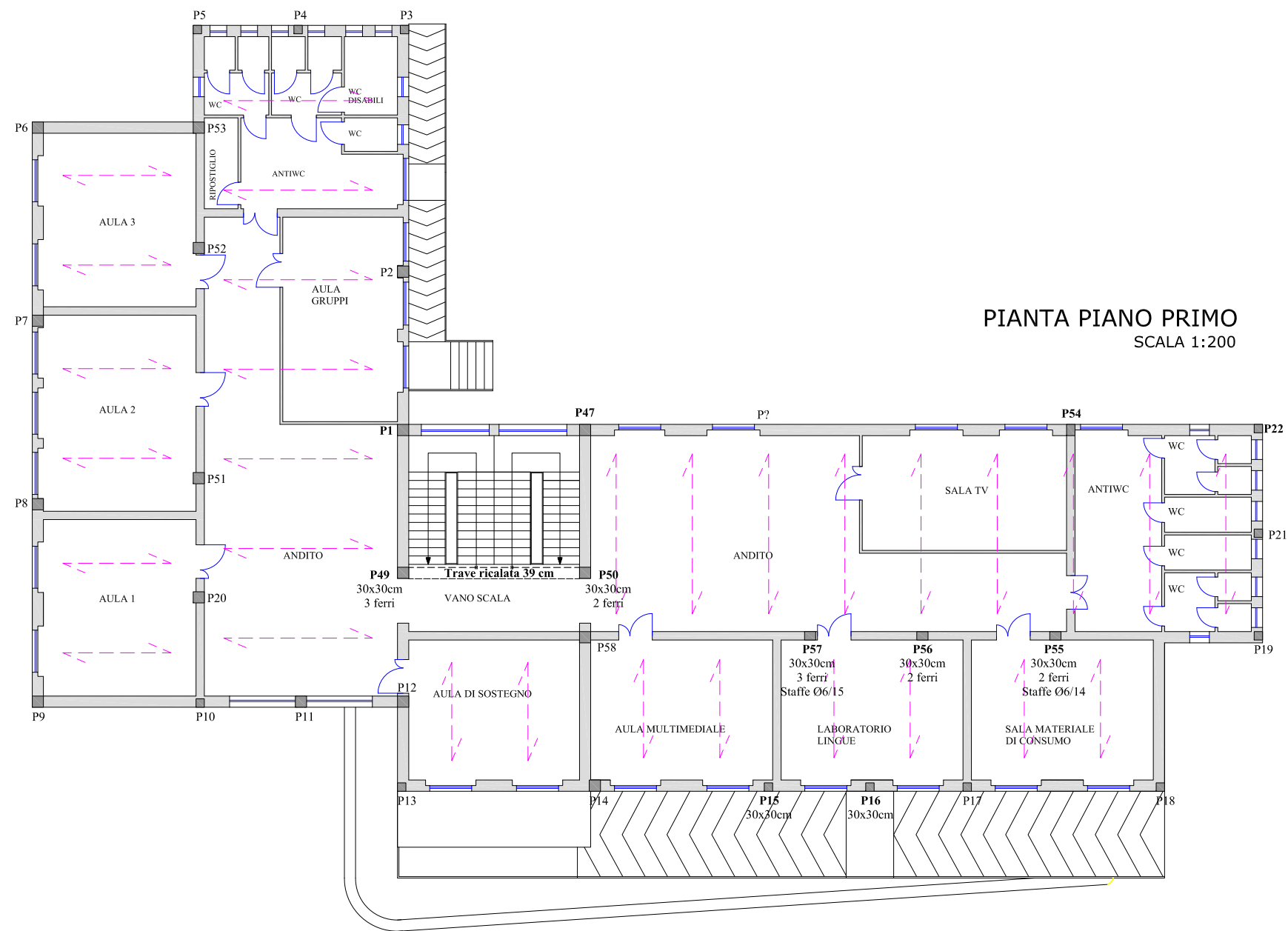
TAV. 8 – INDAGINI ENDOSCOPICHE

SCHEDE INDAGINE ELEMENTI STRUTTURALI

SCHEDE SON-REB



PIANTA PIANO SEMINTERRATO
SCALA 1:200



Scuola elementari e materne, Sedilo (OR) - Tavola 3 - Schemi strutturali Piano Primo



Esecuzione della prova Pull - Out 1.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 1 (pressione di estrazione 56 bar RcK 25,6 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 1.



Esecuzione della prova Pull - Out 2.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 2 (pressione di estrazione 106 bar RcK 41,1 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 2.



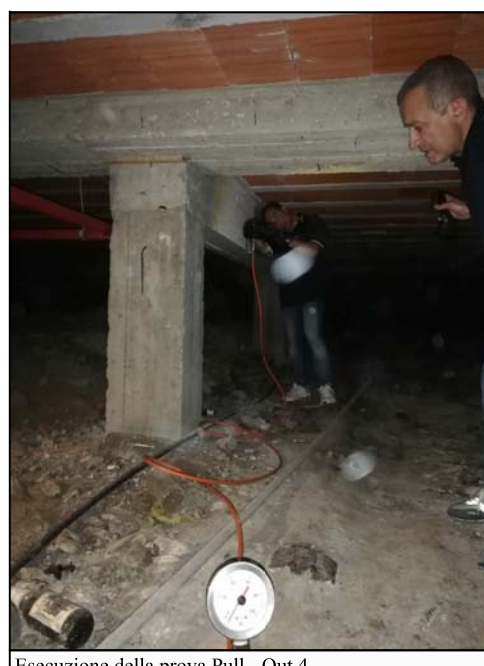
Esecuzione della prova Pull - Out 3.



Valore manometro prova Pull - Out 3 (pressione di estrazione 87 bar RcK 35,4 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 3.



Esecuzione della prova Pull - Out 4.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 4 (pressione di estrazione 109 bar RcK 42,2 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 4.



Esecuzione della prova Pull - Out 5.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 5 (pressione di estrazione 36 bar RcK 20,1 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 5.



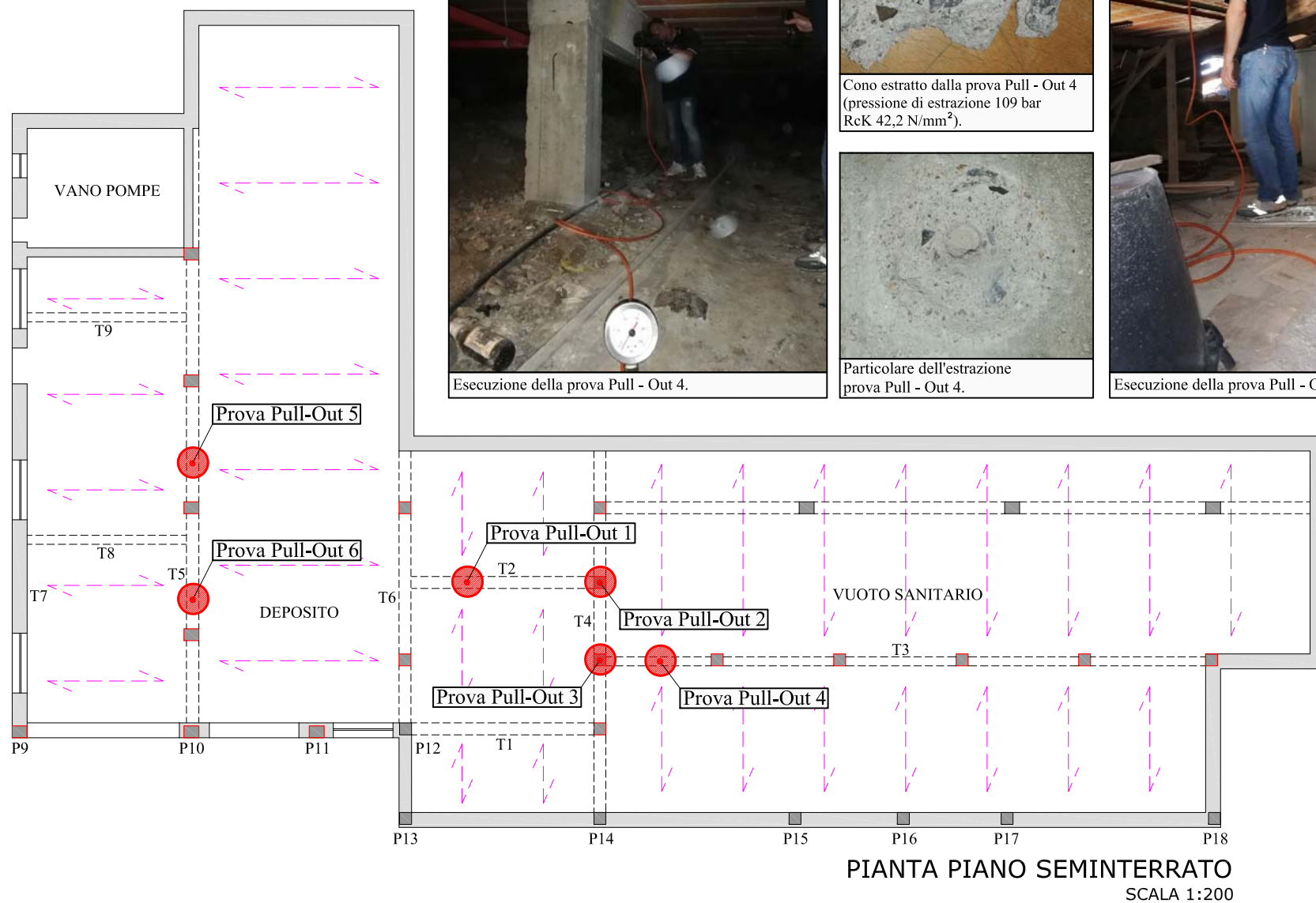
Esecuzione della prova Pull - Out 6.



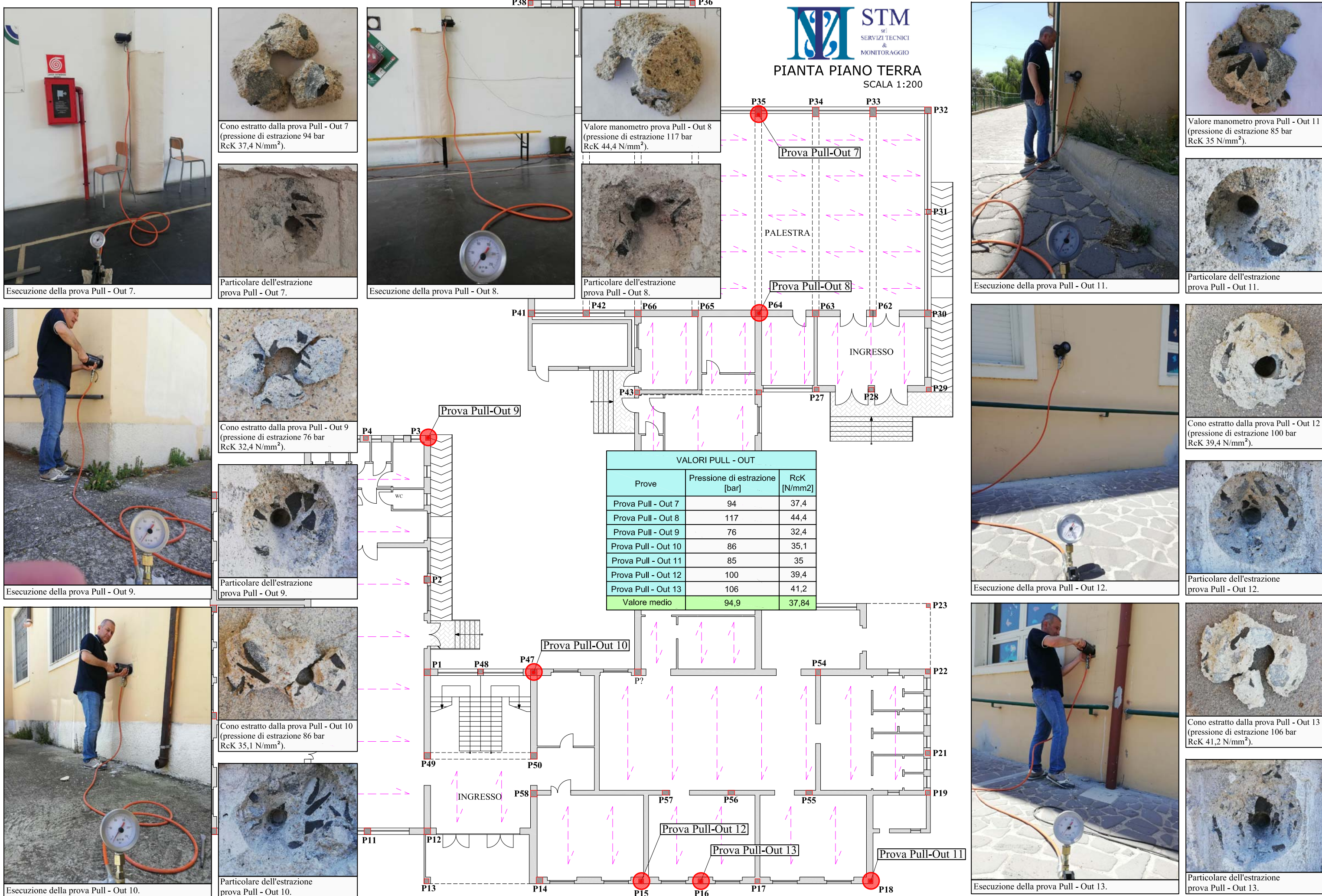
Cono estratto dalla prova Pull - Out 6 (pressione di estrazione 39 bar RcK 21,1 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 6.



VALORI PULL - OUT		
Prove	Pressione di estrazione [bar]	RcK [N/mm ²]
Prova Pull - Out 1	56	25,6
Prova Pull - Out 2	106	41,1
Prova Pull - Out 3	87	35,4
Prova Pull - Out 4	109	42,2
Prova Pull - Out 5	36	20,1
Prova Pull - Out 6	39	21,1
Valore medio	72,2	30,91



VALORI PULL - OUT		
Prove	Pressione di estrazione [bar]	RcK [N/mm ²]
Prova Pull - Out 7	94	37,4
Prova Pull - Out 8	117	44,4
Prova Pull - Out 9	76	32,4
Prova Pull - Out 10	86	35,1
Prova Pull - Out 11	85	35
Prova Pull - Out 12	100	39,4
Prova Pull - Out 13	106	41,2
Valore medio	94,9	37,84



Esecuzione della prova Pull - Out 7.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 7 (pressione di estrazione 94 bar RcK 37,4 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 7.



Esecuzione della prova Pull - Out 8.



Valore manometro prova Pull - Out 8 (pressione di estrazione 117 bar RcK 44,4 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 8.



Esecuzione della prova Pull - Out 11.



Valore manometro prova Pull - Out 11 (pressione di estrazione 85 bar RcK 35 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 11.



Esecuzione della prova Pull - Out 9.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 9 (pressione di estrazione 76 bar RcK 32,4 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 9.



Esecuzione della prova Pull - Out 12.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 12 (pressione di estrazione 100 bar RcK 39,4 N/mm²).



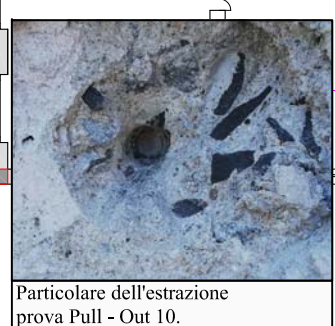
Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 12.



Esecuzione della prova Pull - Out 10.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 10 (pressione di estrazione 86 bar RcK 35,1 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 10.



Esecuzione della prova Pull - Out 13.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 13 (pressione di estrazione 106 bar RcK 41,2 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 13.



Esecuzione della prova Pull - Out 14.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 14 (pressione di estrazione 75 bar RcK 31,7 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 14.



Esecuzione della prova Pull - Out 15.



Cono estratto dalla prova Pull - Out 15 (pressione di estrazione 53 bar RcK 25,1 N/mm²).



Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 15.



Esecuzione della prova Pull - Out 16.

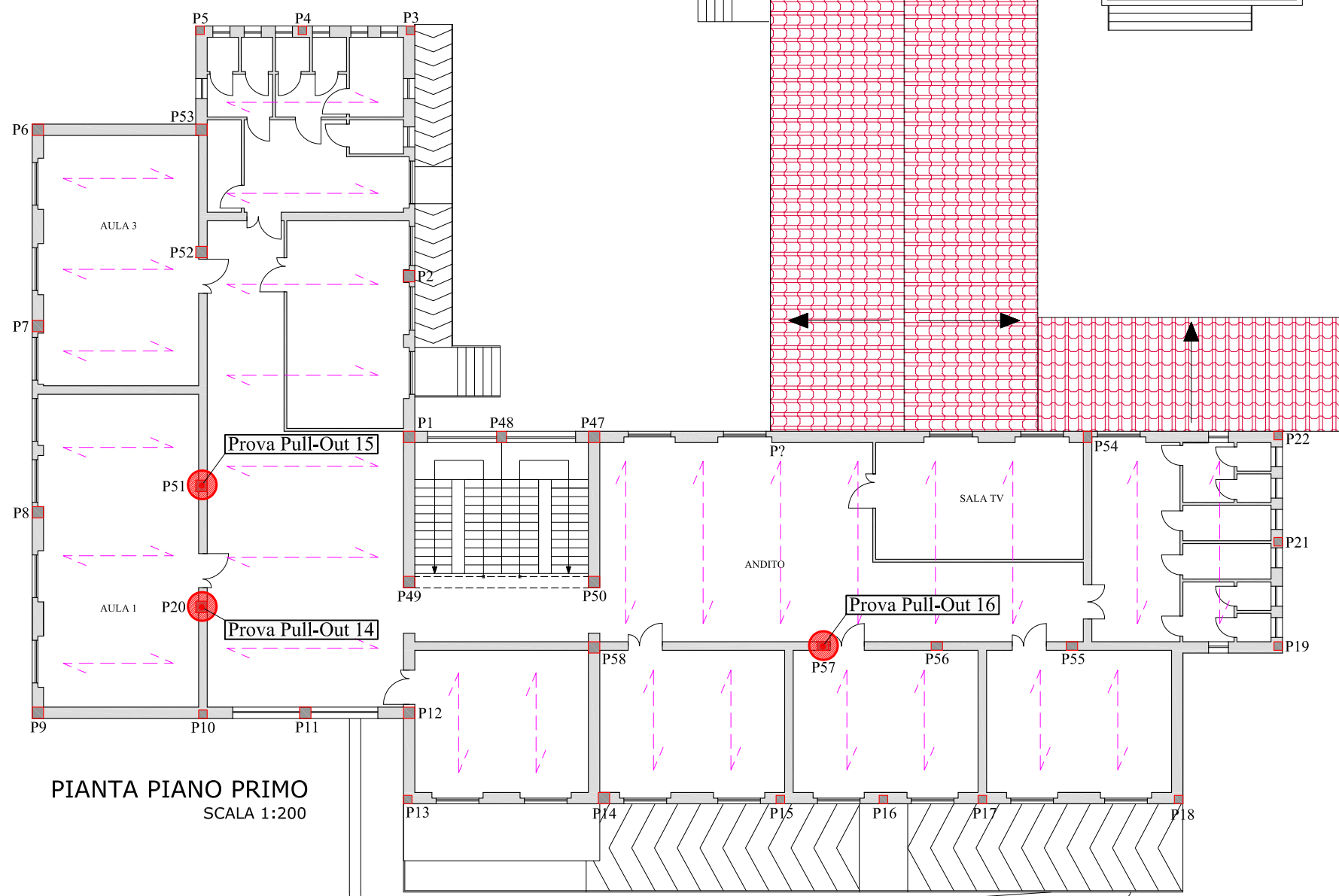


Cono estratto dalla prova Pull - Out 16 (pressione di estrazione 73 bar RcK 31,2 N/mm²).

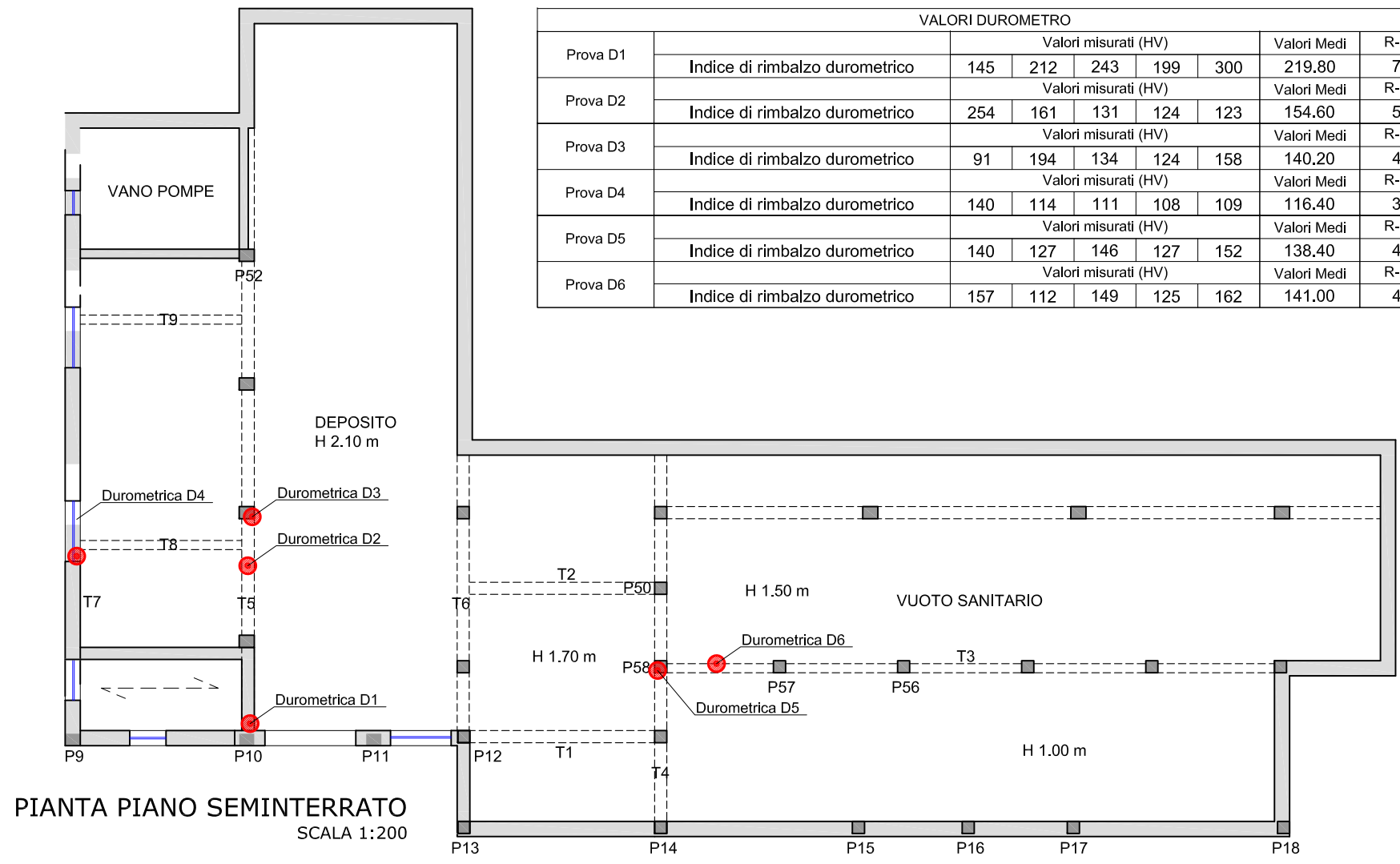


Particolare dell'estrazione prova Pull - Out 16.

VALORI PULL - OUT		
Prove	Pressione di estrazione [bar]	RcK [N/mm ²]
Prova Pull - Out 14	75	31,7
Prova Pull - Out 15	53	25,1
Prova Pull - Out 16	73	31,2
Valore medio	72,2	30,91



PIANTA PIANO PRIMO
SCALA 1:200



VALORI DUROMETRO								
Prova	Indice di rimbalzo durometrico	Valori misurati (HV)					Valori Medi	R-Mpa
		D1	145	212	243	199		
D2	254	161	131	124	123	154.60	505	
D3	91	194	134	124	158	140.20	460	
D4	140	114	111	108	109	116.40	385	
D5	140	127	146	127	152	138.40	455	
D6	157	112	149	125	162	141.00	470	



Prova durometrica D4



Prova durometrica D1



Prova durometrica D2



Prova durometrica D3



Prova durometrica D5



Prova durometrica D6

Scuole elementari e materne, Sedilo (OR) - Tavola 7 - Indagine durometrica





Prova endoscopica E1



Prova endoscopica E3 - Solaio di calpestio 2° piano



Prova endoscopica E4 - Solaio di calpestio 1° piano



Esecuzione della prova endoscopica E6



Esecuzione della prova endoscopica E7



Esecuzione della prova endoscopica E8



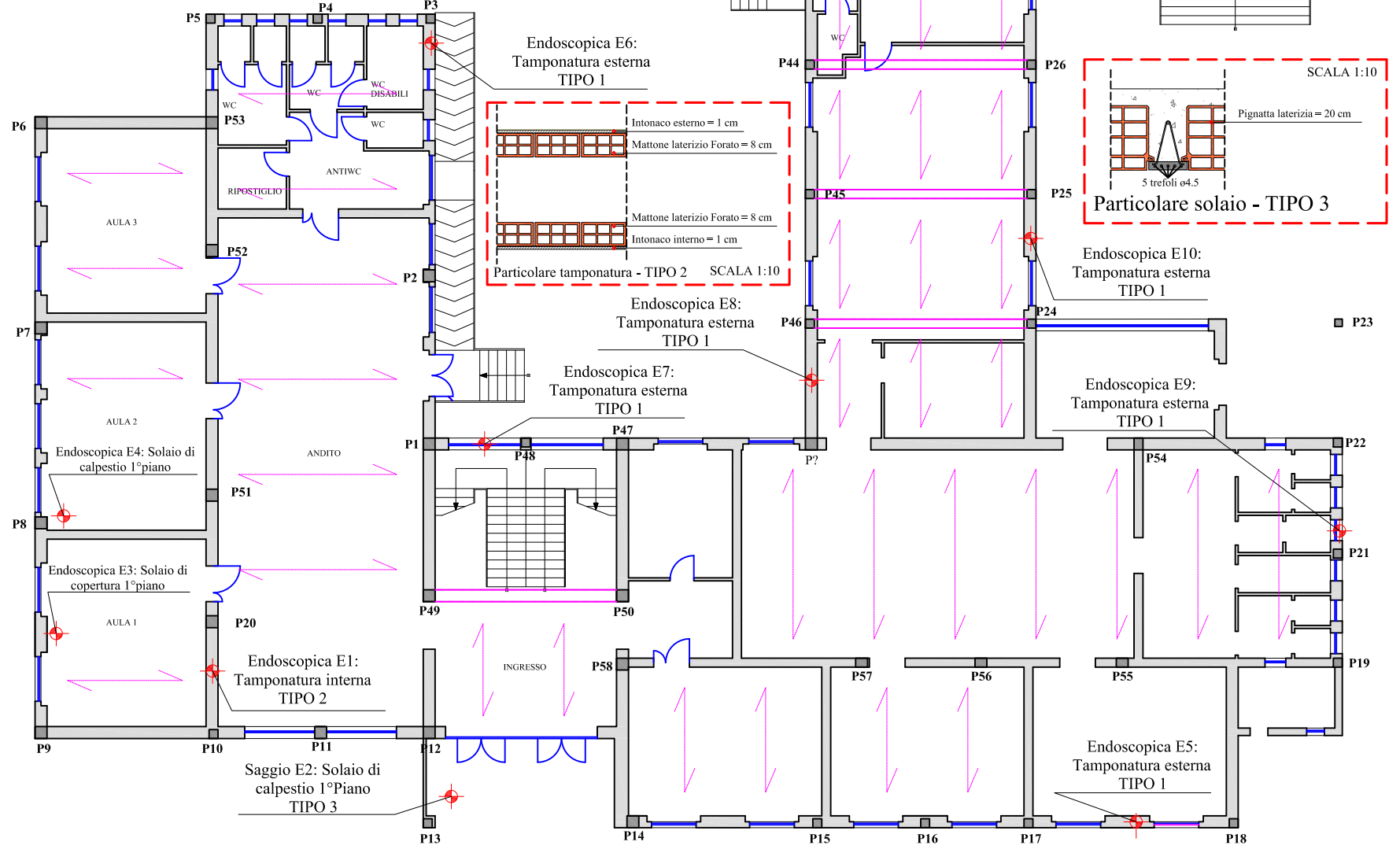
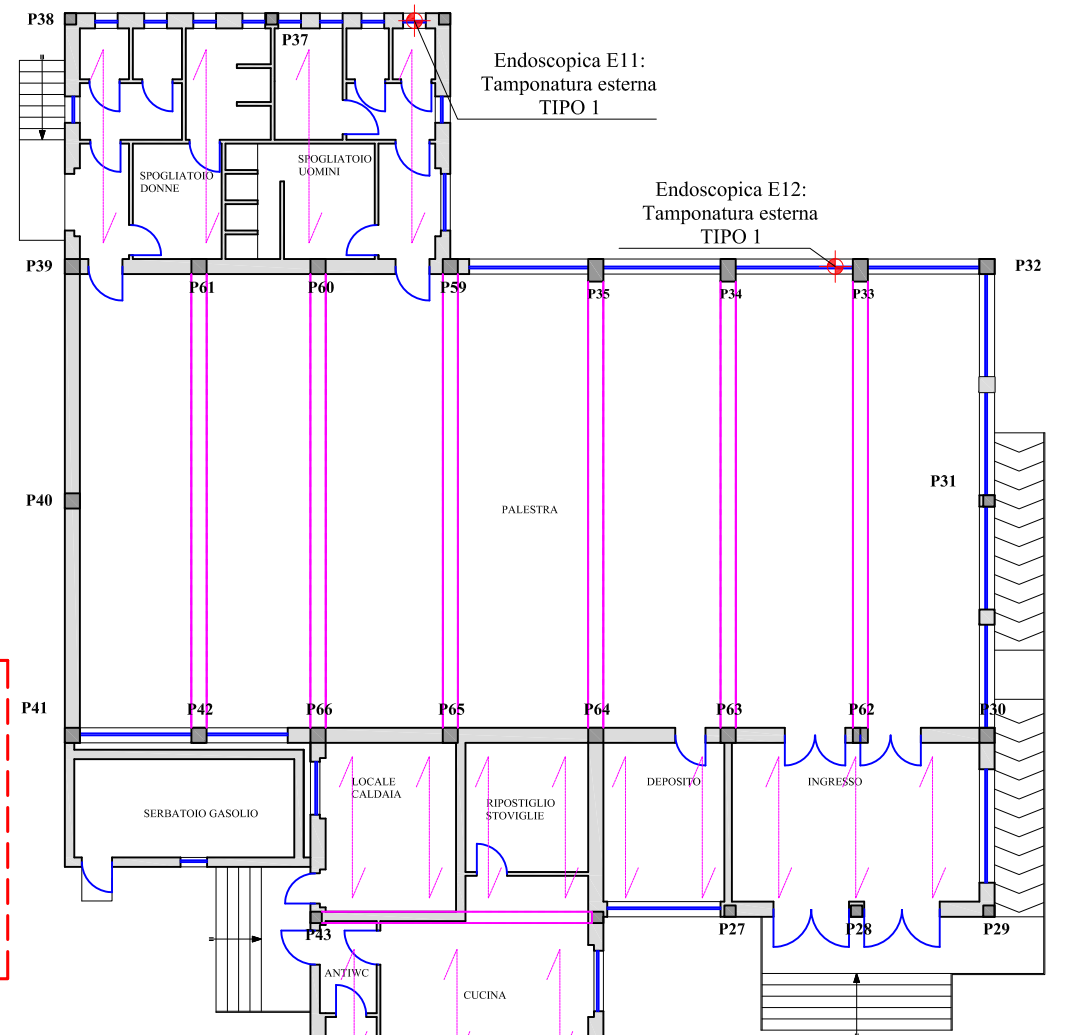
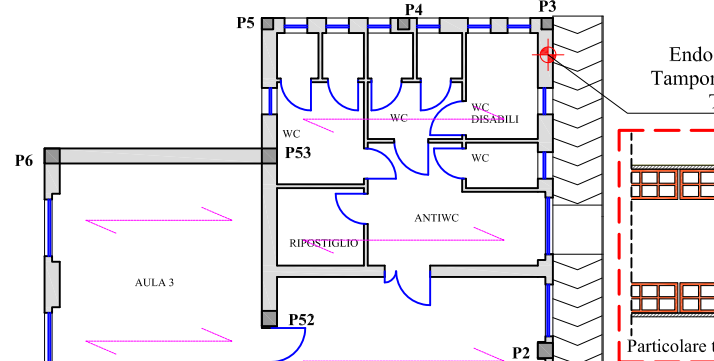
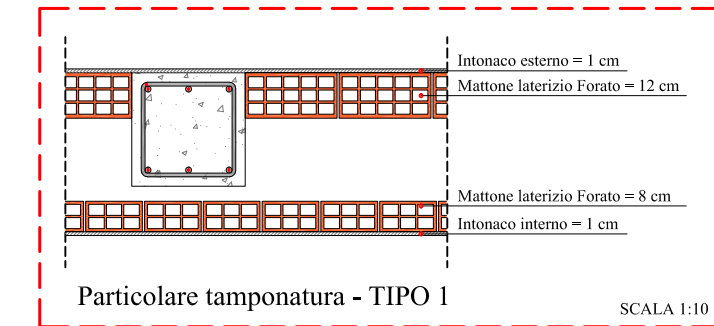
Esecuzione della prova endoscopica E9



Esecuzione delle prove endoscopiche E10 ed E11



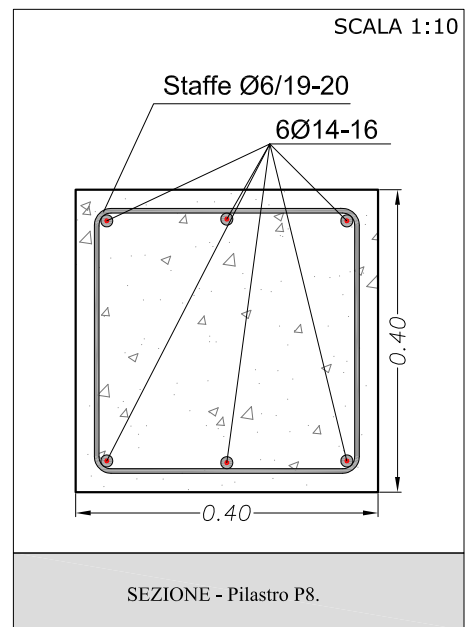
Esecuzione della prova endoscopica E12



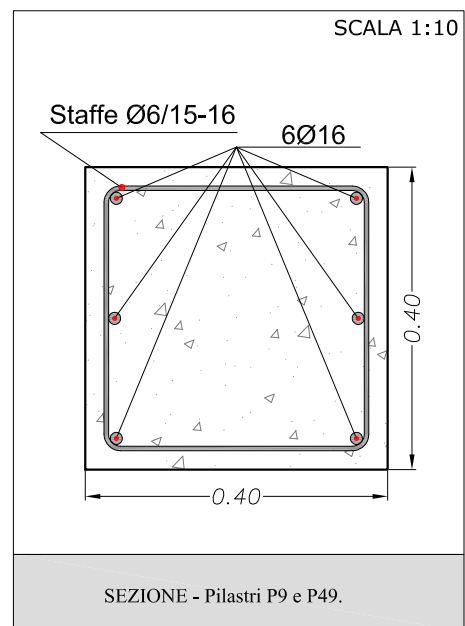
ALLEGATO A
Schede di indagine sugli elementi costruttivi



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P8 sei ferri longitudinali $\varnothing 14-16$ e staffe $\varnothing 6/14-16$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nei pilastri P9 e P49 sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/15-16$

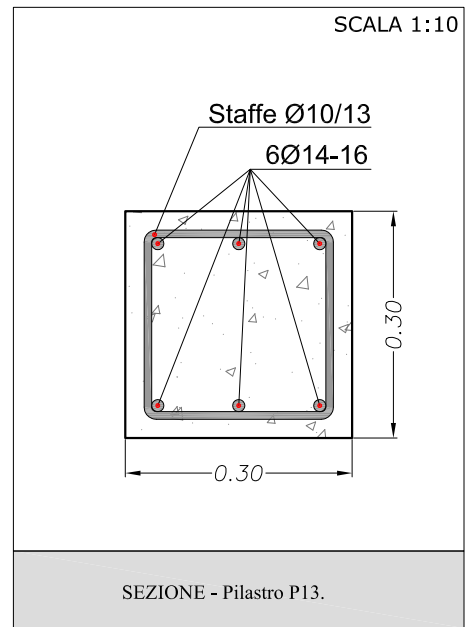


Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P10 quattro ferri longitudinali lisci $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 6/13$

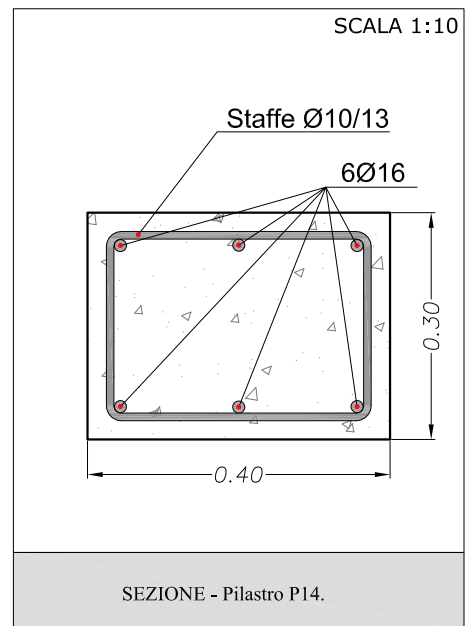




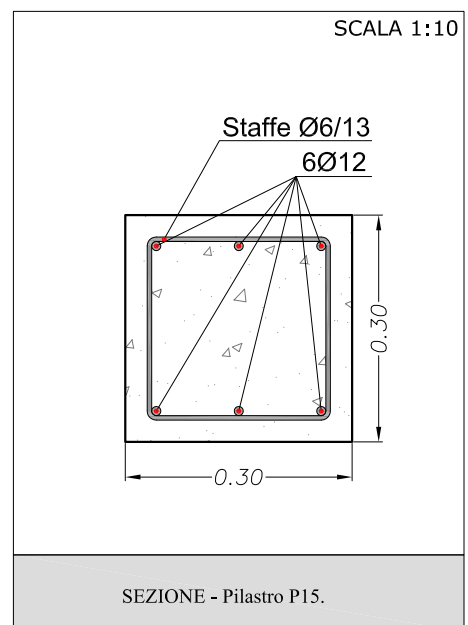
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P13 sei ferri longitudinali $\varnothing 14-16$ e staffe $\varnothing 10/13$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P14 sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 10/13$

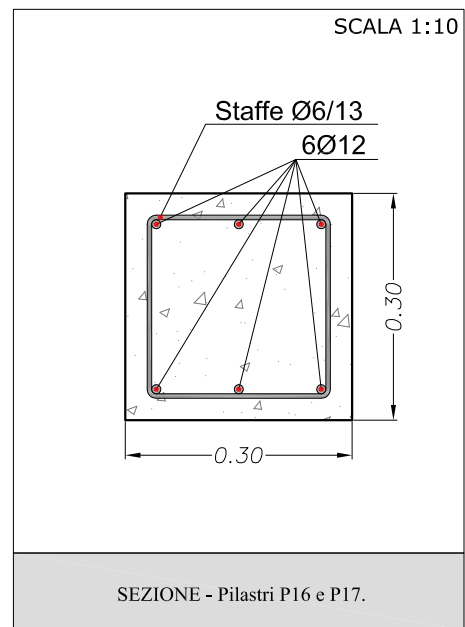


Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P15 sei ferri longitudinali lisci $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 6/13$

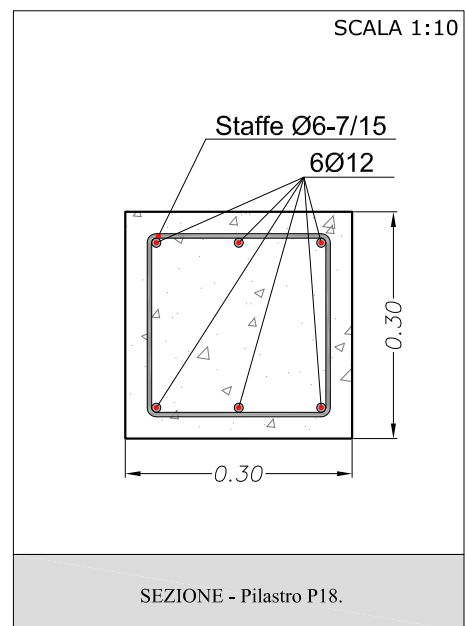




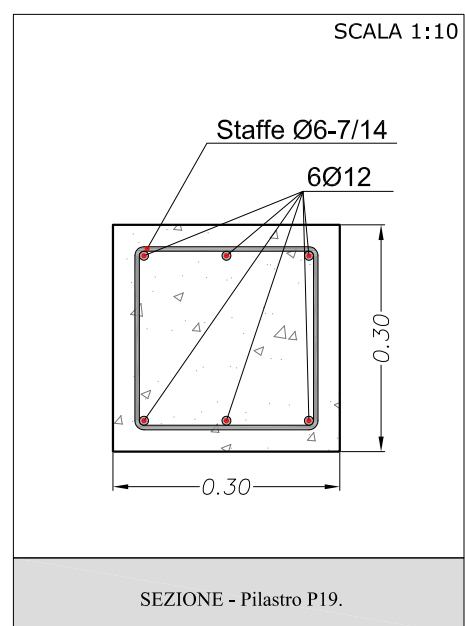
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nei pilastri P16 e P17 sei ferri longitudinali $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 6/13$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P18 sei ferri longitudinali $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 6-7/15$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P19 sei ferri longitudinali $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 6-7/14$





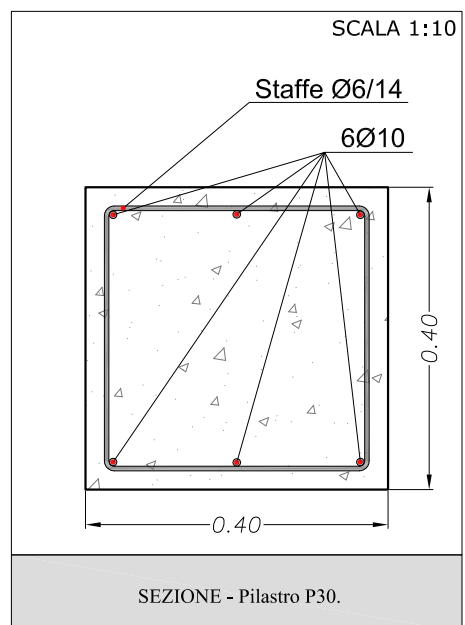
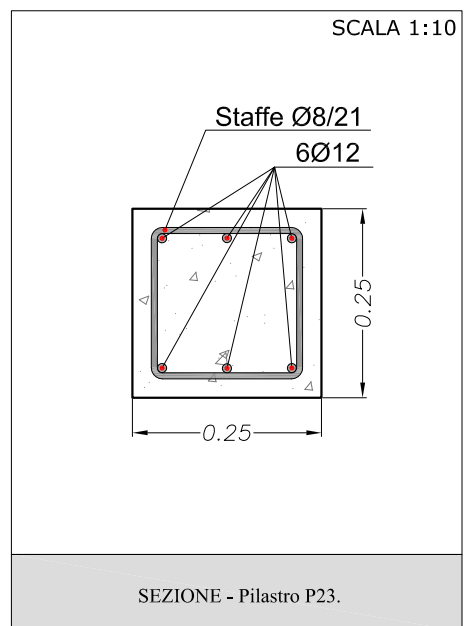
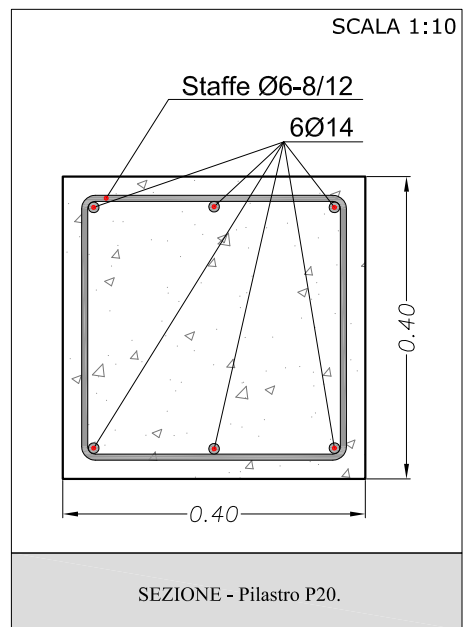
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P20 sei ferri longitudinali $\varnothing 14$ e staffe $\varnothing 6-8/12$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P23 sei ferri longitudinali $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 8/21$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P30 sei ferri longitudinali $\varnothing 10$ e staffe $\varnothing 6/14$

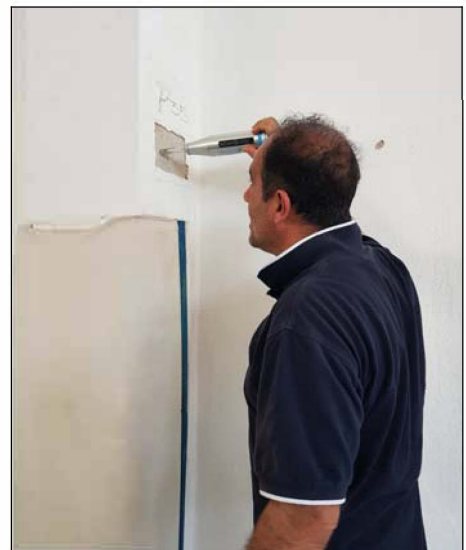
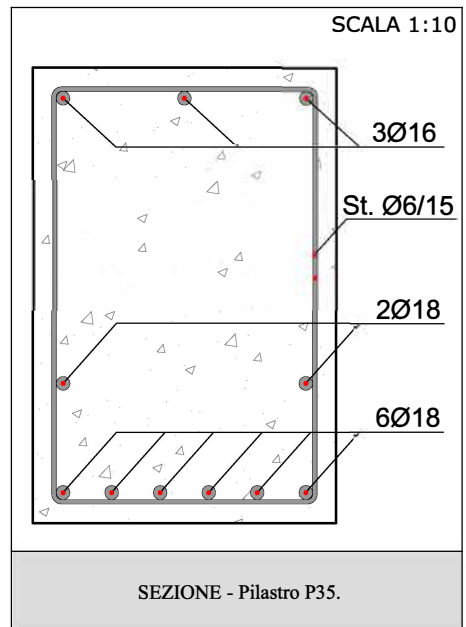




Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P35 otto ferri longitudinali Ø18 sul lato del pilastro all'interno della palestra e tre Ø16 su quello esterno. Rilevate staffe Ø6-8/12



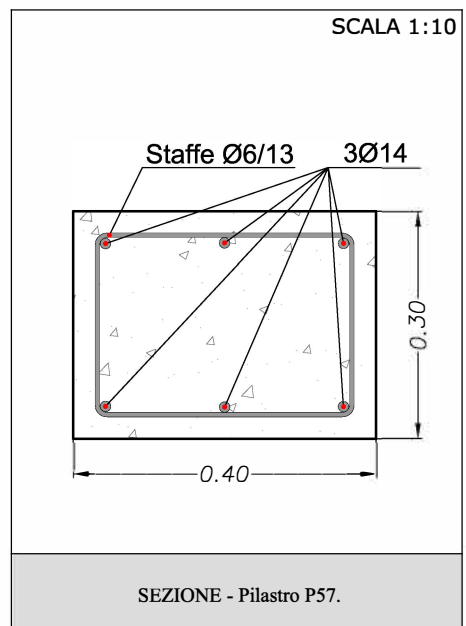
Esecuzione della prova ultrasonica sul pilastro P35.



Prove sclerometriche sul pilastro P35.



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P57 sei ferri longitudinali Ø14 e staffe Ø6/13





Esecuzione delle prove ultrasoniche e sclerometriche sul pilastro P50.



Esecuzione delle prove ultrasoniche e sclerometriche sul pilastro P58.



Esecuzione della prova durometrica sui ferri del pilastro P58.



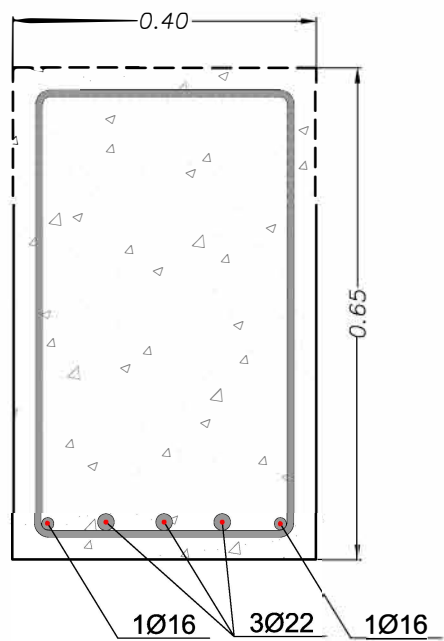
Esecuzione della prova ultrasonica sul pilastro P64.



Prove sclerometriche sul pilastro P64.



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nelle travi T1 e T2 3 ferri longitudinali Ø22 e 2 ferri reggistaffe Ø16



SEZIONE - Travi T1 e T2.



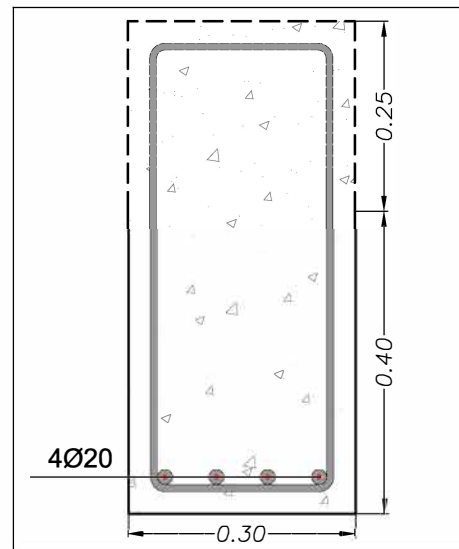
Esecuzione della prova ultrasonica sulla trave T2.



Esecuzione della prova sclerometrica sulla trave T2.



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nella campata della trave T3 4 ferri Ø20. Agli appoggi si sono riscontrati 3 ferri Ø20



SEZIONE IN CAMPATA - Trave T3
Scala 1:10



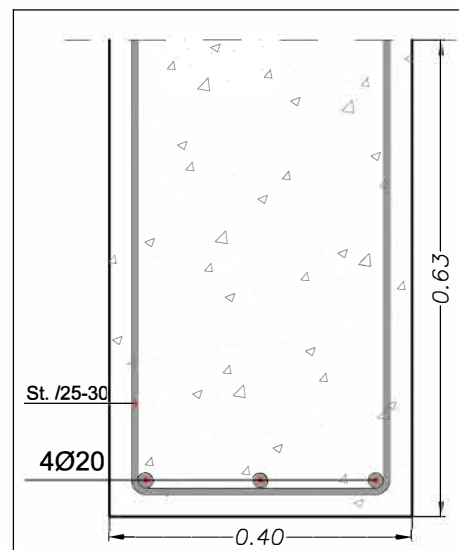
Esecuzione della prova durometrica sulla trave T3.



Esecuzione delle prove ultrasonica e sclerometriche sulla trave T3.



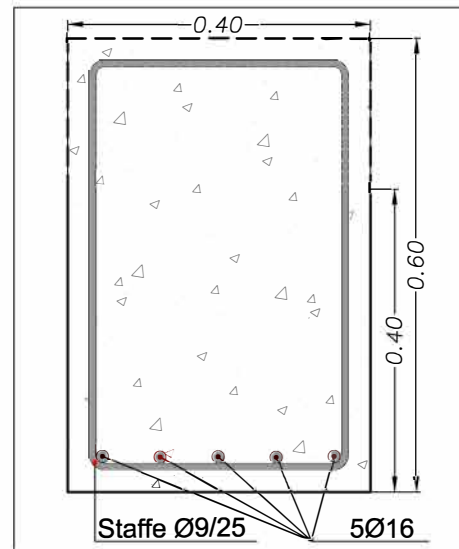
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati agli appoggi della trave T10 3 ferri Ø20 e staffe con passo 25-30.



SEZIONE AGLI APPOGGI - Trave T10
Scala 1:10



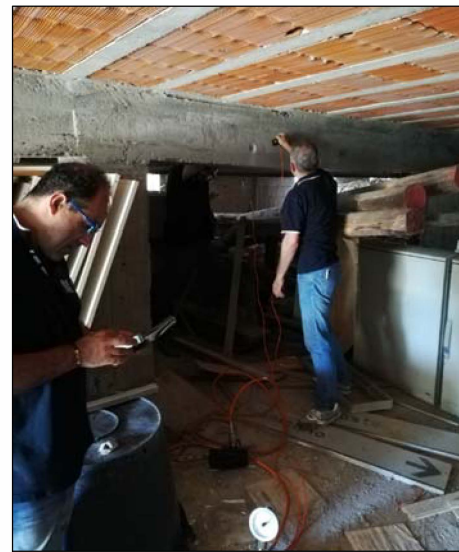
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nelle travi T5, T6 e T7 cinque ferri $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 9/25$



SEZIONE - Travi T5, T6 e T7.
Scala 1:10



Esecuzione della prova sclerometrica sulla trave T5.



Esecuzione della prova ultrasonica sulla trave T5.



Esecuzione della prova durometrica sulle trave T5 e T7.



Esecuzione della prova durometrica sulla trave T5.

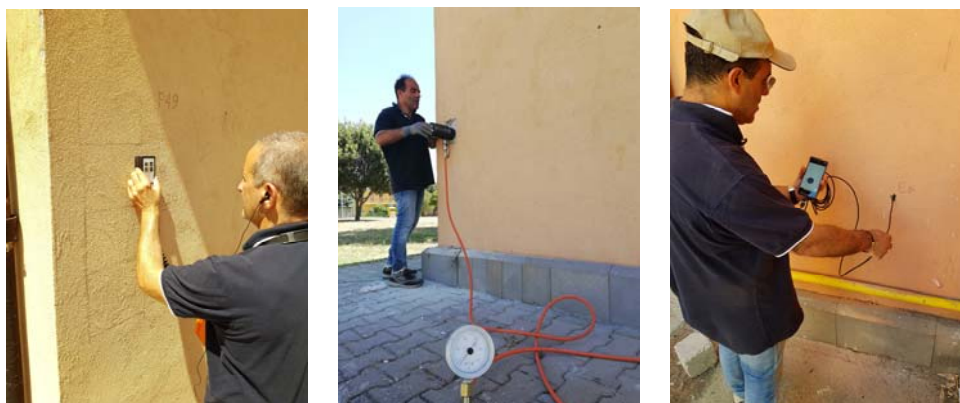
Travi T5, T6 e T7.

SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO

Via N. Ferracciu, 84 – 07023 CALANGIANUS (OT)

Tel. 079660268 – Fax 1782255470 – stm.stm@tiscali.it

www.stmmonitoraggi.it



RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI STRUMENTALI RIGUARDANTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DELLE SCUOLE SECONDARIE

- SEDILO -

COMMITTENTE
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Responsabili Tecnici S.T.M.

Ing. Fabio Massimo Satta

S.T.M. S.R.L.
SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO
P. IVA 01934400904

Ing. Salvatore Roberto Addis

1 PREMESSA

In attuazione del programma di indagini predisposto e concordato con il geom. Antonino Faedda, responsabile area tecnica ed urbanistica dell'Amministrazione Comunale di Sedilo, proprietaria delle strutture, i tecnici:

Ing. Fabio Massimo Satta (Responsabile Tecnico S.T.M.);

Ing. Salvatore Roberto Addis (Responsabile Tecnico S.T.M.);

Arch. Michele Ciudino (Assistente Tecnico S.T.M.);

Geom. Francesco Cossu (Assistente Tecnico S.T.M.);

hanno effettuato le seguenti operazioni:

in data 03/07/2019:

- esecuzione di rilievi pachometrici per l'individuazione della geometria delle armature di travi e pilastri (cfr. Tavole 1,2,3,4 e Allegato A- schede di indagine pachometrica) al seguito dei quali si è potuto discriminare la consistenza delle strutture portanti verticali; tali strutture che vista la geometria si pensava fossero in muratura portante in realtà sono risultate tamponature in blocchi laterizi. Si è pertanto concordato con il geom. Antonino Faedda, responsabile area tecnica di rimodulare il protocollo delle indagini eliminando le verifiche con i martinetti piatti(superflue) a favore di indagini pachometriche utili per la definizione approfondita degli schemi strutturali necessari per il calcolo della vulnerabilità sismica dell'edificio;
- esecuzione di prove Pull-Out per la determinazione della resistenza caratteristica dei CIs;
- esecuzione di rilievi endoscopici per la discriminazione della tipologia e l'individuazione della geometria degli elementi strutturali;

2 INDAGINI PACHOMETRICHE

2.1 Generalità

Le indagini pachometriche sono state effettuate con un pachometro π PROTOVALE CoverMaster® CM52 ed un pachometro Elcometer P331-H. Tali strumenti sfruttano il principio delle correnti passive e vengono utilizzati per la

misura dello spessore del copriferro in strutture in C.A. e per la verifica della posizione e delle dimensioni dei ferri di armatura superficiali.

La posizione delle barre viene individuata con estrema precisione e rapidità grazie ai dispositivi ottici (display LCD) e alle spie audio a frequenza variabile, distinguibili in modo chiaro anche in ambienti rumorosi, e indicanti l'approssimarsi alla barra.

2.2 Finalità delle indagini

I rilevamenti pachometrici sono stati eseguiti con lo scopo di ricostruire le geometrie delle armature degli elementi strutturali, da utilizzare nella successiva fase di input per il calcolo del livello di sicurezza e della verifica di vulnerabilità sismica delle strutture in esame.

Le indagini pachometriche hanno avuto anche carattere di operazione propedeutica per le successive verifiche non distruttive (ultrasuoni e sclerometro) o semi-distruttive (pull-out) per la caratterizzazione dei materiali costituenti le strutture. Nota infatti la posizione delle armature, le suddette verifiche sono state eseguite nelle aree prive di armature, evitando l'interferenza che queste potevano avere sui dati rilevati.

2.3 Modalità esecutive

Per ciascun elemento strutturale analizzato si è provveduto a rilevare numero e posizione delle armature longitudinali e trasversali, a misurarne i relativi diametri e, successivamente, a riprodurre graficamente le sezioni dell'elemento.

L'indagine ha riguardato, nel complesso, pilastri, travi e solai ed è stata condotta analizzando ciascun elemento nelle estremità vincolate e in mezzeria.

2.4 Risultati delle rilevazioni pachometriche

I risultati delle indagini sono rappresentati graficamente in appendice dalle sezioni dell'elemento strutturale, recanti indicazioni del numero, diametro e posizione delle barre longitudinali e del diametro e passo delle staffe.

I risultati dell'indagine vengono rappresentate nelle tavole Tavole 1,2,3,4 e Allegato A- schede di indagine pachometrica.

3 PROVE PULL-OUT

3.1 La strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura di prova è costituita essenzialmente da un'attrezzatura di foratura, da un estrattore e da un misuratore di forza e da un inserto metallico per l'estrazione di un cono di calcestruzzo.

L'**attrezzatura di foratura** è formata da un utensile perforatore munito di punta svasatrice a testa conica, adeguata a preparare il foro e la relativa lavorazione sottoquadro del calcestruzzo da indagare.

L'**estrattore** è costituito da un'apparecchiatura in grado di applicare una forza di trazione allo stelo dell'inserto, facendo contrasto sulla superficie di calcestruzzo, fino a provocare il distacco del cono di estrazione; nella fattispecie l'apparecchiatura è costituita da un martinetto idraulico azionato da una pompa.

La **misura della forza di estrazione** avviene indirettamente mediante correlazione con la pressione letta su un manometro inserito nel circuito idraulico pompa-martinetto, dotato di un indicatore del valore massimo raggiunto in prova.

L'**inserto** di estrazione è costituito da un tassello Fischer del tipo FZA 14 x 40 M10, con testa di espansione conica.

3.2 Modalità d'indagine

Le prove semidistruttive con sistema Pull-Out, sono state eseguite conformemente alle norme UNI EN 12504-3:2005; La resistenza a compressione del calcestruzzo viene determinata mediante la misurazione della forza necessaria per estrarre un inserto metallico inserito in apposito foro realizzato nel cls. Si procede alla realizzazione del foro, all'infissione, nell'elemento sottoposto a prova, di un tassello a geometria variabile, ed alla relativa estrazione con l'ausilio di un martinetto azionato da una pompa idraulica con manometro per la lettura delle pressioni di estrazione con fondo scala di 250 bar.

La **preparazione del foro**, da realizzarsi perpendicolarmente alla superficie dell'elemento considerato, prevede la realizzazione di una cavità cilindrica per il primo tratto non interessato all'espansione dell'inserto, seguita da un tratto sottosquadro atto a consentire la libera espansione dell'elemento a geometria variabile dell'inserto.

L'**inserimento del tassello** del tipo FZA 14 × 40 M10 avviene tramite battitura servendosi di appositi utensili in grado di garantire la preservazione della filettatura dell'inserto ed il suo inserimento graduale all'interno del foro.

Lo stelo dell'inserto viene poi collegato al martinetto tramite cilindro metallico filettato con testa di collegamento a contrasto sul martinetto.

Il contrasto avviene attraverso il martinetto la cui base di appoggio alla struttura è un anello di determinate dimensioni, che viene disposto in maniera centrata rispetto allo stelo dell'inserto. Il complesso inserto-stelo viene disposto in modo da assicurare che la forza di estrazione agisca lungo l'asse dello stelo.

3.3 Elementi indagati

La prova pull-out, è stata effettuata sui pilastri al fine di misurare la resistenza a compressione del calcestruzzo. Sono stati sottoposti a prova i pilastri P14 – P33 – P49 – P52 – P53 – P54 – P58 – P61 – P62 e il setto murario della scala esterna

3.4 Risultati dell'indagine

Con la prova pull-out si ottengono i valori della pressione di estrazione, che vengono poi utilizzati per la determinazione della resistenza cubica a compressione del calcestruzzo mediante l'utilizzo della tabella di conversione appresso riportata.

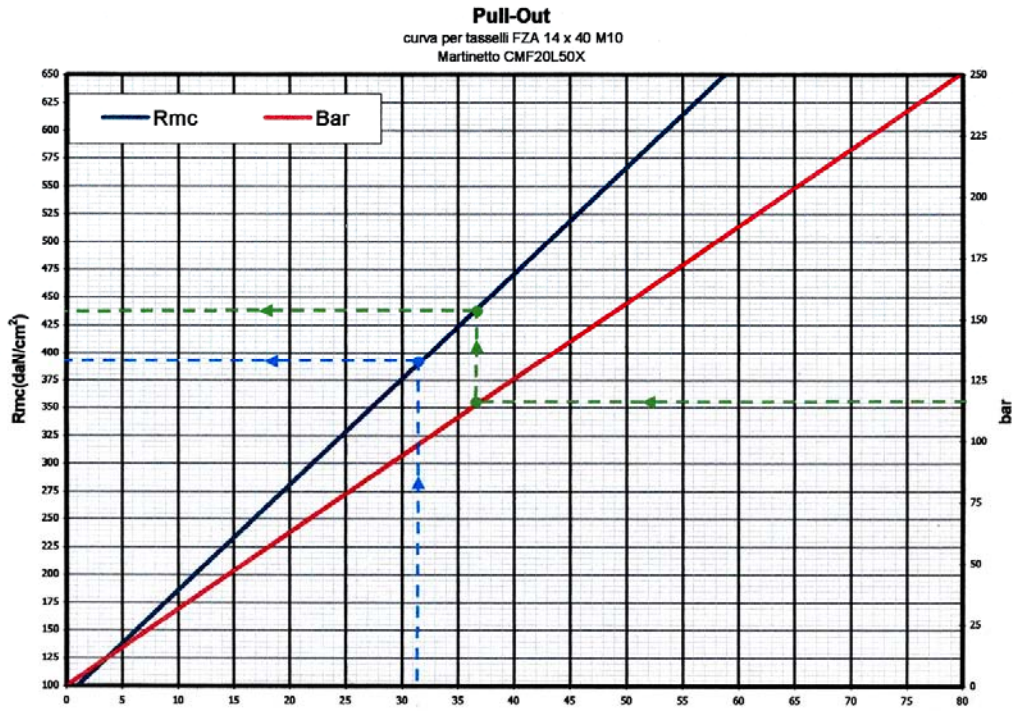


Tabella di conversione Pressione di estrazione [bar → daN/cm²]

Eseguite le opportune operazioni di conversione, i valori di resistenza a compressione del calcestruzzo per ciascun elemento sottoposto a prova sono riassunti nella tabella seguente:

ELEMENTO	Resistenza N/mm ²
P14	29.90
P33	50.70
P49	51.20
P52	21.90
P53	36.60
P54	25.80
P58	28.40
P61	39.50
P62	17.20
Setto murario scala	19.40

Tabella riepilogativa delle resistenze pull-out [N/mm²]

Un'ulteriore informazione ricavabile dalle prove pull-out è quella relativa alla composizione macroscopica del conglomerato sottoposto ad esame.

Dall'osservazione del cono estratto e dell'impronta sull'elemento strutturale si possono infatti trarre informazioni in merito alle caratteristiche litologiche dell'inerte utilizzato, alle sue caratteristiche morfologiche, al suo assortimento in termini di granulometria ed alla omogeneità/disomogeneità della pasta cementizia.

Sulla base dell'analisi eseguita si possono fare le seguenti considerazioni:

- i pilastri investigati presentano un ottimo assortimento granulometrico, buona qualità dell'inerte e ottima adesione di questo alla matrice cementizia.

4 PROVE ENDOSCOPICHE

4.1 La strumentazione utilizzata

Per le indagini endoscopiche si è utilizzato un endoscopio flessibile Modello XT-S010 le cui caratteristiche sono appresso riportate:

Endoscopio Mod. XT-S010

Telecamera endoscopica con illuminatore variabile, con un alto grado di protezione per verificare guasti a tubazioni idrauliche, pozzi, angoli nascosti, motori, e tanto altro. L'immagine ripresa dall'estremità del tubo, è trasmessa in tempo reale mediante la porta USB.

La videocamera è formata da una mini telecamera con risoluzione 640x480 (max) e corona IR Led composta da 6 PCS Led. L'obiettivo della telecamera è posto internamente al cavo rigido flessibile che si congiunge al manico dell'endoscopio a sua volta connesso con uscita usb per collegamento al computer.

L'endoscopio permette di regolare la luminosità dei 6 LED Pcs interni e di scattare foto.

Caratteristiche tecniche

<i>Telecamera</i>	<i>1/12" CMOS</i>
<i>Frame rate</i>	<i>30 fps</i>
<i>Risoluzione</i>	<i>640x480pixel (VGA)</i>
<i>Controllo esposizione</i>	<i>Automatico</i>
<i>Corona Led</i>	<i>6 Pcs Led, white</i>
<i>Porta USB</i>	<i>USB 2.0/3.0</i>
<i>Angolo Visuale</i>	<i>60°</i>
<i>Distanza Focus</i>	<i>3 cm</i>
<i>Lunghezza tubo</i>	<i>1000 mm</i>
<i>Lunghezza Cavo USB</i>	<i>2000 mm</i>
<i>Lunghezza Manico</i>	<i>220 mm</i>
<i>Sezione Tubo</i>	<i>60 mm</i>
<i>Diametro lente</i>	<i>7.2 mm</i>
<i>Sistema supportato</i>	<i>Windows 2000/XP/Win7/Vista</i>

4.2 Scopo dell'indagine

Lo scopo finale dell'indagine endoscopica è duplice: il primo è quello di ispezionare l'elemento oggetto di studio al fine di classificare materiale componente, il grado di omogeneità e l'eventuale presenza di difetti; il secondo è quello di avere a disposizione misure geometriche precise.

4.3 Modalità d'indagine

L'indagine endoscopica ha interessato 7 setti murari individuati su tutti i prospetti esterni del fabbricato oggetto di intervento e un setto interno di un'aula (aula 1). Tre indagini sono state inoltre svolte sui solai. Si sono eseguiti i fori sulla muratura, all'altezza di circa un metro, per valutare, sempre con l'endoscopio, la consistenza della stessa, ossia la presenza o meno di vuoti e la tipologia (forma, dimensione e tipo di materiale) del nucleo interno della muratura stessa. Per ulteriori informazioni relative alle indagini endoscopiche,

si rimanda alla TAV. 8 - Indagini endoscopiche, allegata alla presente, corredata della relativa documentazione fotografica.

5 RIEPILOGO DEI RISULTATI D'INDAGINE

In appendice alla presente relazione vengono riportati i risultati delle indagini eseguite, la documentazione fotografica delle stesse ed i riferimenti planimetrici agli elementi sottoposti a verifica.

ALLEGATI:

- TAV. 1 – SCHEMI STRUTTURALI PIANO TERRA
- TAV.2 – SCHEMI STRUTTURALI PIANO PRIMO
- TAV.3 – PULL-OUT SEMINTERRATO
- TAV. 4 – INDAGINI ENDOSCOPICHE
- AII. A SCHEDE INDAGINE ELEMENTI STRUTTURALI

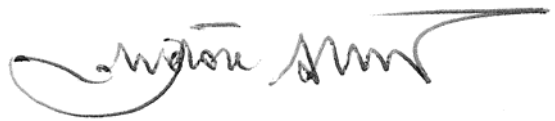
Calangianus, 22/07/2019

Responsabili Tecnici S.T.M.

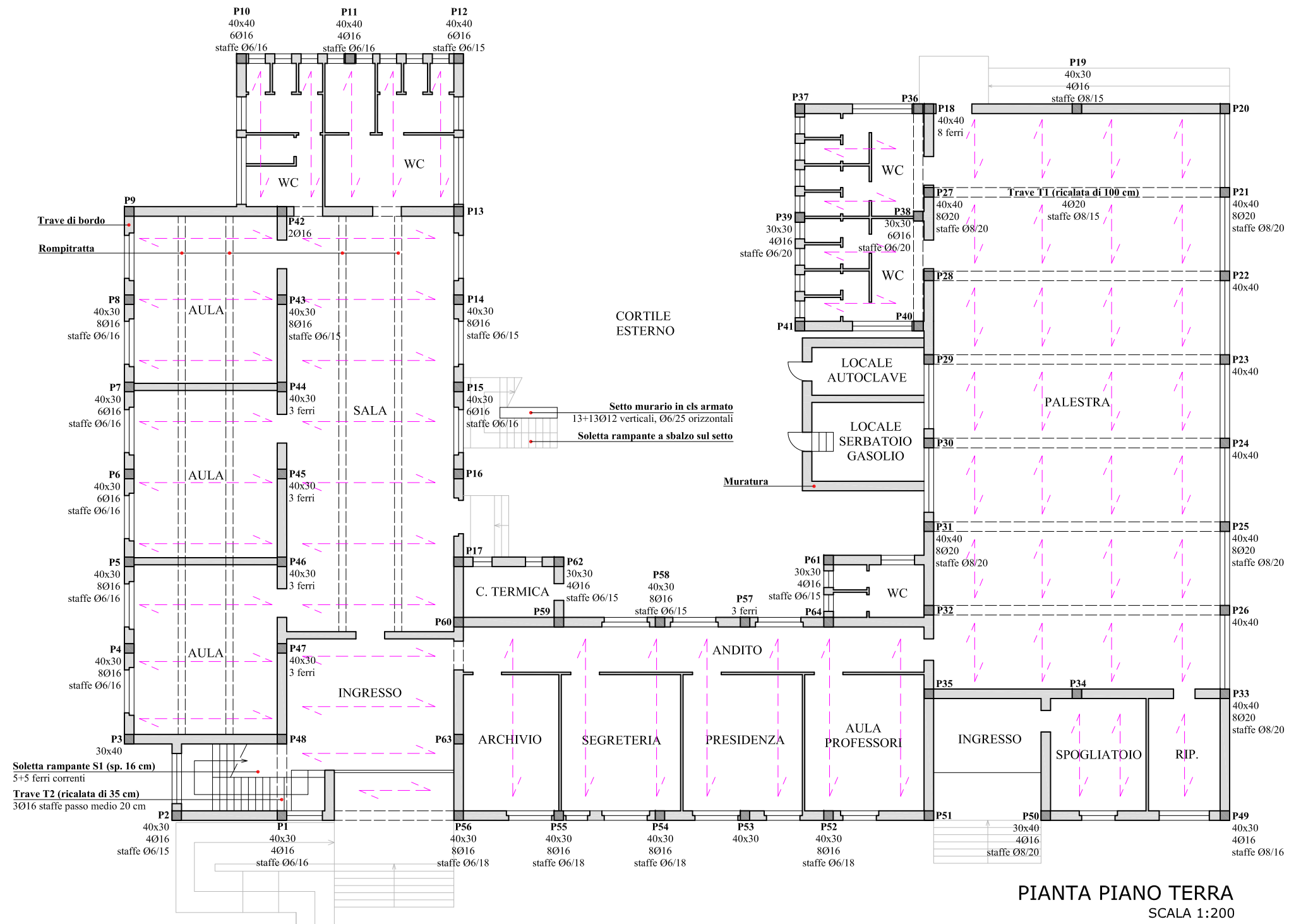
Ing. Fabio Massimo Satta



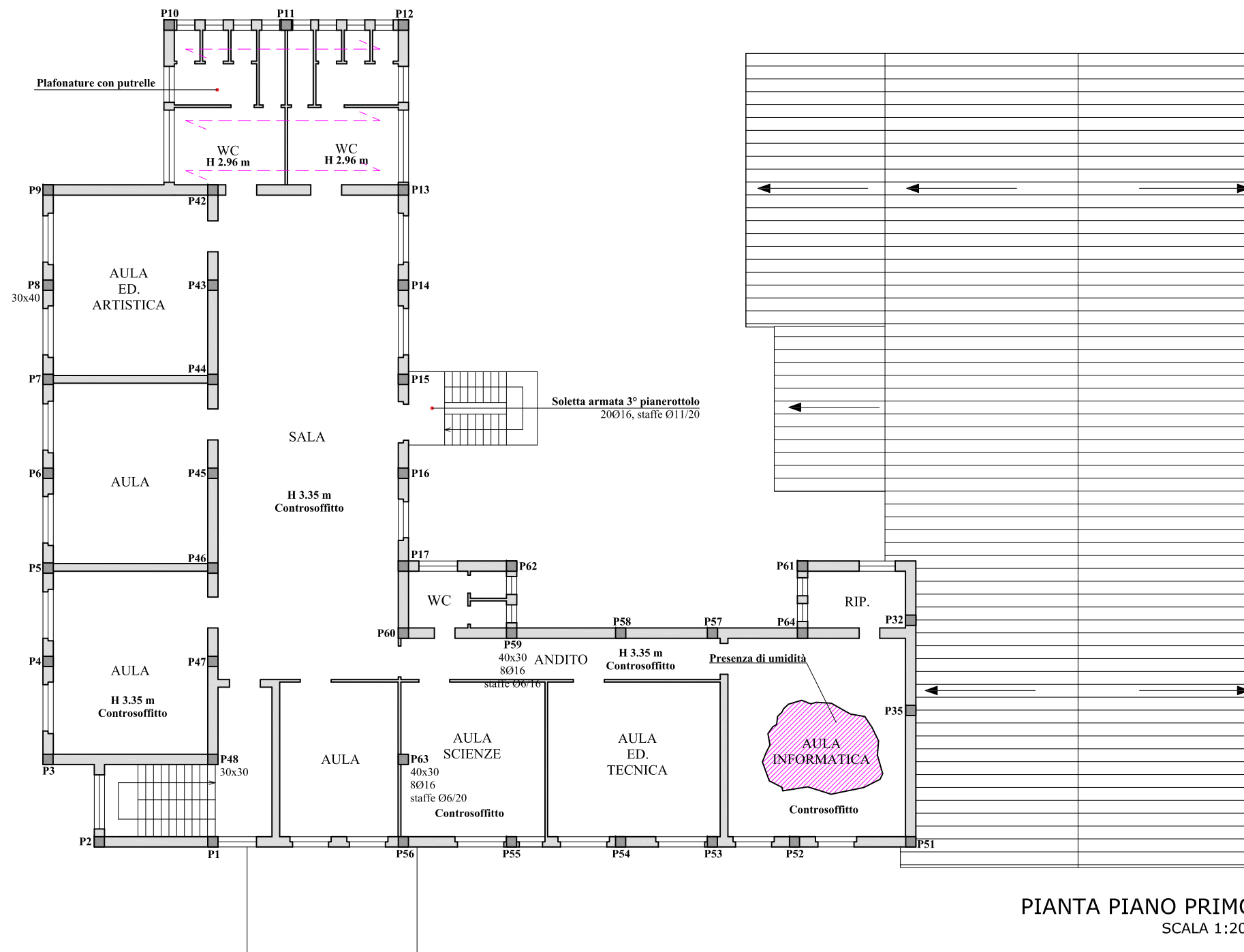
Ing. Salvatore Roberto Addis

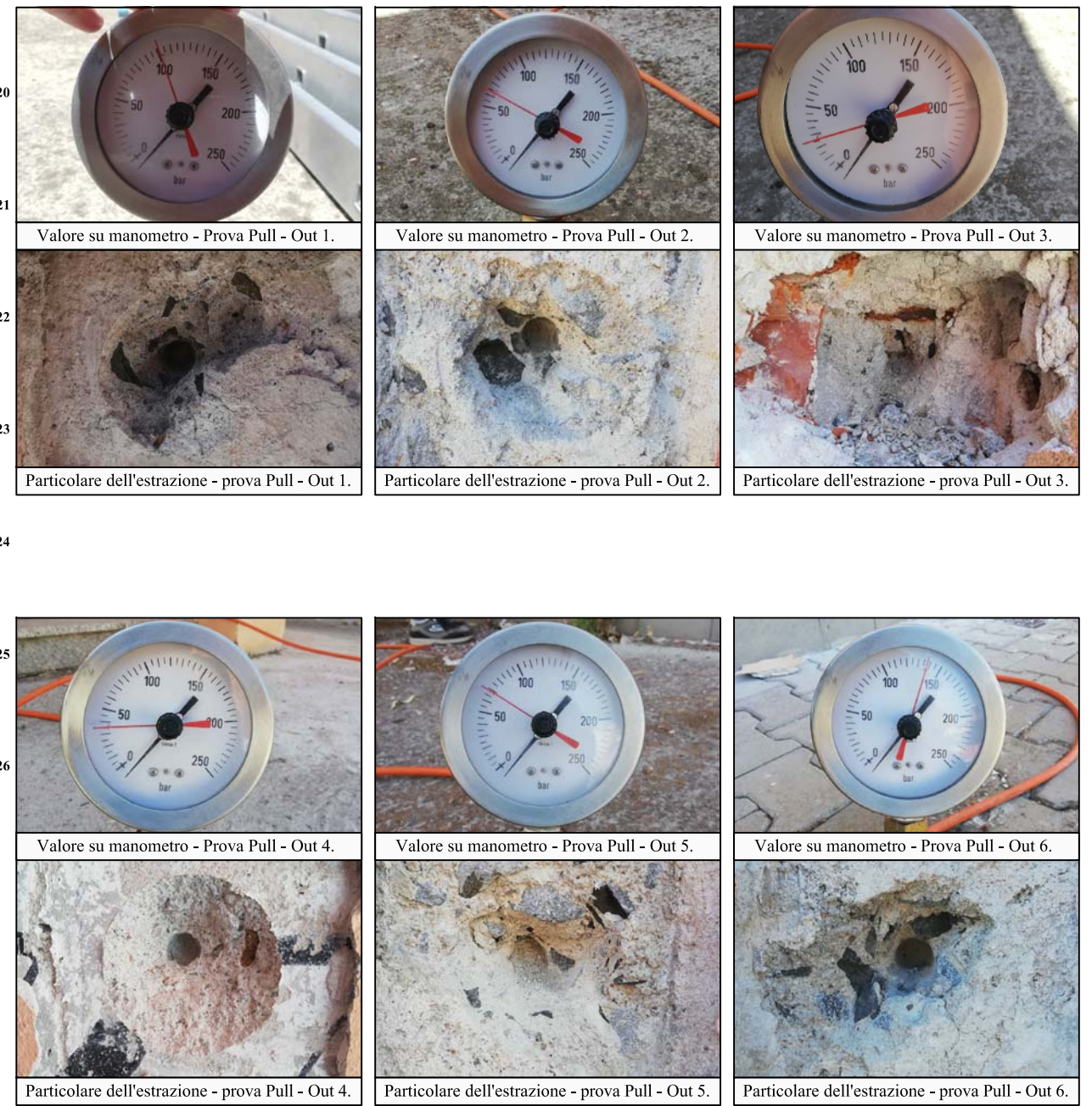
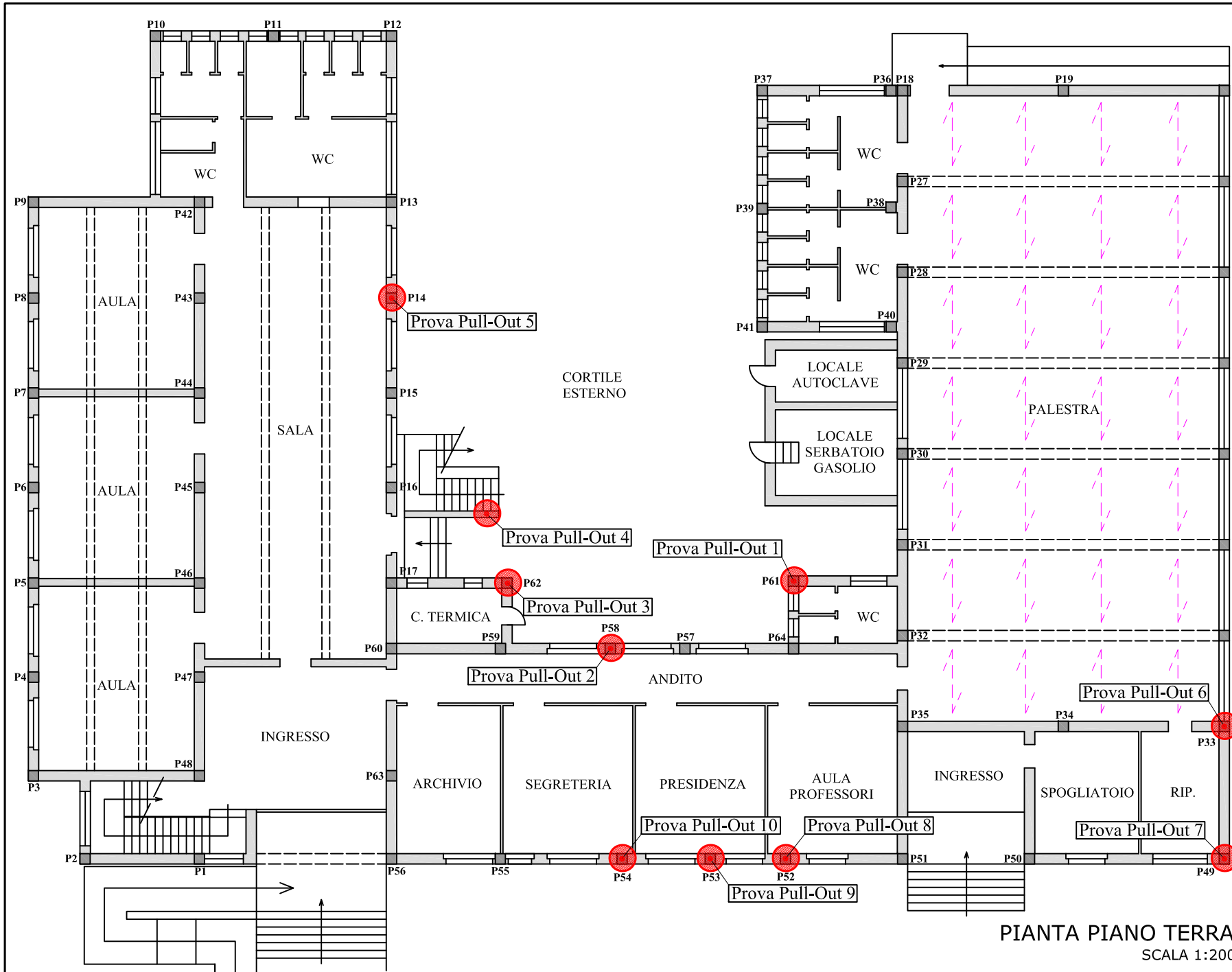


S.T.M. S.R.L.
SERVIZI TECNICI E MONITORAGGIO
P. IVA 01934480904

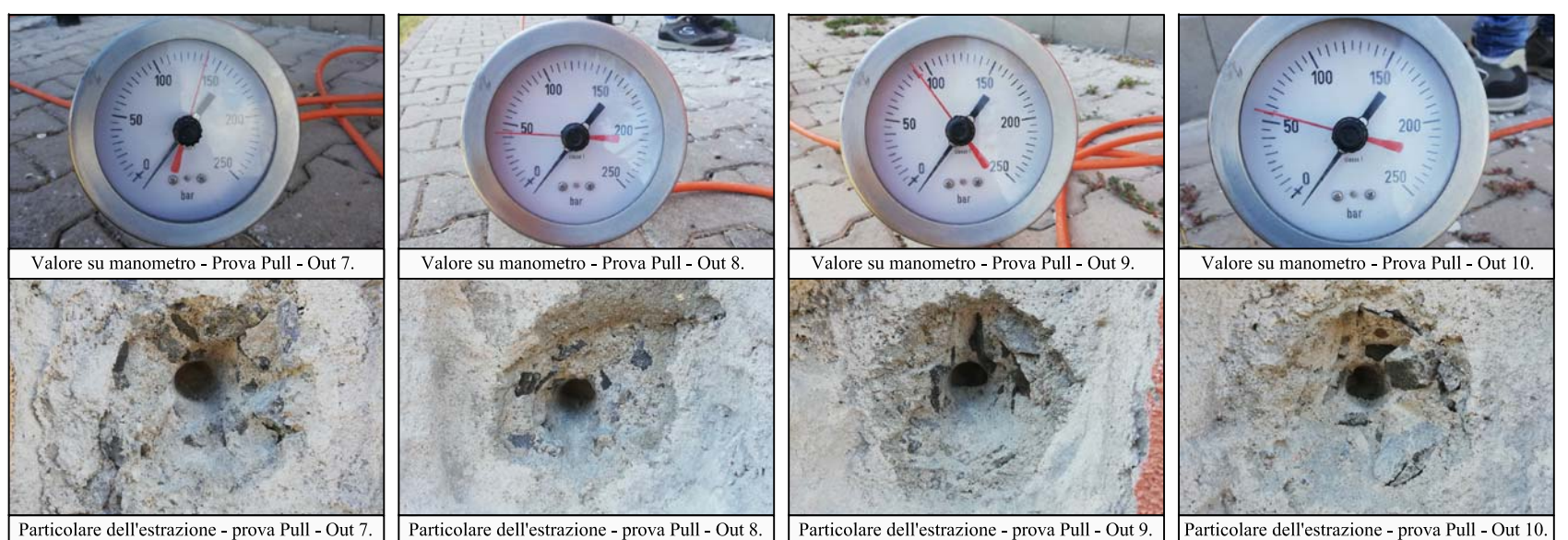


Scuola media, Sedilo (OR) - Tavola 1 - Schemi strutturali Piano Terra





VALORI PULL - OUT		
Prove	Pressione di estrazione [bar]	RcK [N/mm ²]
Prova Pull - Out 1	101	39,5
Prova Pull - Out 2	64	28,4
Prova Pull - Out 3	27	17,2
Prova Pull - Out 4	35	19,4
Prova Pull - Out 5	69	29,9
Prova Pull - Out 6	137	50,7
Prova Pull - Out 7	139	51,2
Prova Pull - Out 8	43	21,9
Prova Pull - Out 9	91	36,6
Prova Pull - Out 10	56	25,8
Valore medio	73,2	32,06



Scuola media, Sedilo (OR) - Tavola 3 - Pull - Out



Esecuzione della prova endoscopica 1



Esecuzione della prova endoscopica 2



Esecuzione della prova endoscopica 3



Esecuzione della prova endoscopica 4



Esecuzione della prova endoscopica 5



Esecuzione della prova endoscopica 6



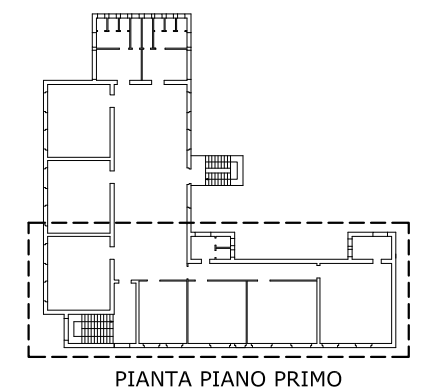
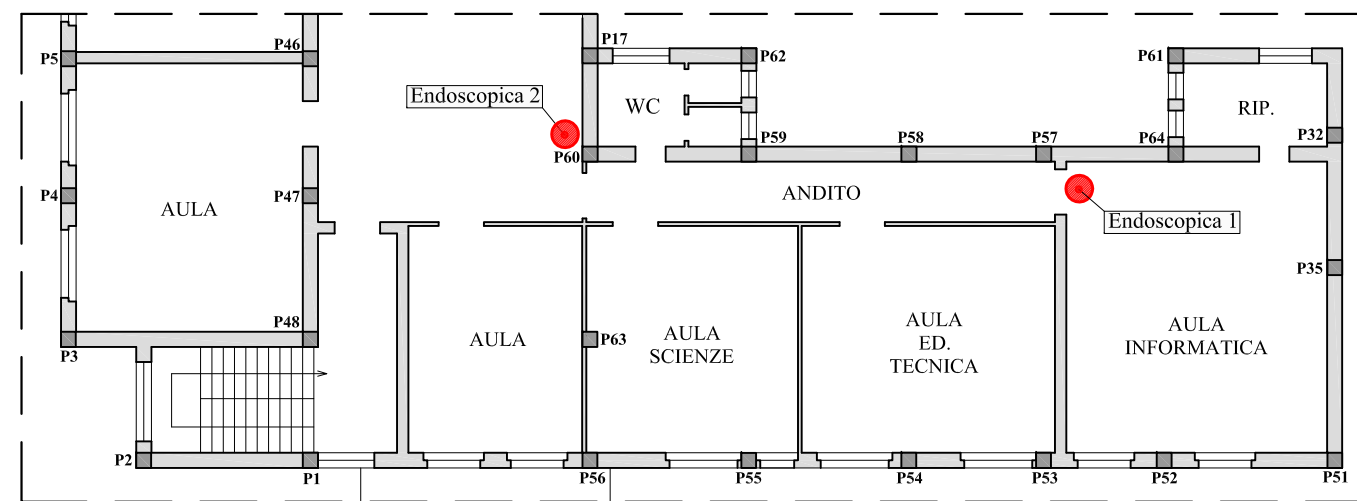
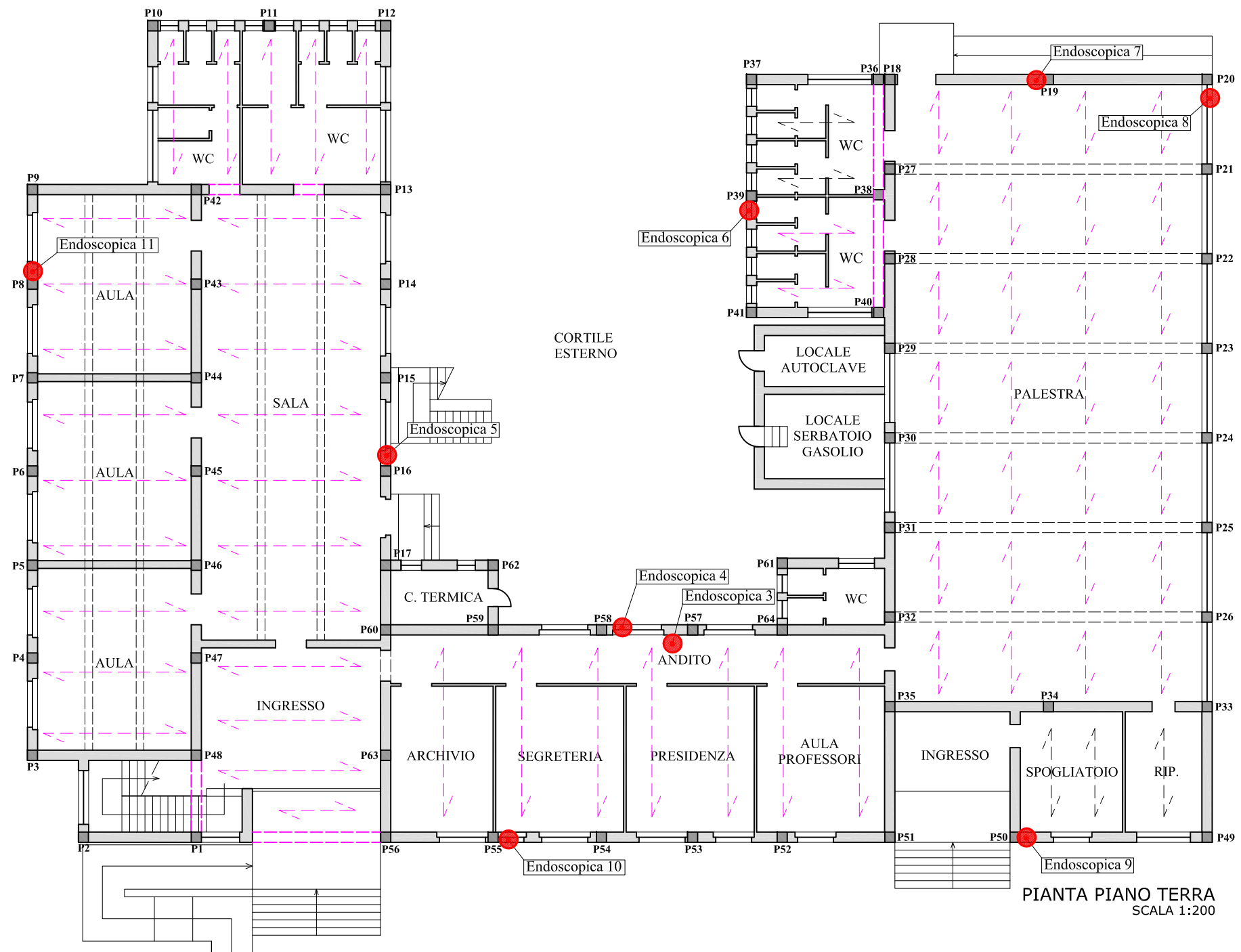
Esecuzione delle prove endoscopiche 7 e 8



Esecuzione della prova endoscopica 9



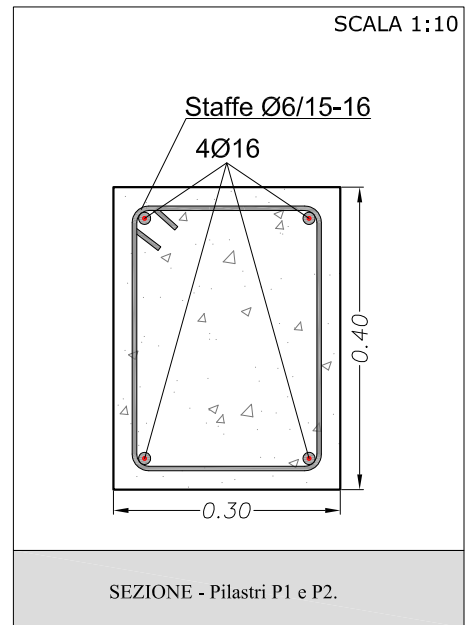
Esecuzione delle prove endoscopiche 10 e 11



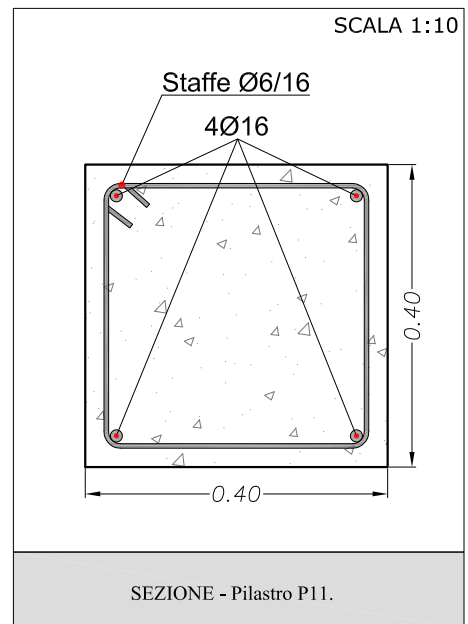
ALLEGATO A
Schede di indagine sugli elementi costruttivi



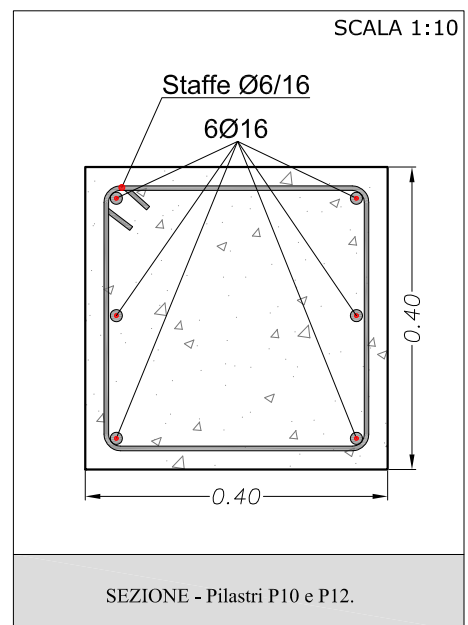
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P2, quattro ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/15-16$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P10, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/16$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P12, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/16$





Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P4, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/16$



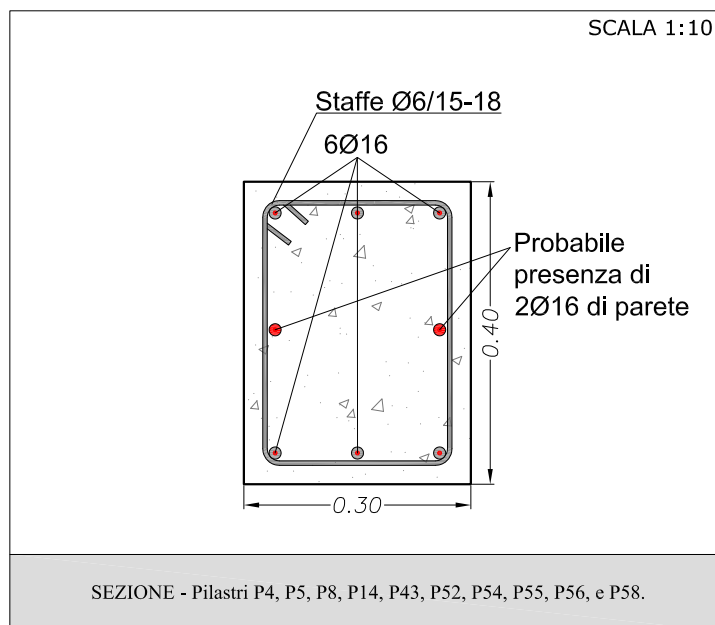
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P8, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/16$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P43, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/15$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P52, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/18$

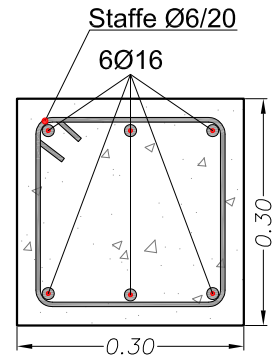


Pilastri P4, P5, P8, P14, P43, P52, P54, P55, P56 e P58



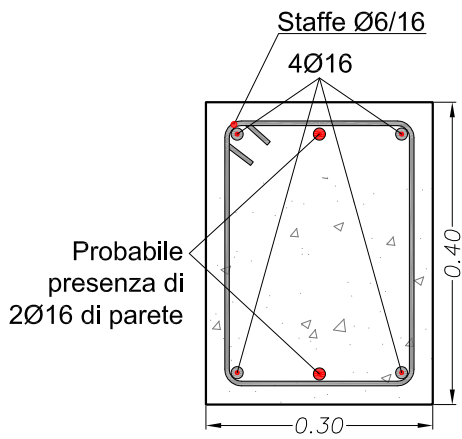
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P38, sei ferri longitudinali Ø16 e staffe Ø6/20

SCALA 1:10



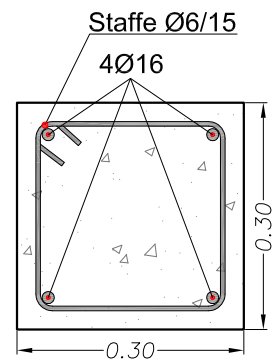
SEZIONE - Pilastro P38.

SCALA 1:10



SEZIONE - Pilastri P6, P7 e P15.

SCALA 1:10



SEZIONE - Pilastri P39, P61 e P62.



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P19, quattro ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 8/15$



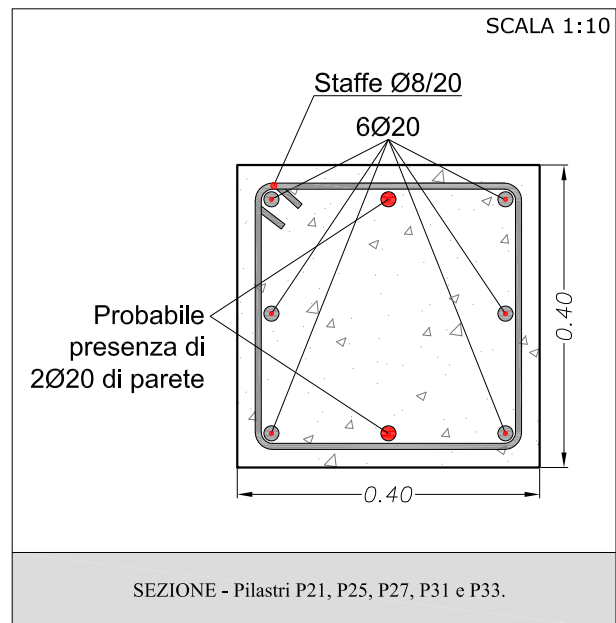
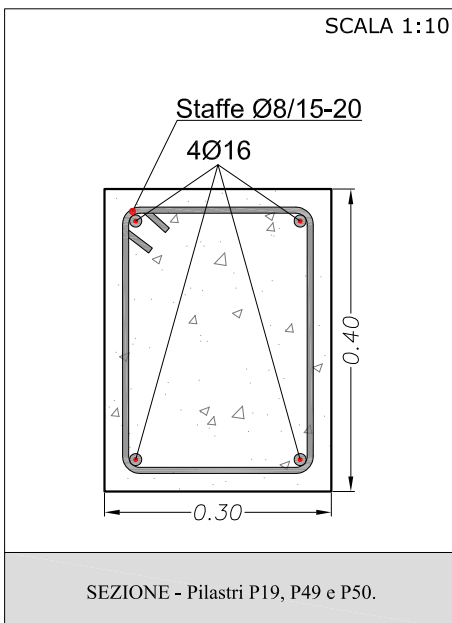
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P21, sei ferri longitudinali $\varnothing 20$ e staffe $\varnothing 8/20$



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P27, sei ferri longitudinali $\varnothing 20$ e staffe $\varnothing 8/20$

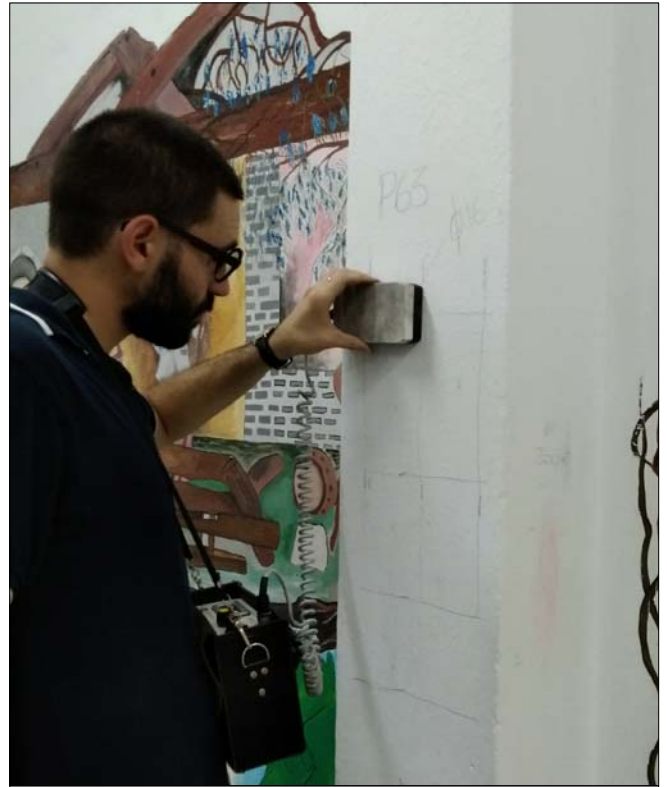


Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P49, quattro ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 8/16$

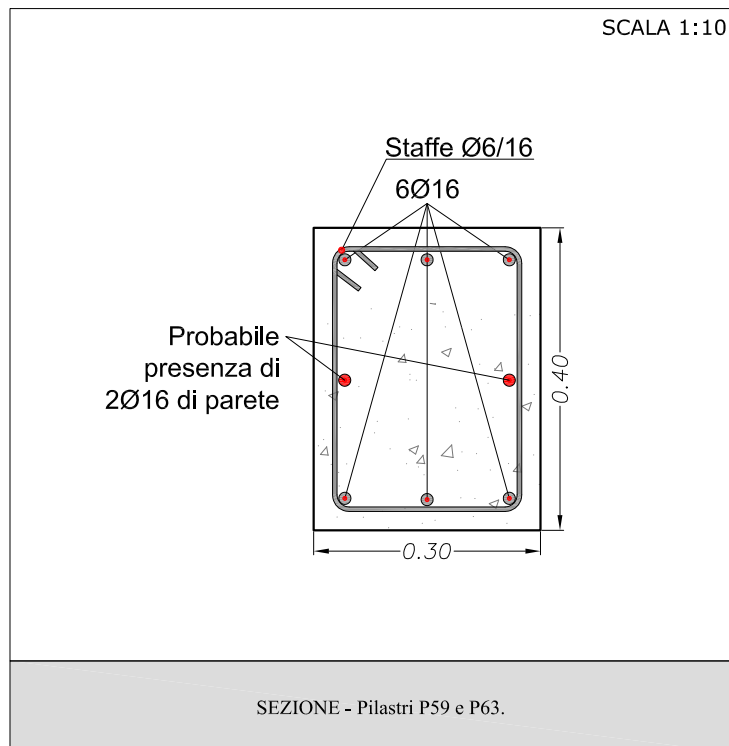




Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P59 al piano primo, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/16$



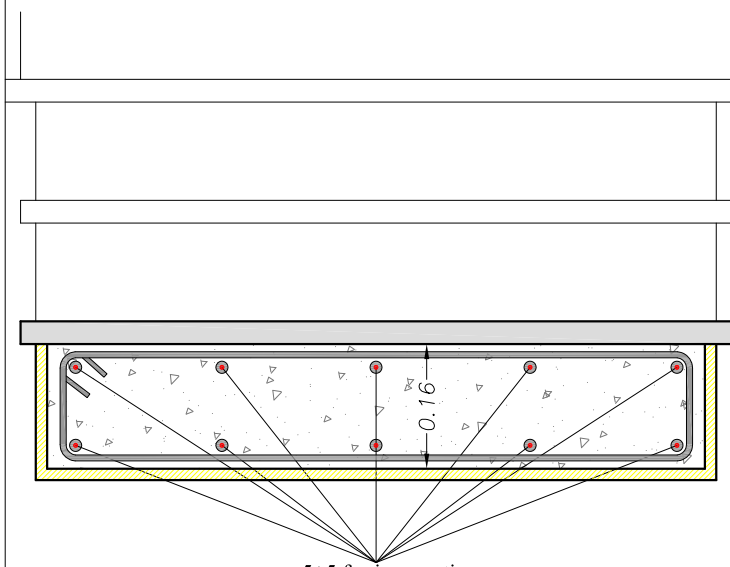
Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nel pilastro P63 al piano primo, sei ferri longitudinali $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 6/20$





Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro". Rilevati nella trave T1 (corpo palestra), quattro ferri longitudinali $\varnothing 20$ e staffe $\varnothing 8/20$ (passo 15 all'infittimento)

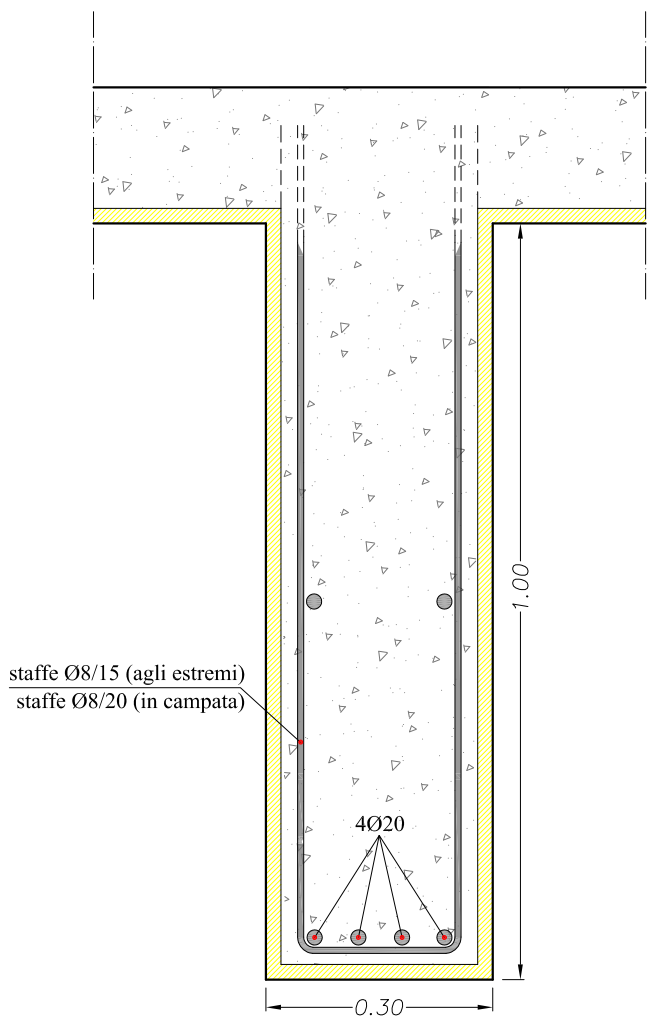
SCALA 1:10



5+5 ferri correnti

SEZIONE - Soletta rampante S1 (scala interna)

SCALA 1:10

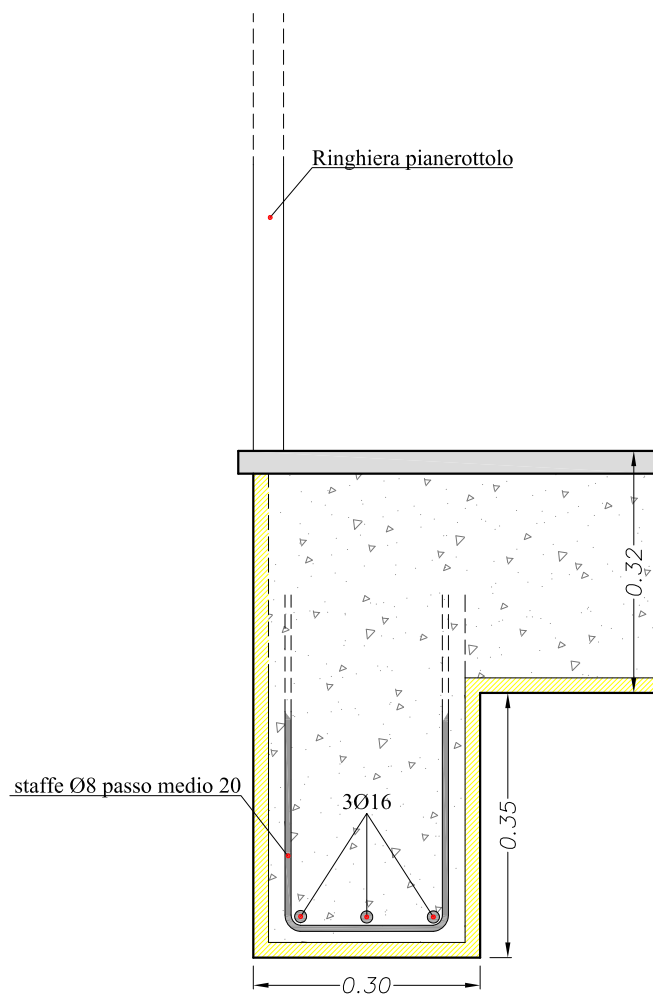


staffe $\varnothing 8/15$ (agli estremi)
staffe $\varnothing 8/20$ (in campata)

4 $\varnothing 20$

SEZIONE - Trave T1 (corpo palestra)

SCALA 1:10

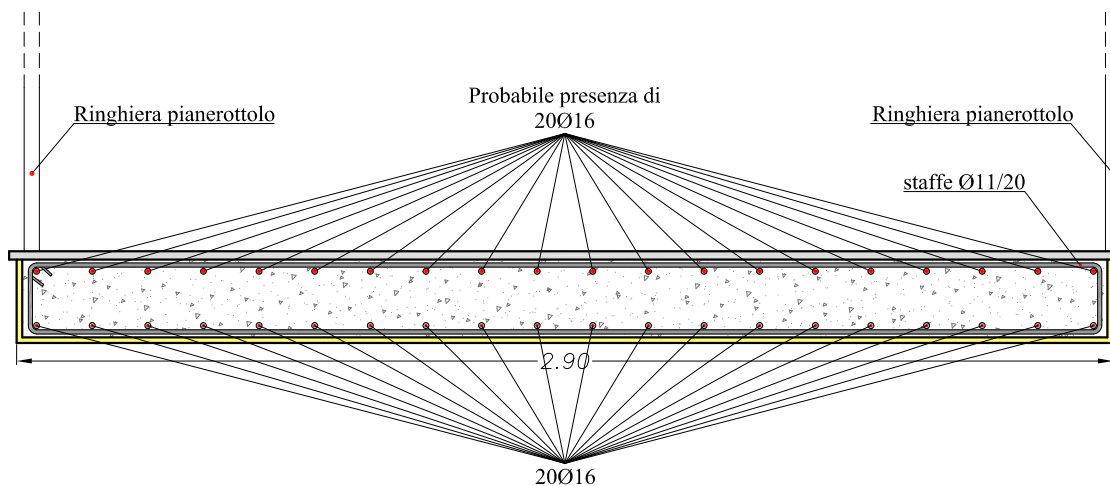


Ringhiera pianerottolo

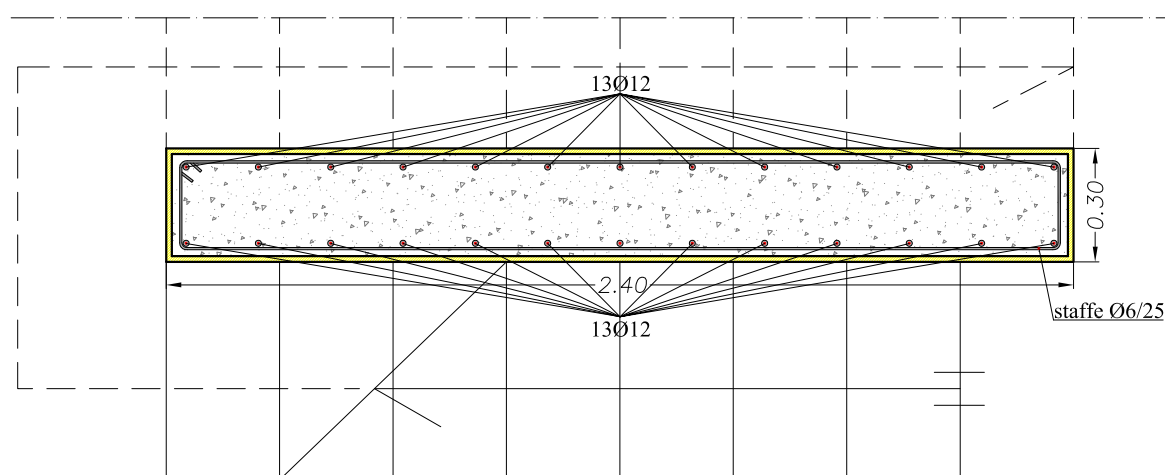
staffe $\varnothing 8$ passo medio 20

3 $\varnothing 16$

SEZIONE - Trave T2 (scala interna)



SEZIONE - Soletta armata 3° Pianerottolo (scala esterna)



SEZIONE - Setto murario in cls armato



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro".
Rilevati nella soletta armata del 3° pianerottolo (scala esterna),
venti ferri longitudinali Ø16 e staffe Ø11/20



Ricostruzione schemi strutturali con ausilio dello strumento "Pachometro".
Rilevati nel setto murario in calcestruzzo armato,
13+13 ferri verticali Ø12 e staffe Ø6/25

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA
DELL'ATTIVITÀ CONOSCITIVA**

(ai sensi dell'art.4 comma 1 del D.M. n. 58 del 28/02/2017; e successivi aggiornamenti del 07/03/1017)

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale

Calangianus, 19/07/2019

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi

Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023

CALANGIANUS

079660268 - stm.stm@tiscali.it

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELL'ATTIVITÀ CONOSCITIVA

(art. 4 comma 1 del Decreto Ministeriale n. 58 del 28/02/2017; e successivi aggiornamenti del 07/03/2017)

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato riporta i risultati ottenuti per la classificazione del rischio sismico della costruzione secondo le "Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni" approvate con D.M. n. 58 del 28/02/2017.

Come previsto dalle suddette linee guida, la classificazione sismica è stata effettuata adottando il **metodo convenzionale**, per il quale sono previste otto Classi di Rischio, con rischio crescente da A⁺ a G.

2. RISULTATI DEL METODO CONVENZIONALE

Il metodo convenzionale consente di assegnare una classe di rischio (da A⁺ a G) pari alla minima tra due classi di rischio distinte e funzione di due parametri:

- l'Indice di Sicurezza (**IS-V**);
- la Perdita Annuale Media attesa (**PAM**).

2.1 Determinazione della classe IS-V

L'Indice di Sicurezza, invece, è un parametro di sicurezza strutturale (noto anche come Indice di Rischio), dato da:

$$IS - V = \frac{PGA_c(SLV)}{PGA_d(SLV)}$$

dove:

$PGA_c(SLV)$ e $PGA_d(SLV)$ sono, rispettivamente, le accelerazioni di picco al suolo di *capacità* e di *domanda* corrispondenti al raggiungimento dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Per la struttura in oggetto, dall'analisi si ottiene:

$PGA_c(SLV)$	$PGA_d(SLV)$	IS-V
0.0000	0.0667	0.00

In base al valore di IS-V è stato possibile assegnare una **classe di rischio** pari a **F** (cfr. Tabella 1).

Tabella 1 - Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza.

Indice di Sicurezza (IS-V)	Classe IS-V
100 % < IS-V	A ⁺ _{IS-V}
80 % < IS-V ≤ 100 %	A _{IS-V}
60 % < IS-V ≤ 80 %	B _{IS-V}
45 % < IS-V ≤ 60 %	C _{IS-V}
30 % < IS-V ≤ 45 %	D _{IS-V}
15 % < IS-V ≤ 30 %	E _{IS-V}
IS-V ≤ 15 %	F _{IS-V}

2.2 Determinazione della classe PAM

Il PAM è un parametro di tipo economico che dipende dai costi di ricostruzione (CR) associati a ciascuno stato limite. L'indice PAM è pari all'area sottesa alla curva delle percentuali dei costi di ricostruzione in funzione delle frequenze corrispondenti ad ogni stato limite. Vengono definiti gli stati limite indicati nella Tabella 2, con i corrispondenti costi di ricostruzione (CR).

Tabella 2 - Percentuale del costo di ricostruzione (CR), associata al raggiungimento di ciascuno stato limite.

Stato Limite		CR [%]
Stato Limite di Ricostruzione	SLR	100
Stato Limite di Collasso	SLC	80
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	SLV	50
Stato Limite di Danno	SLD	15
Stato Limite di Operatività	SLO	7
Stato Limite di Inizio Danno	SLID	0

Per la determinazione del PAM si percorrono i seguenti passi:

- 1) analisi della struttura e determinazione delle accelerazioni di picco al suolo di capacità e di domanda corrispondenti agli stati limite di salvaguardia della vita [PGA_C(SLV) e PGA_C(SLD)] e di danno [PGA_D(SLV) e PGA_D(SLD)]:

Stato Limite	PGA _C [a _g /g]	PGA _D [a _g /g]
SLV	0.0000	0.0667
SLD	0.0703	0.0334

- 2) calcolo dei periodi (T_{rc}) di ritorno associati a PGA_C(SLV) e PGA_C(SLD) utilizzando la relazione:

$$\max \left[T_{RD}(SLV) \cdot \left(\frac{PGA_C(SLV)}{PGA_D(SLV)} \right)^\eta ; 10 \text{ anni} \right] \quad \left| \quad \min \left[T_{RD}(SLD) \left(\frac{PGA_C(SLD)}{PGA_D(SLD)} \right)^\eta ; T_{RC}(SLV) \right] \geq 10 \text{ anni}$$

dove:

$\eta = 1/0,490$	se	$a_g > 0,25g$
$\eta = 1/0,430$	se	$0,15g < a_g \leq 0,25g$
$\eta = 1/0,356$	se	$0,05g < a_g \leq 0,15g$
$\eta = 1/0,340$	se	$a_g \leq 0,05g$

- 3) calcolo delle frequenze medie annue per ognuno dei seguenti stati limite:

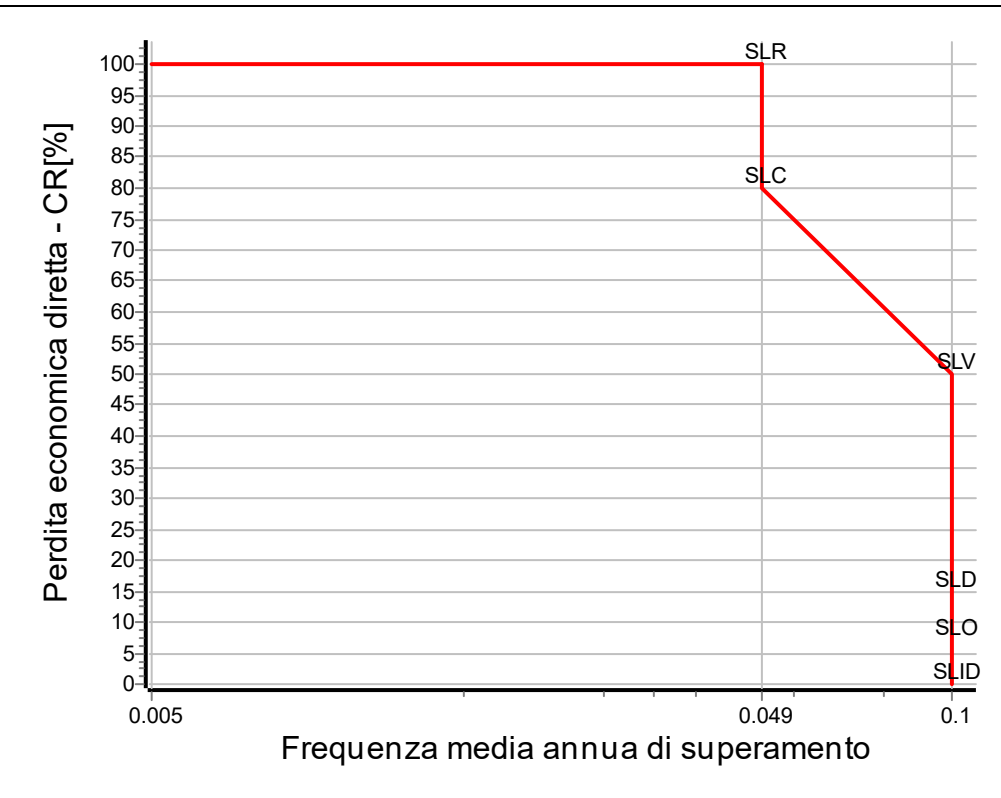
$\lambda(SLID)$	$\lambda(SLO)$	$\lambda(SLD)$	$\lambda(SLV)$	$\lambda(SLC)$	$\lambda(SLR)$
0,1	$\min[1,67 \cdot \lambda(SLD); 0,1]$	$1/T_{rc}(SLD)$	$1/T_{rc}(SLV)$	$0,49 \cdot \lambda(SLV)$	$\lambda(SLC)$

Nel seguito sono riportati i risultati del calcolo dei periodi e delle frequenze.

Stato Limite	SL	T _{rc}	λ	C _R
		[anni]	[anni] ⁻¹	
Stato Limite di Ricostruzione	SLR	20	0.049000	100
Stato Limite di Collasso	SLC	20	0.049000	80
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	SLV	10	0.100000	50
Stato Limite di Danno	SLD	10	0.100000	15
Stato Limite di Operatività	SLO	10	0.100000	7
Stato Limite di Inizio Danno	SLID	10	0.100000	0

- 4) calcolo del PAM:

$$PAM = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^5 ([\lambda(SL_{i-1}) - \lambda(SL_i)] [CR_{\%}(SL_{i-1}) + CR_{\%}(SL_i)]) + \lambda(SLC) CR_{\%}(SLR)$$



La classe di rischio associata al PAM viene determinata sulla base della seguente Tabella 3.

Tabella 3 - Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell'entità delle perdite medie annue attese.

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,5 \%$	A^+_{PAM}
$0,5 \% < PAM \leq 1,0 \%$	A_{PAM}
$1,0 \% < PAM \leq 1,5 \%$	B_{PAM}
$1,5 \% < PAM \leq 2,5 \%$	C_{PAM}
$2,5 \% < PAM \leq 3,5 \%$	D_{PAM}
$3,5 \% < PAM \leq 4,5 \%$	E_{PAM}
$4,5 \% < PAM \leq 7,5 \%$	F_{PAM}
$7,5 \% < PAM$	G_{PAM}

Per la struttura in oggetto, dall'analisi si ottiene:

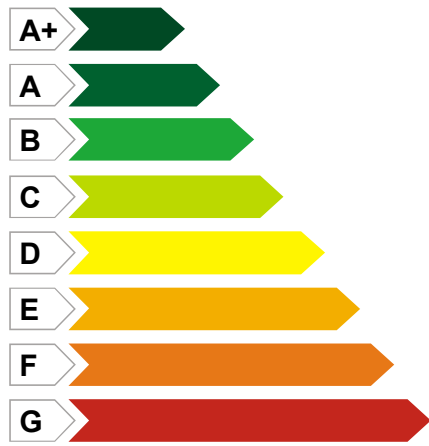
PAM	Classe PAM
8.22	G

2.3 Classe di Rischio Sismico (CRS)

In definitiva, la classe di rischio sismico (CRS) risultante della struttura sarà la minima tra la *classe IS-V* e la *classe PAM*:

Classe IS-V	Classe PAM	CRS
F	G	G

Minor rischio sismico



Maggior rischio sismico

A red rectangular box with a white border. At the top, it reads "CLASSE RISCHIO SISMICO" in white capital letters. Below this is a large white letter "G". At the bottom, a white rectangular area contains the text "IS-V: 0.00%" and "PAM: 8.22%" in black.

Calangianus, li 16/07/2019

Timbro e firma

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**CLASSIFICAZIONE SISMICA
DELLA COSTRUZIONE**

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale

Calangianus, 19/07/2019

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023
CALANGIANUS
079660268 - stm.stm@tiscali.it

Dati identificativi della costruzione

	Regione:
	...
	Comune:
	<i>Sedilo</i>
	Indirizzo:
	...

Dati catastali

Foglio/i	Particella/e	Subalterno/i: da	a
...

Classe di Rischio della Costruzione

Minor rischio sismico

- A+
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G

Maggior rischio sismico

CLASSE
RISCHIO SISMICO

G

IS-V: 0.00%

PAM: 8.22%

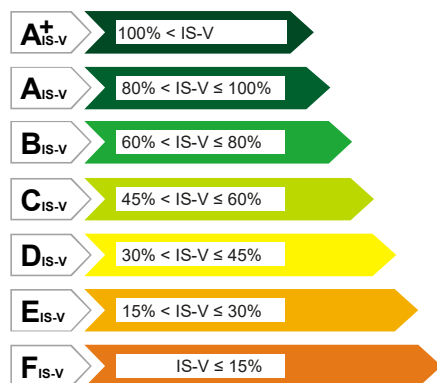
IS-V [%]	CLASSE IS-V	PAM [%]	CLASSE PAM
0.00	F	8.22	G

Legenda

Metodo di calcolo adottato: convenzionale
 IS-V = Indice di sicurezza della struttura (indice di rischio) allo SLV
 PAM = Perdita Annuale Media attesa (PAM)

Indice di Sicurezza Strutturale (IS-V)

Minor rischio sismico



Maggior rischio sismico

CLASSE IS-V

F_{IS-V}

IS-V: 0.00%
 PGAc(SLV): 0.00
 PGAd(SLV): 0.07

Legenda

$IS-V = PGAc(SLV) / PGAd(SLV)$

PGAc(SLV) = Accelerazione di picco al suolo di capacità corrispondente allo SLV

PGAd(SLV) = Accelerazione di picco al suolo di domanda corrispondente allo SLV

Parametri sismici

Vita Nominale (V_N): 50

Classe d'Uso (I-IV): Classe 3

Periodo di Riferimento (V_R): 75

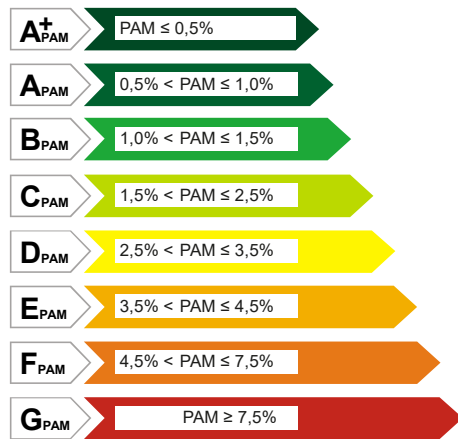
Stato Limite	P _V R [%]	a _g /g	T _R [anni]	λ = 1/T _R [anni] ⁻¹
SLO	81	0.02	45	0.0222
SLD	63	0.03	75	0.0133
SLV	10	0.06	712	0.0014
SLC	5	0.07	1'462	0.0007

Risultati calcolo

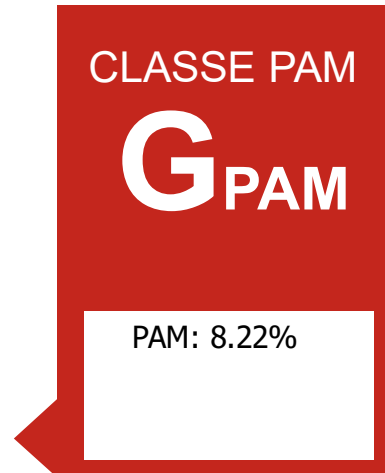
Stato Limite	PGAc [a _g /g]	PGAd [a _g /g]
SLV	0.0000	0.0667
SLD	0.0703	0.0334

Perdita Annua Media (PAM)

Minor rischio sismico



Maggior rischio sismico



$$PAM = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^5 ([\lambda(SL_{i-1}) - \lambda(SL_i)] [CR_{\%}(SL_{i-1}) + CR_{\%}(SL_i)]) + \lambda(SLC) CR_{\%}(SLR)$$

Periodi di ritorno e frequenze di capacità

$$T_{RC}(SLV) = \max \left[T_{RD}(SLV) \cdot \left(\frac{PGA_c(SLV)}{PGA_d(SLV)} \right)^{\eta}; 10 \text{ anni} \right]$$

$$T_{RC}(SLD) = \min \left[T_{RD}(SLD) \left(\frac{PGA_c(SLD)}{PGA_d(SLD)} \right)^{\eta}; T_{RC}(SLV) \right] \geq 10 \text{ anni}$$

dove:

$$\eta = 1/0,490, \text{ se } a_g > 0,25g$$

$$\eta = 1/0,430, \text{ se } 0,15g < a_g \leq 0,25g$$

$$\eta = 1/0,356, \text{ se } 0,05g < a_g \leq 0,15g$$

$$\eta = 1/0,340, \text{ se } a_g \leq 0,05g$$

$$\lambda(SLID) = 0,1$$

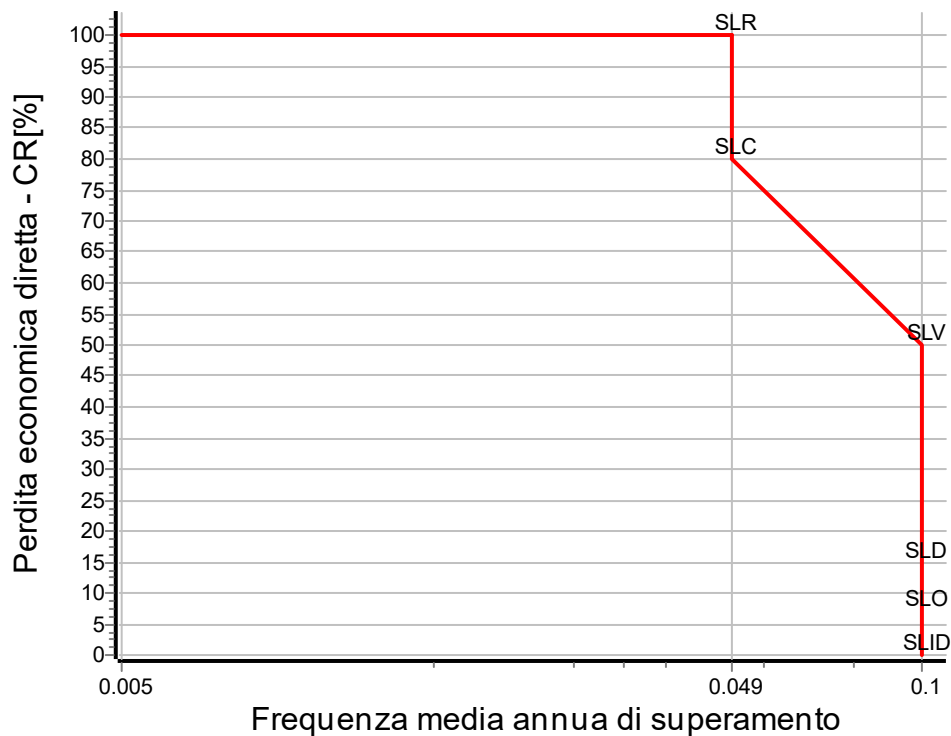
$$\lambda(SLO) = \min[1,67 \cdot \lambda(SLD); 0,1]$$

$$\lambda(SLD) = T_{RC}(SLD)^{-1}$$

$$\lambda(SLV) = T_{RC}(SLV)^{-1}$$

$$\lambda(SLC) = 0,49 \cdot \lambda(SLV)$$

$$\lambda(SLR) = \lambda(SLC)$$



Stato Limite	SL	T _{RC}	λ	C _R
		[anni]	[anni] ⁻¹	[%]
Stato di Fatto (Prima dell'intervento)				
Stato Limite di Ricostruzione	SLR	20	0.049000	100
Stato Limite di Collasso	SLC	20	0.049000	80
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	SLV	10	0.100000	50
Stato Limite di Danno	SLD	10	0.100000	15
Stato Limite di Operatività	SLO	10	0.100000	7
Stato Limite di Inizio Danno	SLID	10	0.100000	0

Data e luogo

Calangianus, li 16/07/2019

Timbro e firma

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**SCHEDA DI VULNERABILITÀ
SISMICA**

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE
CORPO 1

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 CALANGIANUS
079660268 - stm.stm@tiscali.it

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.174444	8.921389	B	T1	1.00

LEGENDA: Edificio

V_N	Vita nominale dell'edificio
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g /g	F ₀	Parametri di pericolosità sismica					
			T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	S _s
SLO	0.0224	2.658	0.291	1.41	0.137	0.410	1.690	1.20
SLD	0.0279	2.704	0.303	1.40	0.141	0.424	1.711	1.20
SLV	0.0556	2.936	0.358	1.35	0.161	0.483	1.822	1.20
SLC	0.0662	3.027	0.384	1.33	0.171	0.512	1.865	1.20

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a_g	Accelerazione di picco al suolo.
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.
C_c	Coefficienti di amplificazione di T* _c .
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
Cemento Armato Esistente	X		Regolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	<u>Cemento armato</u> : Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; <u>Muratura</u> : Un solo piano - Più di un piano; <u>Acciaio</u> : Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA	
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La distribuzione di masse e rigidità è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidità nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
Ciascun orizzontamento ha una rigidità nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidità degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	SI
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	SI
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	NO

Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti

SI

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento

SI

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.

Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{cfm} [N/mm ²]	N	n Ac
Clis C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25 000	0,000010	31 447	13 103	60	F	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E_{sisma} = E · C_{Erid}].

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.

R_{cm} Resistenza media cubica.

%R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.

γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.

f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.

f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.

f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.

n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	Caratteristiche acciaio										
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk,1} / f _{tk,2} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCnt Cnt	
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	F	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Caratteristiche acciaio

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}	NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

$f_{yd,1}$ Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
 $f_{yd,2}$ Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	11,21
		Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

7 - METODO DI ANALISI

Metodo di analisi

Analisi	Fattore di comportamento q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Statica lineare con fattore di struttura q	2.166	2.166

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
Fattore di comportamento q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.1157	>2475
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.1941	>2475
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.1882	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0423	142
SLV	Taglio	CA	0.0898	>2475
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0453	177

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se $PGA_c=0$ -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k+\sum_i(\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se $PGA_c=NS$ -> Non significativo per valori di $PGA_c \geq 1000$.
T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_c/PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.

9 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	PGA _D [a _g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0269	45
SLD	0.0334	75
SLV	0.0667	712
SLC	0.0794	1462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

10 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	$\zeta_E (\alpha_{PGA})$	Indicatori di rischio sismico	
			α_{TR}
SLO		7.224	7.098
SLD		3.462	4.656
SLV		0.634 ¹	0.516

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
$\zeta_E (\alpha_{PGA})$	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla. N.B. ζ_E : simbologia NTC18; α_{PGA} : simbologia NTC08.
α_{TR}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

¹ Al fine di permettere un'analisi di dettaglio degli interventi di miglioramento/adequamento, considerato che nel calcolo di verifica dell'indicatore di rischio sismico, sono presenti le seguenti criticità (cfr. schede accelerazioni sismiche di collasso):

- n. 19 nodi con valore nullo della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
- n. 2 nodi con basso valore della PGA_{Conf} (confinamento nodo);

sono state introdotte per tali elementi, 21 eccezioni al fine di non considerarli nel calcolo ed ottenere un valore non nullo dell'indicatore di rischio sismico.

Tali nodi rappresentano comunque elementi di criticità sui quali intervenire, in via prioritaria, con interventi di miglioramento o adeguamento sismico.

12 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Nel dettaglio, considerato che 5 di tali nodi appartengono ai telai di fondazione del corpo palestra e che questi sono nodi posti praticamente a pavimento, si ritiene superfluo intervenire su di essi.

Pertanto, in tali condizioni, gli interventi prioritari sono relativi al confinamento di 16 nodi, che permetterebbero al sistema strutturale di raggiungere un indicatore di rischio sismico $> \zeta_{0,6}$.

Calangianus, lì 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SU BEAM E SHELL

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell							
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO			
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]	
Piano semiterrato							
Pilastro 8	0.00 %	0,307	200	0.00 %	0,227	200	
Pilastro 24	0.00 %	0,367	200	0.00 %	0,310	200	
Pilastro 1	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,305	200	
Pilastro 9	0.00 %	0,452	200	0.00 %	0,786	200	
Pilastro 18	0.00 %	1,545	200	0.00 %	0,164	200	
Pilastro 19	0.00 %	1,494	200	0.00 %	0,160	200	
Pilastro 21	0.00 %	1,239	200	0.00 %	0,153	200	
Pilastro 22	0.00 %	1,370	200	0.00 %	0,158	200	
Pilastro 23	0.00 %	1,391	200	0.00 %	0,164	200	
Pilastro 7	0.00 %	1,449	200	0.00 %	0,197	200	
Pilastro 6	0.00 %	1,587	200	0.00 %	0,195	200	
Pilastro 5	0.00 %	1,537	200	0.00 %	0,191	200	
Pilastro 4	0.00 %	1,219	200	0.00 %	0,154	200	
Pilastro 3	0.00 %	1,664	200	0.00 %	0,197	200	
Pilastro 2	0.00 %	1,491	200	0.00 %	0,172	200	
Pilastro 27	0.00 %	0,327	200	0.00 %	0,301	200	
Pilastro 26	0.00 %	0,877	200	0.00 %	0,375	200	
Pilastro 25	0.00 %	0,297	200	0.00 %	0,298	200	
Pilastro 20	0.00 %	1,291	200	0.00 %	0,153	200	
Pilastro 17	0.00 %	0,582	200	0.00 %	0,300	200	
Pilastro 16	0.00 %	0,498	200	0.00 %	0,682	200	
Pilastro 10	0.00 %	0,286	200	0.00 %	0,769	200	
Pilastro 11	0.00 %	0,322	200	0.00 %	0,731	200	
Pilastro 12	0.00 %	0,372	200	0.00 %	0,733	200	
Pilastro 13	0.00 %	0,370	200	0.00 %	0,695	200	
Pilastro 14	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,700	200	
Pilastro 15	0.00 %	0,316	200	0.00 %	0,716	200	
Trave 16-24	12.50 %	0,134	200	37.50 %	0,814	200	
Trave 7-8	87.50 %	0,067	101	62.50 %	0,145	200	
Trave 1-2	75.00 %	0,050	75	62.50 %	0,140	200	
Trave 5-6	25.00 %	0,059	89	37.50 %	0,158	200	
Trave 6-7	25.00 %	0,049	73	37.50 %	0,146	200	
Trave 4-5	12.50 %	0,052	78	37.50 %	0,152	200	
Trave 3-4	75.00 %	0,042	63	62.50 %	0,121	181	
Trave 2-3	25.00 %	0,067	101	50.00 %	0,137	200	
Trave 1-9	75.00 %	0,115	172	62.50 %	0,352	200	
Trave 23-24	12.50 %	0,068	103	37.50 %	0,155	200	
Trave 20-21	87.50 %	0,050	75	62.50 %	0,135	200	
Trave 22-23	12.50 %	0,083	124	37.50 %	0,155	200	
Trave 17-18	75.00 %	0,056	84	62.50 %	0,090	135	
Trave 18-19	75.00 %	0,074	111	62.50 %	0,091	136	
Trave 21-22	87.50 %	0,095	142	37.50 %	0,156	200	
Trave 19-20	87.50 %	0,068	102	37.50 %	0,102	153	
Trave 15-23	12.50 %	0,133	200	75.00 %	0,647	200	
Trave 14-22	12.50 %	0,139	200	75.00 %	0,673	200	
Trave 13-21	12.50 %	0,138	200	75.00 %	0,709	200	
Trave 12-20	87.50 %	0,088	133	62.50 %	0,857	200	
Trave 11-19	37.50 %	0,113	170	75.00 %	0,758	200	
Trave 10-18	37.50 %	0,107	161	75.00 %	0,758	200	
Trave 20-27	87.50 %	0,049	73	37.50 %	1,516	200	
Trave 17-25	87.50 %	0,050	75	25.00 %	1,674	200	
Trave 25-26	75.00 %	0,050	75	62.50 %	0,401	200	
Trave 8-16	87.50 %	0,131	196	75.00 %	0,613	200	
Trave 26-27	25.00 %	0,052	78	37.50 %	0,364	200	
Trave 9-17	87.50 %	0,065	98	25.00 %	0,792	200	
Trave 7-15	87.50 %	0,129	193	75.00 %	0,642	200	
Trave 6-14	87.50 %	0,133	199	75.00 %	0,688	200	
Trave 5-13	87.50 %	0,137	200	75.00 %	0,719	200	
Trave 4-12	25.00 %	0,114	171	37.50 %	0,438	200	
Trave 3-11	87.50 %	0,145	200	75.00 %	0,829	200	
Trave 2-10	87.50 %	0,144	200	75.00 %	0,743	200	
Piano Terra							
Pilastro 8	0.00 %	0,165	200	0.00 %	0,583	200	
Pilastro 24	0.00 %	0,191	200	0.00 %	0,575	200	
Pilastro 1	0.00 %	0,128	192	0.00 %	0,379	200	
Pilastro 9	0.00 %	0,560	200	0.00 %	1,436	200	
Pilastro 18	0.00 %	0,250	200	0.00 %	0,118	178	
Pilastro 19	0.00 %	0,247	200	0.00 %	0,118	177	
Pilastro 21	0.00 %	0,478	200	0.00 %	0,383	200	
Pilastro 22	0.00 %	0,442	200	0.00 %	0,405	200	
Pilastro 23	0.00 %	0,434	200	0.00 %	0,426	200	
Pilastro 6	0.00 %	0,379	200	0.00 %	0,369	200	
Pilastro 4	0.00 %	0,361	200	0.00 %	0,362	200	

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 3	0.00 %	0,365	200	0.00 %	0,282	200
Pilastro 2	0.00 %	0,418	200	0.00 %	0,289	200
Pilastro 20	0.00 %	0,255	200	0.00 %	0,127	190
Pilastro 17	0.00 %	0,095	143	0.00 %	0,177	200
Pilastro 7	0.00 %	0,378	200	0.00 %	0,365	200
Pilastro 5	0.00 %	0,384	200	0.00 %	0,366	200
Pilastro 16	0.00 %	0,298	200	0.00 %	1,400	200
Pilastro 27	0.00 %	0,081	122	0.00 %	0,246	200
Pilastro 26	0.00 %	0,116	174	0.00 %	0,183	200
Pilastro 25	0.00 %	0,083	124	0.00 %	0,240	200
Trave 20-27	75.00 %	0,181	200	87.50 %	2,884	200
Trave 17-25	75.00 %	0,257	200	87.50 %	1,435	200
Trave 25-26	75.00 %	0,050	75	75.00 %	0,397	200
Trave 26-27	25.00 %	0,053	79	37.50 %	0,393	200
Trave 16-24	75.00 %	0,190	200	12.50 %	2,076	200
Trave 19-20	25.00 %	0,087	130	75.00 %	0,117	176
Trave 17-18	87.50 %	0,089	133	25.00 %	0,122	183
Trave 18-19	75.00 %	0,080	120	75.00 %	0,111	166
Trave 9-17	87.50 %	0,361	200	12.50 %	3,075	200
Trave 8-16	25.00 %	0,142	200	75.00 %	1,815	200
Trave 1-9	12.50 %	0,277	200	75.00 %	2,358	200
Piano Copertura						
Pilastro 17	0.00 %	0,115	172	0.00 %	0,297	200
Pilastro 6	0.00 %	0,338	200	0.00 %	0,405	200
Pilastro 4	0.00 %	0,366	200	0.00 %	0,397	200
Pilastro 3	0.00 %	0,316	200	0.00 %	0,303	200
Pilastro 2	0.00 %	0,363	200	0.00 %	0,311	200
Pilastro 7	0.00 %	0,331	200	0.00 %	0,401	200
Pilastro 5	0.00 %	0,347	200	0.00 %	0,401	200
Pilastro 9	0.00 %	1,048	200	0.00 %	1,345	200
Pilastro 16	0.00 %	1,055	200	0.00 %	1,313	200
Pilastro 9	0.00 %	0,649	200	0.00 %	1,814	200
Pilastro 18	0.00 %	0,378	200	0.00 %	0,333	200
Pilastro 19	0.00 %	0,355	200	0.00 %	0,358	200
Pilastro 21	0.00 %	0,389	200	0.00 %	0,423	200
Pilastro 22	0.00 %	0,355	200	0.00 %	0,450	200
Pilastro 23	0.00 %	0,353	200	0.00 %	0,456	200
Pilastro 16	0.00 %	0,373	200	0.00 %	1,400	200
Pilastro 1	0.00 %	0,133	200	0.00 %	0,248	200
Pilastro 24	0.00 %	0,195	200	0.00 %	0,273	200
Pilastro 20	0.00 %	0,285	200	0.00 %	0,198	200
Pilastro 8	0.00 %	0,130	195	0.00 %	0,233	200
Pilastro 1	0.00 %	0,142	200	0.00 %	0,400	200
Pilastro 8	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,634	200
Pilastro 24	0.00 %	0,259	200	0.00 %	0,625	200
Trave 2-3	87.50 %	0,063	95	62.50 %	0,194	200
Trave 23-24	25.00 %	0,124	185	50.00 %	0,357	200
Trave 20-21	75.00 %	0,063	95	50.00 %	0,243	200
Trave 22-23	25.00 %	0,062	93	50.00 %	0,250	200
Trave 21-22	25.00 %	0,103	154	50.00 %	0,287	200
Trave 2a-19	87.50 %	0,305	200	37.50 %	1,163	200
Trave 1a-18	87.50 %	0,347	200	37.50 %	1,339	200
Trave 1-2	75.00 %	0,056	84	50.00 %	0,318	200
Trave 19-20	62.50 %	0,096	144	62.50 %	0,266	200
Trave 7-8	87.50 %	0,103	154	75.00 %	0,222	200
Trave 17-18	37.50 %	0,124	185	37.50 %	0,499	200
Trave 18-19	37.50 %	0,096	144	62.50 %	0,271	200
Trave 20-27	25.00 %	0,391	200	87.50 %	2,828	200
Trave 17-25	75.00 %	0,497	200	25.00 %	3,107	200
Trave 9-17	25.00 %	0,375	200	25.00 %	1,347	200
Trave 6a-23	87.50 %	0,249	200	37.50 %	0,720	200
Trave 5a-22	87.50 %	0,246	200	37.50 %	0,807	200
Trave 4a-21	87.50 %	0,247	200	37.50 %	0,922	200
Trave 16-24	25.00 %	0,232	200	25.00 %	0,905	200
Trave 3a-20	87.50 %	0,277	200	37.50 %	1,209	200
Trave 6-7	25.00 %	0,105	157	25.00 %	0,232	200
Trave 5-6	25.00 %	0,111	167	25.00 %	0,232	200
Trave 4-5	12.50 %	0,092	138	25.00 %	0,268	200
Trave 3-4	12.50 %	0,132	198	62.50 %	0,292	200
Trave 8-16	25.00 %	0,189	200	75.00 %	0,744	200
Trave 1-9	25.00 %	0,262	200	75.00 %	0,842	200
Trave 6-5a	12.50 %	0,255	200	62.50 %	0,984	200
Trave 7-6a	12.50 %	0,261	200	62.50 %	0,882	200
Trave 5-4a	12.50 %	0,253	200	62.50 %	1,056	200
Trave 3-2a	12.50 %	0,273	200	62.50 %	1,200	200
Trave 2-1a	12.50 %	0,293	200	62.50 %	1,079	200
Trave 4-3a	12.50 %	0,264	200	62.50 %	1,112	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

%LLI/Shell Nel caso di elementi Beam: %LLI = Posizione della sezione per la quale si registra la minima PGA, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione dell'elemento (LLI), a partire dal suo estremo iniziale (0% = estremo iniziale, 100% = estremo finale).
Nel caso di elementi Shell: Shell = identificativo dei nodi della shell per la quale si registra la minima PGA.

PGA_{PF/RC} Accelerazione sismica di collasso per PRESSOFLESSIONE o FLESSIONE/ROTAZIONE ALLA CORDA. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.
N.B.: per gli elementi beam (travi e pilastri), nel caso di calcolo Non Lineare, la PGA è quella relativa al meccanismo di collasso per verifica di rotazione alla corda.

PGA_T Accelerazione sismica di collasso per TAGLIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SUI NODI

Id _{Nd}	Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi	
	PGA _{Conf}	PGA _C /PGA _D [%]
Nodo 2	0,069	103
Nodo 4	0,101	151
Nodo 6	0,083	124
Nodo 8	0,159	200
Nodo 10	0,060	90
Nodo 12	0,061	92
Nodo 14	0,063	95
Nodo 16	0,074	112
Nodo 18	0,074	111
Nodo 20	0,068	103
Nodo 22	0,073	110
Nodo 24	0,068	102
Nodo 26	0,064	96
Nodo 28	0,068	102
Nodo 30	0,069	104
Nodo 32	0,061	91
Nodo 34	0,056	84
Nodo 36	0,045	68
Nodo 37	0,059	89
Nodo 38	0,076	113
Nodo 51	0,180	200
Nodo 55	0,000	0
Nodo 56	0,010	15
Nodo 57	0,015	23
Nodo 64	0,057	86
Nodo 65	0,099	149
Nodo 68	0,000	0
Nodo 69	0,000	0
Nodo 70	0,000	0
Nodo 71	0,000	0
Nodo 72	0,000	0
Nodo 73	0,000	0
Nodo 74	0,077	115
Nodo 75	0,084	127
Nodo 76	0,250	200
Nodo 77	0,249	200
Nodo 78	0,000	0
Nodo 79	0,000	0
Nodo 80	0,000	0
Nodo 81	0,000	0
Nodo 82	0,000	0
Nodo 83	0,060	90
Nodo 84	0,222	200
Nodo 85	0,000	0
Nodo 86	0,000	0
Nodo 87	0,000	0
Nodo 88	0,000	0
Nodo 89	0,000	0
Nodo 90	0,000	0
Nodo 91	0,000	0
Nodo 92	0,097	145
Nodo 93	0,630	200
Nodo 94	0,675	200
Nodo 95	0,045	68
Nodo 96	1,304	200
Nodo 97	1,294	200
Nodo 98	0,436	200

LEGENDA:

- Id_{Nd}** Identificativo del nodo strutturale su cui viene eseguita la verifica a confinamento.
- PGA_{Conf}** Accelerazione sismica di collasso per ROTTURA a confinamento del Nodo. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_s \cdot S_T \cdot a_g / g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Carico Limite

Id _{Elm}	PGA _{Ql}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione		
Plinto 1	0,394	200
Plinto 2	0,485	200
Plinto 3	0,212	200
Plinto 4	0,453	200
Plinto 5	0,189	200
Plinto 6	0,188	200
Plinto 7	0,202	200
Plinto 8	0,190	200
Plinto 24	0,400	200
Plinto 18	0,432	200
Plinto 9	0,367	200
Plinto 27	0,390	200
Plinto 26	0,319	200
Plinto 25	0,353	200
Plinto 16	0,380	200
Plinto 17	0,324	200
Plinto 19	0,443	200
Plinto 20	0,461	200
Plinto 21	0,483	200
Plinto 22	0,534	200
Plinto 23	0,541	200
Plinto 10	0,327	200
Plinto 11	0,324	200
Plinto 12	0,311	200
Plinto 13	0,309	200
Plinto 14	0,321	200
Plinto 15	0,326	200

LEGENDA:

- Id_{Elm}** Identificativo dell'elemento strutturale.
- PGA_{Ql}** Accelerazione sismica di collasso per CAPACITA' LIMITE del TERRENO di FONDAZIONE. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER SPOSTAMENTI INTERPIANO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Spostamenti Interpiano

Id _{Piano}	SLD		SLO	
	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione				
Piano semiterrato				
Piano semiterrato	0,222	200	0,403	200
Piano Terra				
Piano Terra	0,116	200	0,194	200
Piano Copertura				
Piano Copertura	0,159	200	0,412	200

LEGENDA:

Id_{Piano} Identificativo del livello o piano.

PGA_{Int} Accelerazione sismica di collasso minima per SPOSTAMENTO D'INTERPIANO. [NS] = Non significativo per valori di PGA_{Int} >= 1000.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

ELABORATI GRAFICI SINTETICI

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE
CORPO 1

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 CALANGIANUS
079660268 - stm.stm@tiscali.it

PREMESSA

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel § 10.2 delle NTC. Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

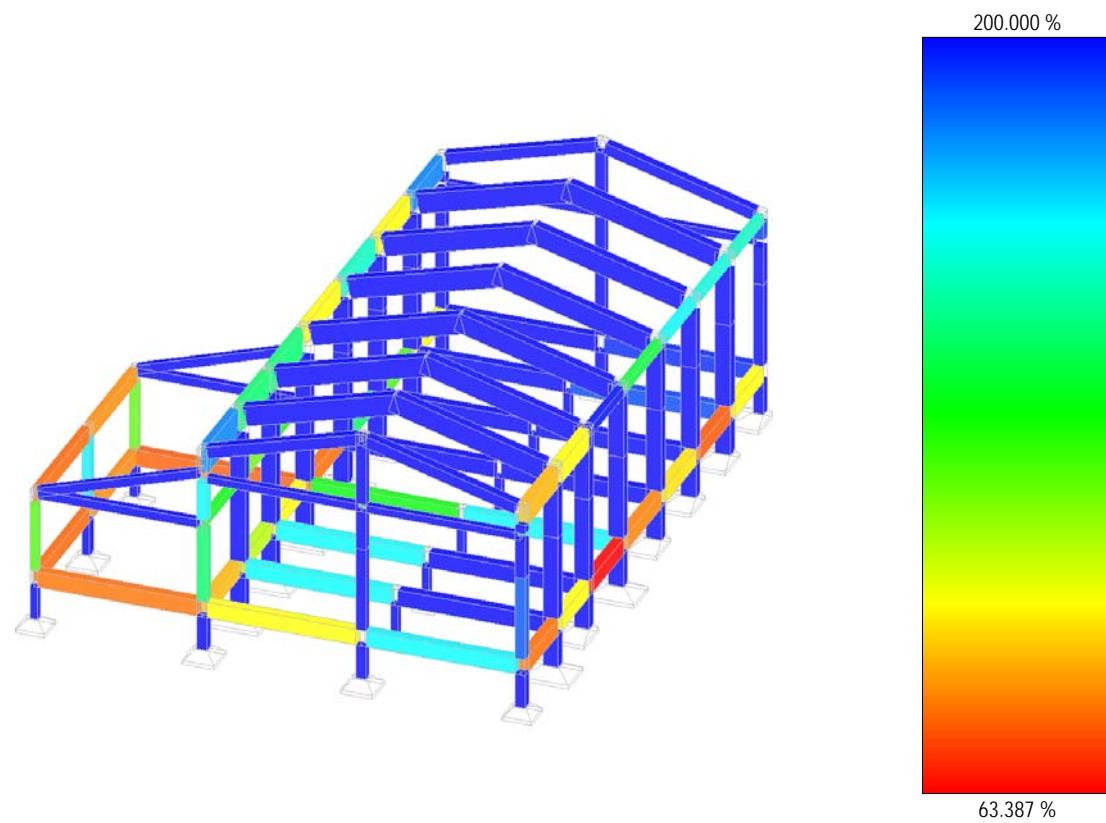
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

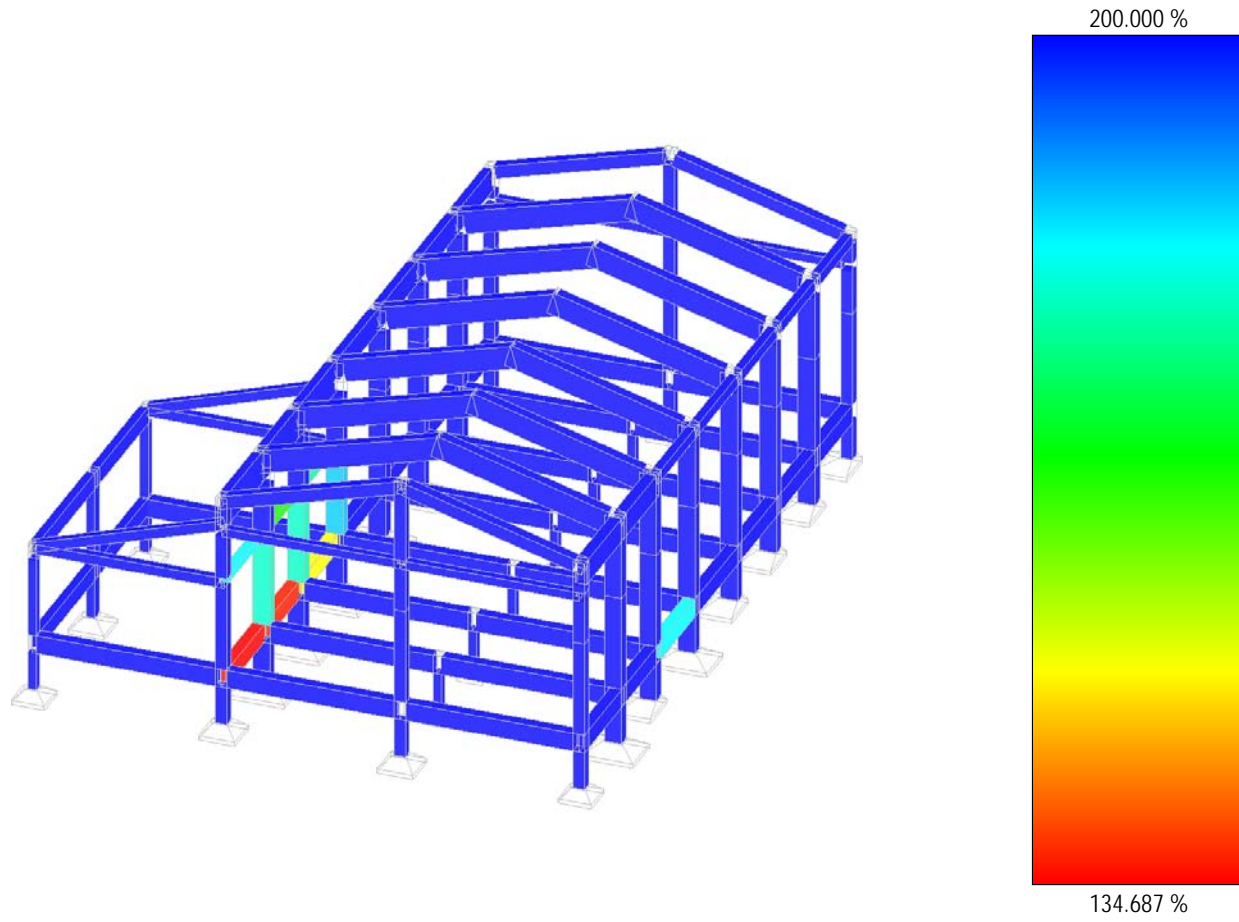
Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

Accelerazione di Collasso



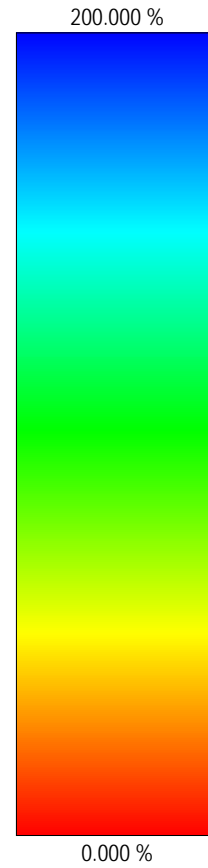
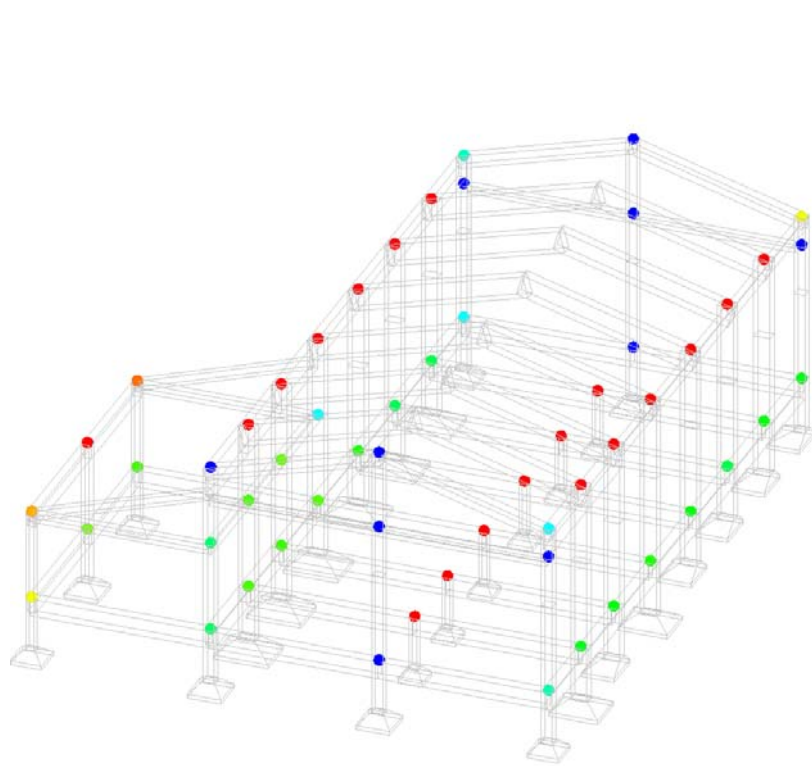
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Flessione o Pressoflessione

Accelerazione di Collasso



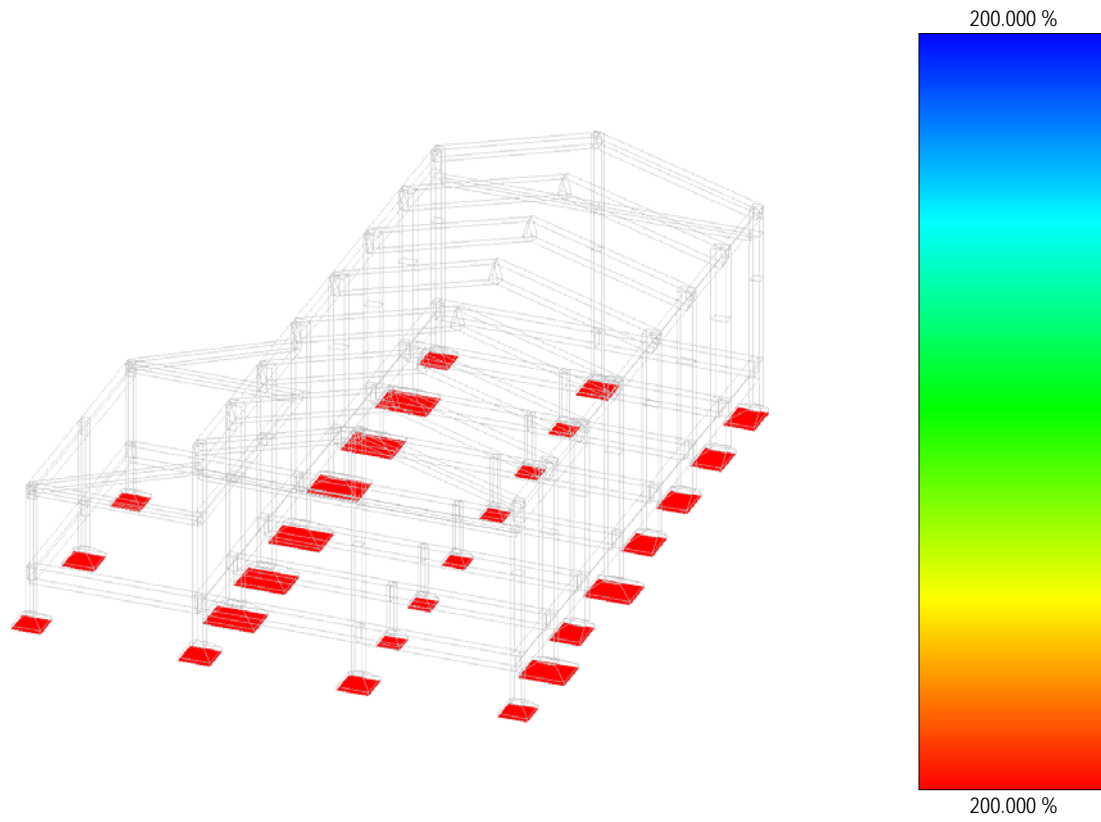
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Taglio

Accelerazione di Collasso



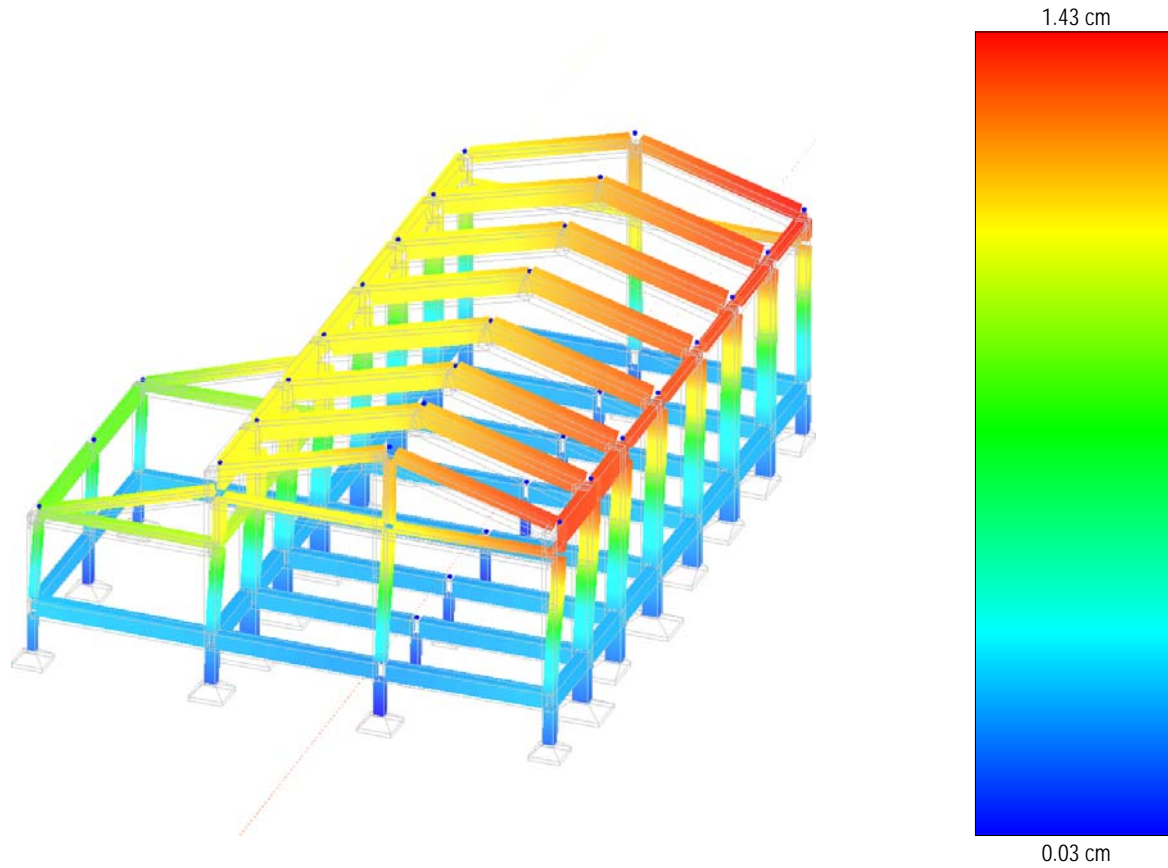
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Rottura del Nodo

Accelerazione di Collasso



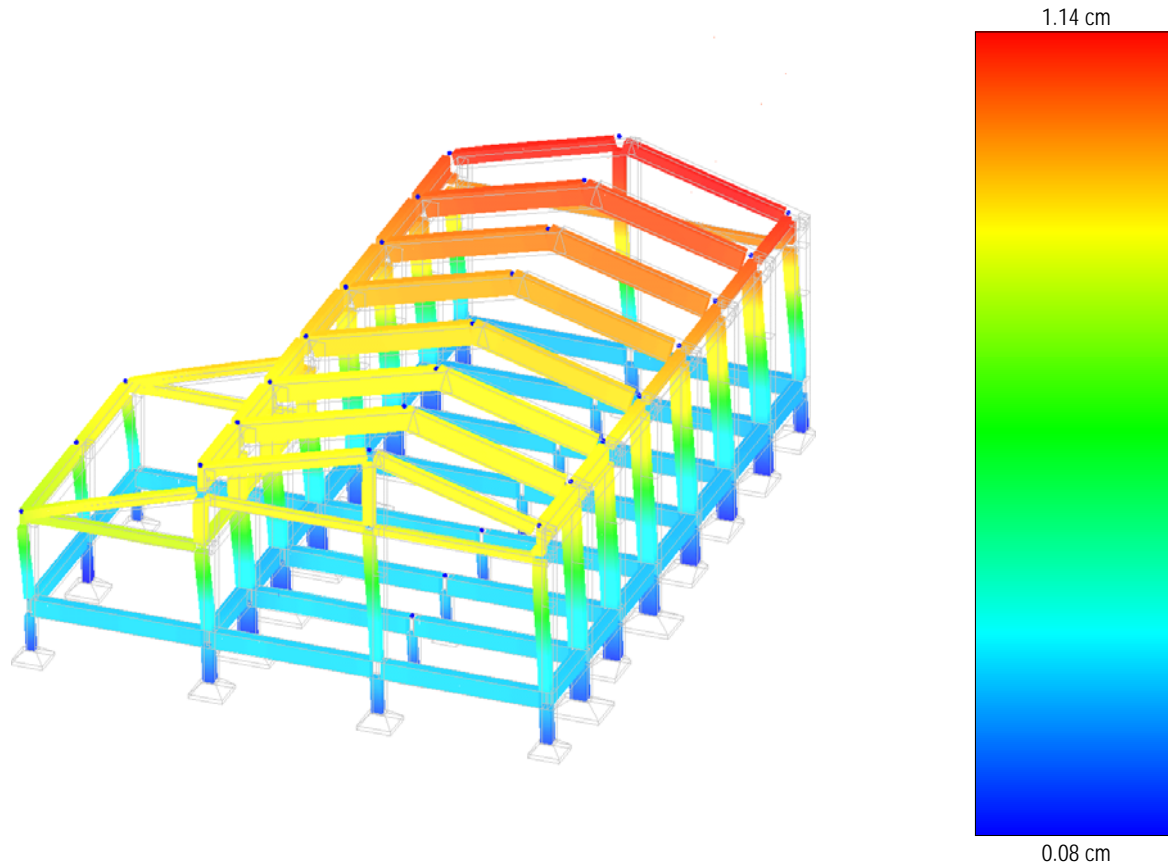
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Carico Limite Terreno

Spostamenti



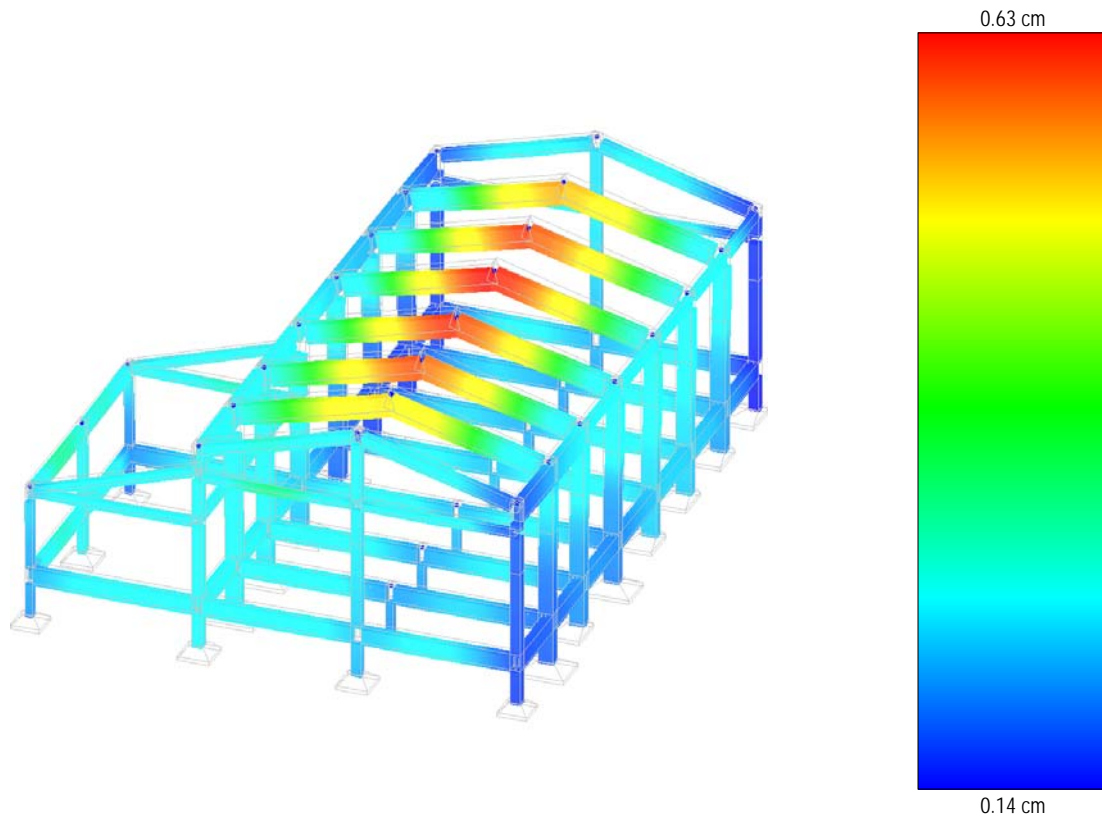
Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: X
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: Y
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per carichi statici
CONDIZIONI di CARICO
Carico Permanente
Permanenti NON Strutturali
Scuole
Coperture accessibili solo per manutenzione
Coperture praticabili (Cat. A)
Carico da Neve ≤ 1000 m s.l.m.
Pressione del Vento (+X)
Pressione del Vento (-X)
Pressione del Vento (+Y)
Pressione del Vento (-Y)

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**SCHEDA DI VULNERABILITÀ
SISMICA**

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE
CORPO 1

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 CALANGIANUS
079660268 - stm.stm@tiscali.it

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.174444	8.921389	B	T1	1.00

LEGENDA: Edificio

V_N	Vita nominale dell'edificio
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g /g	F ₀	Parametri di pericolosità sismica					
			T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	S _s
SLO	0.0224	2.658	0.291	1.41	0.137	0.410	1.690	1.20
SLD	0.0279	2.704	0.303	1.40	0.141	0.424	1.711	1.20
SLV	0.0556	2.936	0.358	1.35	0.161	0.483	1.822	1.20
SLC	0.0662	3.027	0.384	1.33	0.171	0.512	1.865	1.20

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a_g	Accelerazione di picco al suolo.
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.
C_c	Coefficienti di amplificazione di T* _c .
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
Cemento Armato Esistente	X		Regolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	<u>Cemento armato</u> : Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; <u>Muratura</u> : Un solo piano - Più di un piano; <u>Acciaio</u> : Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4		NO
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione		SI
REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA		
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio		SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base		NO

Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti

SI

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento

SI

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.

Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{cfm} [N/mm ²]	N	n Ac
ClS C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25 000	0,000010	31 447	13 103	60	F	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E_{sisma} = E · C_{Erid}].

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.

R_{cm} Resistenza media cubica.

%R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.

γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.

f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.

f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.

f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.

n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	Caratteristiche acciaio					γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7}	
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk,1} / f _{tk,2} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	NCnt						Cnt	
Acciaio B450C - (B450C)																	
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	F	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Caratteristiche acciaio

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}	NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

$f_{yd,1}$ Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
 $f_{yd,2}$ Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	11,21
		Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

7 - METODO DI ANALISI

Metodo di analisi

Analisi	Fattore di comportamento q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Statica lineare con fattore di struttura q	2.166	2.166

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
Fattore di comportamento q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.1157	>2475
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.1941	>2475
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.1882	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0423	142
SLV	Taglio	CA	0.0898	>2475
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0453	177

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se PGA_c=0 -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se PGA_c=NS -> Non significativo per valori di PGA_c >= 1000.
T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_c / PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.

9 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	PGA _D [a _g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0269	45
SLD	0.0334	75
SLV	0.0667	712
SLC	0.0794	1462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

10 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	$\zeta_E (\alpha_{PGA})$	Indicatori di rischio sismico	
			α_{TR}
SLO		7.224	7.098
SLD		3.462	4.656
SLV		0.634 ¹	0.516

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
$\zeta_E (\alpha_{PGA})$	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla. N.B. ζ_E : simbologia NTC18; α_{PGA} : simbologia NTC08.
α_{TR}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

¹ Al fine di permettere un'analisi di dettaglio degli interventi di miglioramento/adequamento, considerato che nel calcolo di verifica dell'indicatore di rischio sismico, sono presenti le seguenti criticità (cfr. schede accelerazioni sismiche di collasso):

- n. 19 nodi con valore nullo della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
- n. 2 nodi con basso valore della PGA_{Conf} (confinamento nodo);

sono state introdotte per tali elementi, 21 eccezioni al fine di non considerarli nel calcolo ed ottenere un valore non nullo dell'indicatore di rischio sismico.

Tali nodi rappresentano comunque elementi di criticità sui quali intervenire, in via prioritaria, con interventi di miglioramento o adeguamento sismico.

12 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Nel dettaglio, considerato che 5 di tali nodi appartengono ai telai di fondazione del corpo palestra e che questi sono nodi posti praticamente a pavimento, si ritiene superfluo intervenire su di essi.

Pertanto, in tali condizioni, gli interventi prioritari sono relativi al confinamento di 16 nodi, che permetterebbero al sistema strutturale di raggiungere un indicatore di rischio sismico $> \zeta_{0,6}$.

Calangianus, lì 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SU BEAM E SHELL

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell							
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO			
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]	
Piano semiterrato							
Pilastro 8	0.00 %	0,307	200	0.00 %	0,227	200	
Pilastro 24	0.00 %	0,367	200	0.00 %	0,310	200	
Pilastro 1	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,305	200	
Pilastro 9	0.00 %	0,452	200	0.00 %	0,786	200	
Pilastro 18	0.00 %	1,545	200	0.00 %	0,164	200	
Pilastro 19	0.00 %	1,494	200	0.00 %	0,160	200	
Pilastro 21	0.00 %	1,239	200	0.00 %	0,153	200	
Pilastro 22	0.00 %	1,370	200	0.00 %	0,158	200	
Pilastro 23	0.00 %	1,391	200	0.00 %	0,164	200	
Pilastro 7	0.00 %	1,449	200	0.00 %	0,197	200	
Pilastro 6	0.00 %	1,587	200	0.00 %	0,195	200	
Pilastro 5	0.00 %	1,537	200	0.00 %	0,191	200	
Pilastro 4	0.00 %	1,219	200	0.00 %	0,154	200	
Pilastro 3	0.00 %	1,664	200	0.00 %	0,197	200	
Pilastro 2	0.00 %	1,491	200	0.00 %	0,172	200	
Pilastro 27	0.00 %	0,327	200	0.00 %	0,301	200	
Pilastro 26	0.00 %	0,877	200	0.00 %	0,375	200	
Pilastro 25	0.00 %	0,297	200	0.00 %	0,298	200	
Pilastro 20	0.00 %	1,291	200	0.00 %	0,153	200	
Pilastro 17	0.00 %	0,582	200	0.00 %	0,300	200	
Pilastro 16	0.00 %	0,498	200	0.00 %	0,682	200	
Pilastro 10	0.00 %	0,286	200	0.00 %	0,769	200	
Pilastro 11	0.00 %	0,322	200	0.00 %	0,731	200	
Pilastro 12	0.00 %	0,372	200	0.00 %	0,733	200	
Pilastro 13	0.00 %	0,370	200	0.00 %	0,695	200	
Pilastro 14	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,700	200	
Pilastro 15	0.00 %	0,316	200	0.00 %	0,716	200	
Trave 16-24	12.50 %	0,134	200	37.50 %	0,814	200	
Trave 7-8	87.50 %	0,067	101	62.50 %	0,145	200	
Trave 1-2	75.00 %	0,050	75	62.50 %	0,140	200	
Trave 5-6	25.00 %	0,059	89	37.50 %	0,158	200	
Trave 6-7	25.00 %	0,049	73	37.50 %	0,146	200	
Trave 4-5	12.50 %	0,052	78	37.50 %	0,152	200	
Trave 3-4	75.00 %	0,042	63	62.50 %	0,121	181	
Trave 2-3	25.00 %	0,067	101	50.00 %	0,137	200	
Trave 1-9	75.00 %	0,115	172	62.50 %	0,352	200	
Trave 23-24	12.50 %	0,068	103	37.50 %	0,155	200	
Trave 20-21	87.50 %	0,050	75	62.50 %	0,135	200	
Trave 22-23	12.50 %	0,083	124	37.50 %	0,155	200	
Trave 17-18	75.00 %	0,056	84	62.50 %	0,090	135	
Trave 18-19	75.00 %	0,074	111	62.50 %	0,091	136	
Trave 21-22	87.50 %	0,095	142	37.50 %	0,156	200	
Trave 19-20	87.50 %	0,068	102	37.50 %	0,102	153	
Trave 15-23	12.50 %	0,133	200	75.00 %	0,647	200	
Trave 14-22	12.50 %	0,139	200	75.00 %	0,673	200	
Trave 13-21	12.50 %	0,138	200	75.00 %	0,709	200	
Trave 12-20	87.50 %	0,088	133	62.50 %	0,857	200	
Trave 11-19	37.50 %	0,113	170	75.00 %	0,758	200	
Trave 10-18	37.50 %	0,107	161	75.00 %	0,758	200	
Trave 20-27	87.50 %	0,049	73	37.50 %	1,516	200	
Trave 17-25	87.50 %	0,050	75	25.00 %	1,674	200	
Trave 25-26	75.00 %	0,050	75	62.50 %	0,401	200	
Trave 8-16	87.50 %	0,131	196	75.00 %	0,613	200	
Trave 26-27	25.00 %	0,052	78	37.50 %	0,364	200	
Trave 9-17	87.50 %	0,065	98	25.00 %	0,792	200	
Trave 7-15	87.50 %	0,129	193	75.00 %	0,642	200	
Trave 6-14	87.50 %	0,133	199	75.00 %	0,688	200	
Trave 5-13	87.50 %	0,137	200	75.00 %	0,719	200	
Trave 4-12	25.00 %	0,114	171	37.50 %	0,438	200	
Trave 3-11	87.50 %	0,145	200	75.00 %	0,829	200	
Trave 2-10	87.50 %	0,144	200	75.00 %	0,743	200	
Piano Terra							
Pilastro 8	0.00 %	0,165	200	0.00 %	0,583	200	
Pilastro 24	0.00 %	0,191	200	0.00 %	0,575	200	
Pilastro 1	0.00 %	0,128	192	0.00 %	0,379	200	
Pilastro 9	0.00 %	0,560	200	0.00 %	1,436	200	
Pilastro 18	0.00 %	0,250	200	0.00 %	0,118	178	
Pilastro 19	0.00 %	0,247	200	0.00 %	0,118	177	
Pilastro 21	0.00 %	0,478	200	0.00 %	0,383	200	
Pilastro 22	0.00 %	0,442	200	0.00 %	0,405	200	
Pilastro 23	0.00 %	0,434	200	0.00 %	0,426	200	
Pilastro 6	0.00 %	0,379	200	0.00 %	0,369	200	
Pilastro 4	0.00 %	0,361	200	0.00 %	0,362	200	

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 3	0.00 %	0,365	200	0.00 %	0,282	200
Pilastro 2	0.00 %	0,418	200	0.00 %	0,289	200
Pilastro 20	0.00 %	0,255	200	0.00 %	0,127	190
Pilastro 17	0.00 %	0,095	143	0.00 %	0,177	200
Pilastro 7	0.00 %	0,378	200	0.00 %	0,365	200
Pilastro 5	0.00 %	0,384	200	0.00 %	0,366	200
Pilastro 16	0.00 %	0,298	200	0.00 %	1,400	200
Pilastro 27	0.00 %	0,081	122	0.00 %	0,246	200
Pilastro 26	0.00 %	0,116	174	0.00 %	0,183	200
Pilastro 25	0.00 %	0,083	124	0.00 %	0,240	200
Trave 20-27	75.00 %	0,181	200	87.50 %	2,884	200
Trave 17-25	75.00 %	0,257	200	87.50 %	1,435	200
Trave 25-26	75.00 %	0,050	75	75.00 %	0,397	200
Trave 26-27	25.00 %	0,053	79	37.50 %	0,393	200
Trave 16-24	75.00 %	0,190	200	12.50 %	2,076	200
Trave 19-20	25.00 %	0,087	130	75.00 %	0,117	176
Trave 17-18	87.50 %	0,089	133	25.00 %	0,122	183
Trave 18-19	75.00 %	0,080	120	75.00 %	0,111	166
Trave 9-17	87.50 %	0,361	200	12.50 %	3,075	200
Trave 8-16	25.00 %	0,142	200	75.00 %	1,815	200
Trave 1-9	12.50 %	0,277	200	75.00 %	2,358	200
Piano Copertura						
Pilastro 17	0.00 %	0,115	172	0.00 %	0,297	200
Pilastro 6	0.00 %	0,338	200	0.00 %	0,405	200
Pilastro 4	0.00 %	0,366	200	0.00 %	0,397	200
Pilastro 3	0.00 %	0,316	200	0.00 %	0,303	200
Pilastro 2	0.00 %	0,363	200	0.00 %	0,311	200
Pilastro 7	0.00 %	0,331	200	0.00 %	0,401	200
Pilastro 5	0.00 %	0,347	200	0.00 %	0,401	200
Pilastro 9	0.00 %	1,048	200	0.00 %	1,345	200
Pilastro 16	0.00 %	1,055	200	0.00 %	1,313	200
Pilastro 9	0.00 %	0,649	200	0.00 %	1,814	200
Pilastro 18	0.00 %	0,378	200	0.00 %	0,333	200
Pilastro 19	0.00 %	0,355	200	0.00 %	0,358	200
Pilastro 21	0.00 %	0,389	200	0.00 %	0,423	200
Pilastro 22	0.00 %	0,355	200	0.00 %	0,450	200
Pilastro 23	0.00 %	0,353	200	0.00 %	0,456	200
Pilastro 16	0.00 %	0,373	200	0.00 %	1,400	200
Pilastro 1	0.00 %	0,133	200	0.00 %	0,248	200
Pilastro 24	0.00 %	0,195	200	0.00 %	0,273	200
Pilastro 20	0.00 %	0,285	200	0.00 %	0,198	200
Pilastro 8	0.00 %	0,130	195	0.00 %	0,233	200
Pilastro 1	0.00 %	0,142	200	0.00 %	0,400	200
Pilastro 8	0.00 %	0,337	200	0.00 %	0,634	200
Pilastro 24	0.00 %	0,259	200	0.00 %	0,625	200
Trave 2-3	87.50 %	0,063	95	62.50 %	0,194	200
Trave 23-24	25.00 %	0,124	185	50.00 %	0,357	200
Trave 20-21	75.00 %	0,063	95	50.00 %	0,243	200
Trave 22-23	25.00 %	0,062	93	50.00 %	0,250	200
Trave 21-22	25.00 %	0,103	154	50.00 %	0,287	200
Trave 2a-19	87.50 %	0,305	200	37.50 %	1,163	200
Trave 1a-18	87.50 %	0,347	200	37.50 %	1,339	200
Trave 1-2	75.00 %	0,056	84	50.00 %	0,318	200
Trave 19-20	62.50 %	0,096	144	62.50 %	0,266	200
Trave 7-8	87.50 %	0,103	154	75.00 %	0,222	200
Trave 17-18	37.50 %	0,124	185	37.50 %	0,499	200
Trave 18-19	37.50 %	0,096	144	62.50 %	0,271	200
Trave 20-27	25.00 %	0,391	200	87.50 %	2,828	200
Trave 17-25	75.00 %	0,497	200	25.00 %	3,107	200
Trave 9-17	25.00 %	0,375	200	25.00 %	1,347	200
Trave 6a-23	87.50 %	0,249	200	37.50 %	0,720	200
Trave 5a-22	87.50 %	0,246	200	37.50 %	0,807	200
Trave 4a-21	87.50 %	0,247	200	37.50 %	0,922	200
Trave 16-24	25.00 %	0,232	200	25.00 %	0,905	200
Trave 3a-20	87.50 %	0,277	200	37.50 %	1,209	200
Trave 6-7	25.00 %	0,105	157	25.00 %	0,232	200
Trave 5-6	25.00 %	0,111	167	25.00 %	0,232	200
Trave 4-5	12.50 %	0,092	138	25.00 %	0,268	200
Trave 3-4	12.50 %	0,132	198	62.50 %	0,292	200
Trave 8-16	25.00 %	0,189	200	75.00 %	0,744	200
Trave 1-9	25.00 %	0,262	200	75.00 %	0,842	200
Trave 6-5a	12.50 %	0,255	200	62.50 %	0,984	200
Trave 7-6a	12.50 %	0,261	200	62.50 %	0,882	200
Trave 5-4a	12.50 %	0,253	200	62.50 %	1,056	200
Trave 3-2a	12.50 %	0,273	200	62.50 %	1,200	200
Trave 2-1a	12.50 %	0,293	200	62.50 %	1,079	200
Trave 4-3a	12.50 %	0,264	200	62.50 %	1,112	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

%LLI/Shell Nel caso di elementi Beam: %LLI = Posizione della sezione per la quale si registra la minima PGA, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione dell'elemento (LLI), a partire dal suo estremo iniziale (0% = estremo iniziale, 100% = estremo finale).
Nel caso di elementi Shell: Shell = identificativo dei nodi della shell per la quale si registra la minima PGA.

PGA_{PF/RC} Accelerazione sismica di collasso per PRESSOFLESSIONE o FLESSIONE/ROTAZIONE ALLA CORDA. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

N.B.: per gli elementi beam (travi e pilastri), nel caso di calcolo Non Lineare, la PGA è quella relativa al meccanismo di collasso per verifica di rotazione alla corda.

PGA_T Accelerazione sismica di collasso per TAGLIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SUI NODI

Id _{Nd}	Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi	
	PGA _{Conf}	PGA _C /PGA _D [%]
Nodo 2	0,069	103
Nodo 4	0,101	151
Nodo 6	0,083	124
Nodo 8	0,159	200
Nodo 10	0,060	90
Nodo 12	0,061	92
Nodo 14	0,063	95
Nodo 16	0,074	112
Nodo 18	0,074	111
Nodo 20	0,068	103
Nodo 22	0,073	110
Nodo 24	0,068	102
Nodo 26	0,064	96
Nodo 28	0,068	102
Nodo 30	0,069	104
Nodo 32	0,061	91
Nodo 34	0,056	84
Nodo 36	0,045	68
Nodo 37	0,059	89
Nodo 38	0,076	113
Nodo 51	0,180	200
Nodo 55	0,000	0
Nodo 56	0,010	15
Nodo 57	0,015	23
Nodo 64	0,057	86
Nodo 65	0,099	149
Nodo 68	0,000	0
Nodo 69	0,000	0
Nodo 70	0,000	0
Nodo 71	0,000	0
Nodo 72	0,000	0
Nodo 73	0,000	0
Nodo 74	0,077	115
Nodo 75	0,084	127
Nodo 76	0,250	200
Nodo 77	0,249	200
Nodo 78	0,000	0
Nodo 79	0,000	0
Nodo 80	0,000	0
Nodo 81	0,000	0
Nodo 82	0,000	0
Nodo 83	0,060	90
Nodo 84	0,222	200
Nodo 85	0,000	0
Nodo 86	0,000	0
Nodo 87	0,000	0
Nodo 88	0,000	0
Nodo 89	0,000	0
Nodo 90	0,000	0
Nodo 91	0,000	0
Nodo 92	0,097	145
Nodo 93	0,630	200
Nodo 94	0,675	200
Nodo 95	0,045	68
Nodo 96	1,304	200
Nodo 97	1,294	200
Nodo 98	0,436	200

LEGENDA:

- Id_{Nd}** Identificativo del nodo strutturale su cui viene eseguita la verifica a confinamento.
- PGA_{Conf}** Accelerazione sismica di collasso per ROTTURA a confinamento del Nodo. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_s \cdot S_T \cdot a_g / g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Carico Limite

Id _{Elm}	PGA _{Ql}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione		
Plinto 1	0,394	200
Plinto 2	0,485	200
Plinto 3	0,212	200
Plinto 4	0,453	200
Plinto 5	0,189	200
Plinto 6	0,188	200
Plinto 7	0,202	200
Plinto 8	0,190	200
Plinto 24	0,400	200
Plinto 18	0,432	200
Plinto 9	0,367	200
Plinto 27	0,390	200
Plinto 26	0,319	200
Plinto 25	0,353	200
Plinto 16	0,380	200
Plinto 17	0,324	200
Plinto 19	0,443	200
Plinto 20	0,461	200
Plinto 21	0,483	200
Plinto 22	0,534	200
Plinto 23	0,541	200
Plinto 10	0,327	200
Plinto 11	0,324	200
Plinto 12	0,311	200
Plinto 13	0,309	200
Plinto 14	0,321	200
Plinto 15	0,326	200

LEGENDA:

- Id_{Elm}** Identificativo dell'elemento strutturale.
- PGA_{Ql}** Accelerazione sismica di collasso per CAPACITA' LIMITE del TERRENO di FONDAZIONE. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER SPOSTAMENTI INTERPIANO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Spostamenti Interpiano

Id _{Piano}	SLD		SLO	
	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione				
Piano semiterrato				
Piano semiterrato	0,222	200	0,403	200
Piano Terra				
Piano Terra	0,116	200	0,194	200
Piano Copertura				
Piano Copertura	0,159	200	0,412	200

LEGENDA:

Id_{Piano} Identificativo del livello o piano.

PGA_{Int} Accelerazione sismica di collasso minima per SPOSTAMENTO D'INTERPIANO. [NS] = Non significativo per valori di PGA_{Int} >= 1000.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

ELABORATI GRAFICI SINTETICI

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE
CORPO 1

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus 15/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 CALANGIANUS
079660268 - stm.stm@tiscali.it

PREMESSA

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel § 10.2 delle NTC. Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

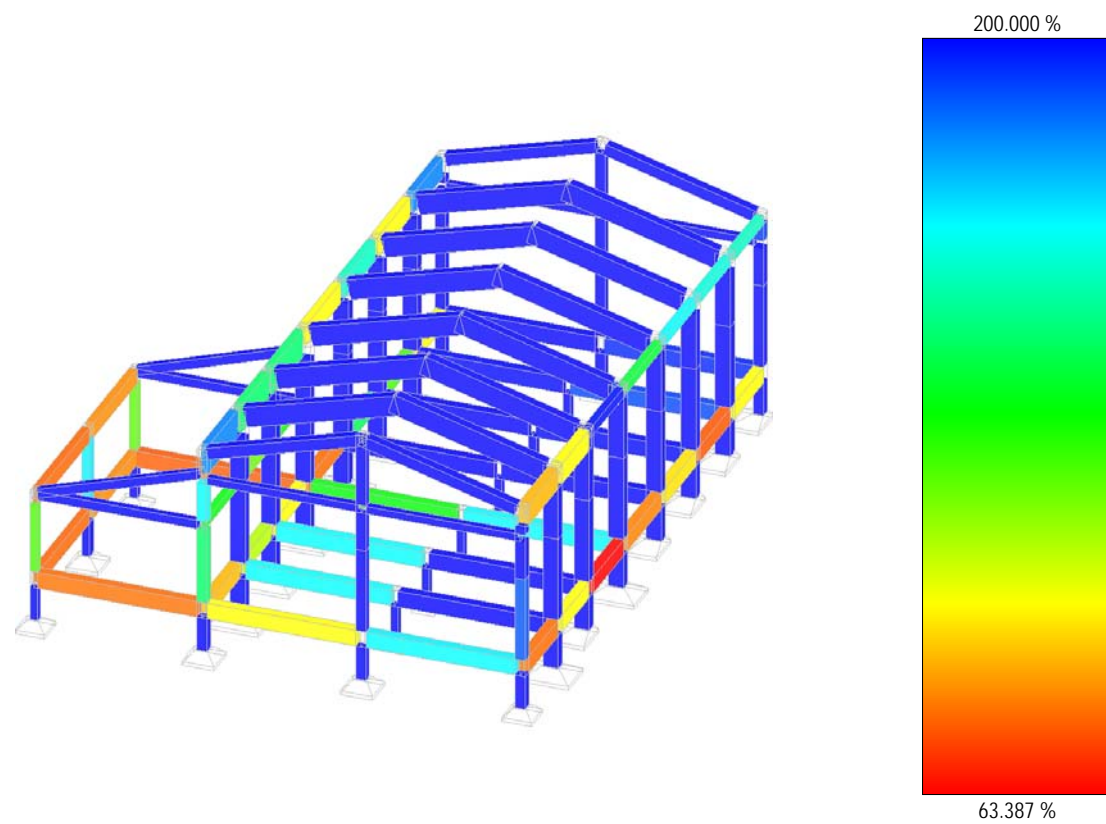
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

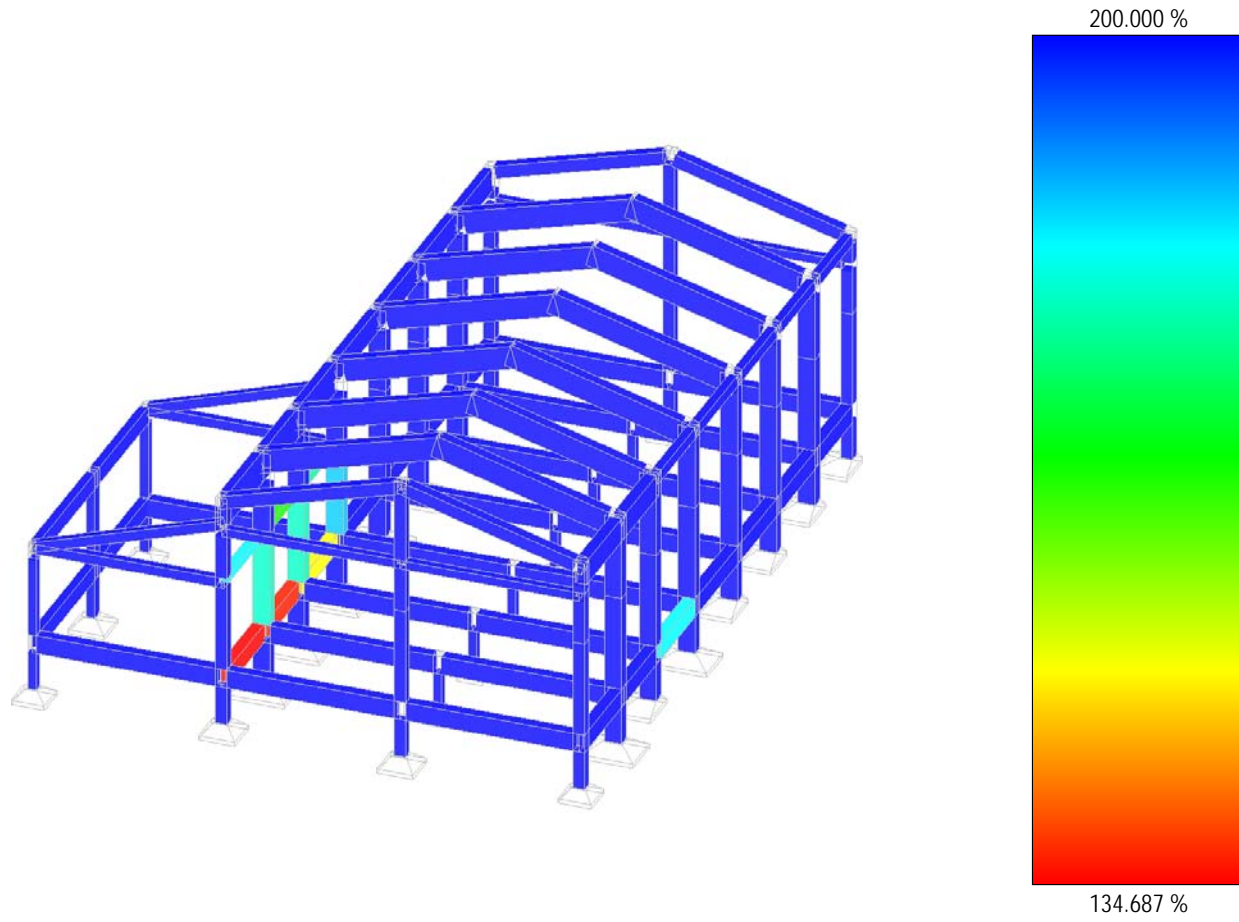
Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

Accelerazione di Collasso



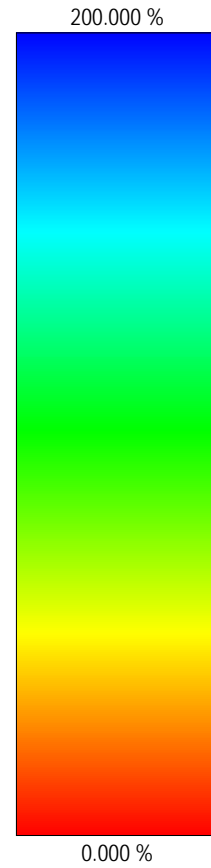
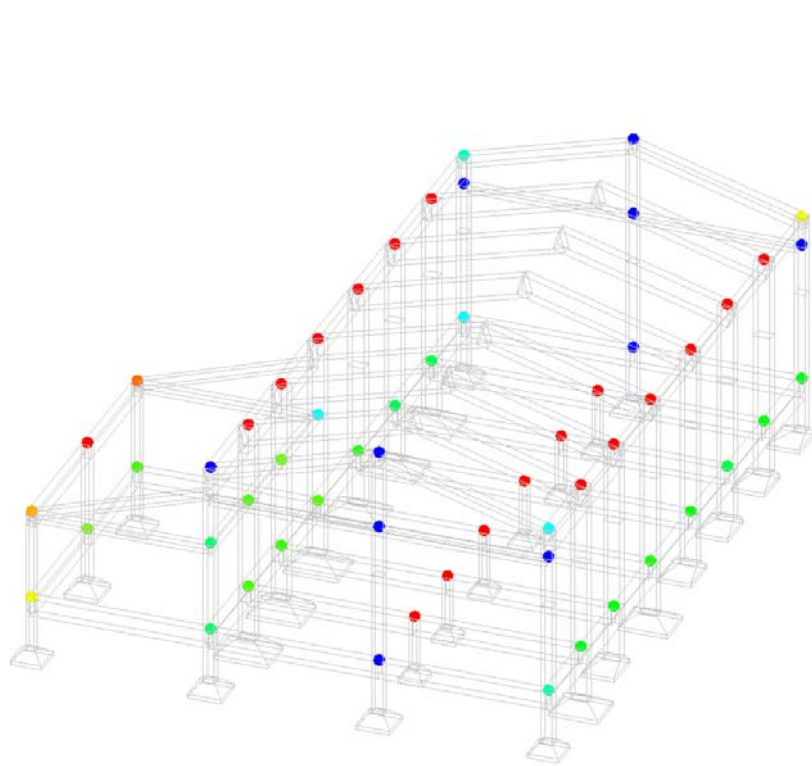
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Flessione o Pressoflessione

Accelerazione di Collasso



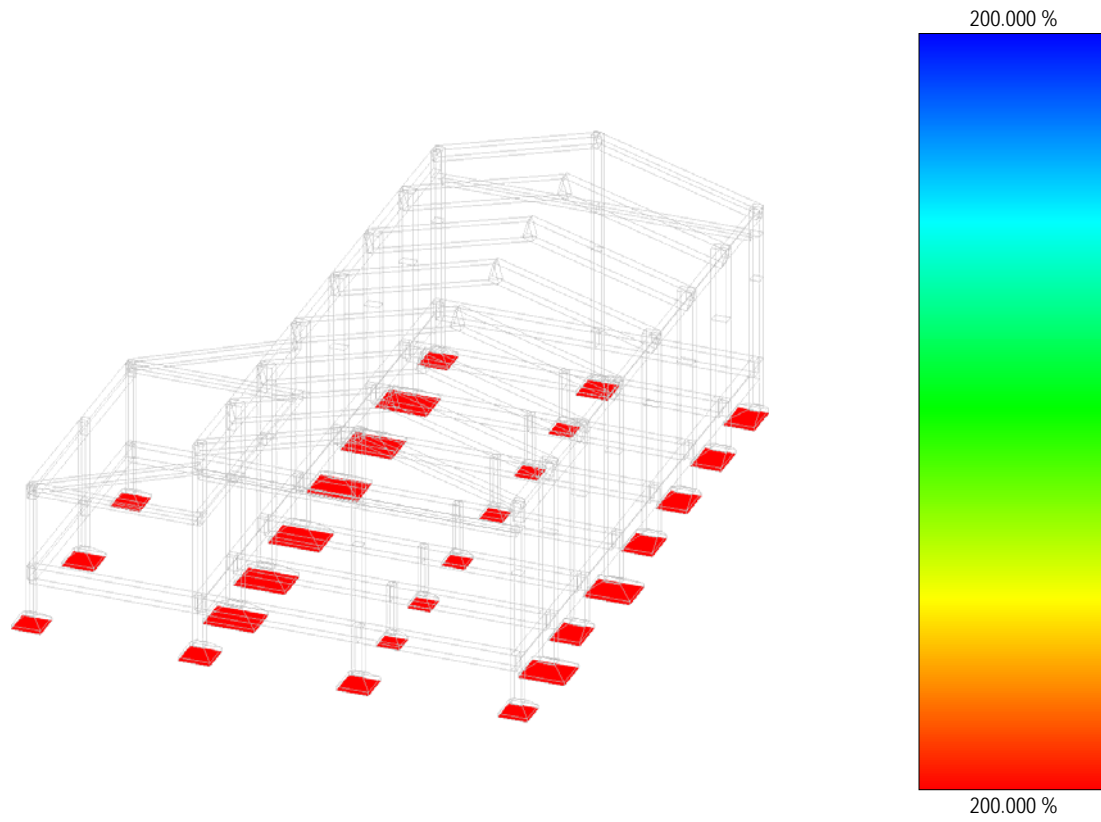
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Taglio

Accelerazione di Collasso



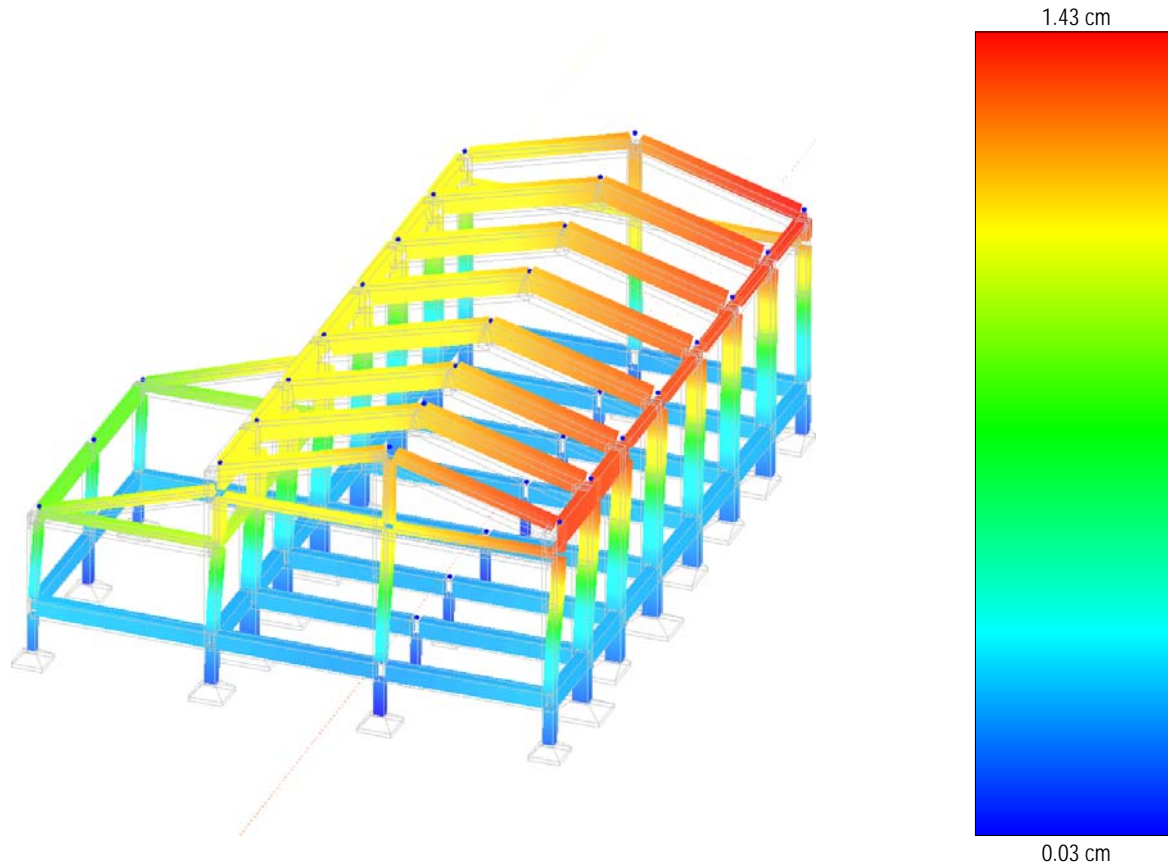
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Rottura del Nodo

Accelerazione di Collasso



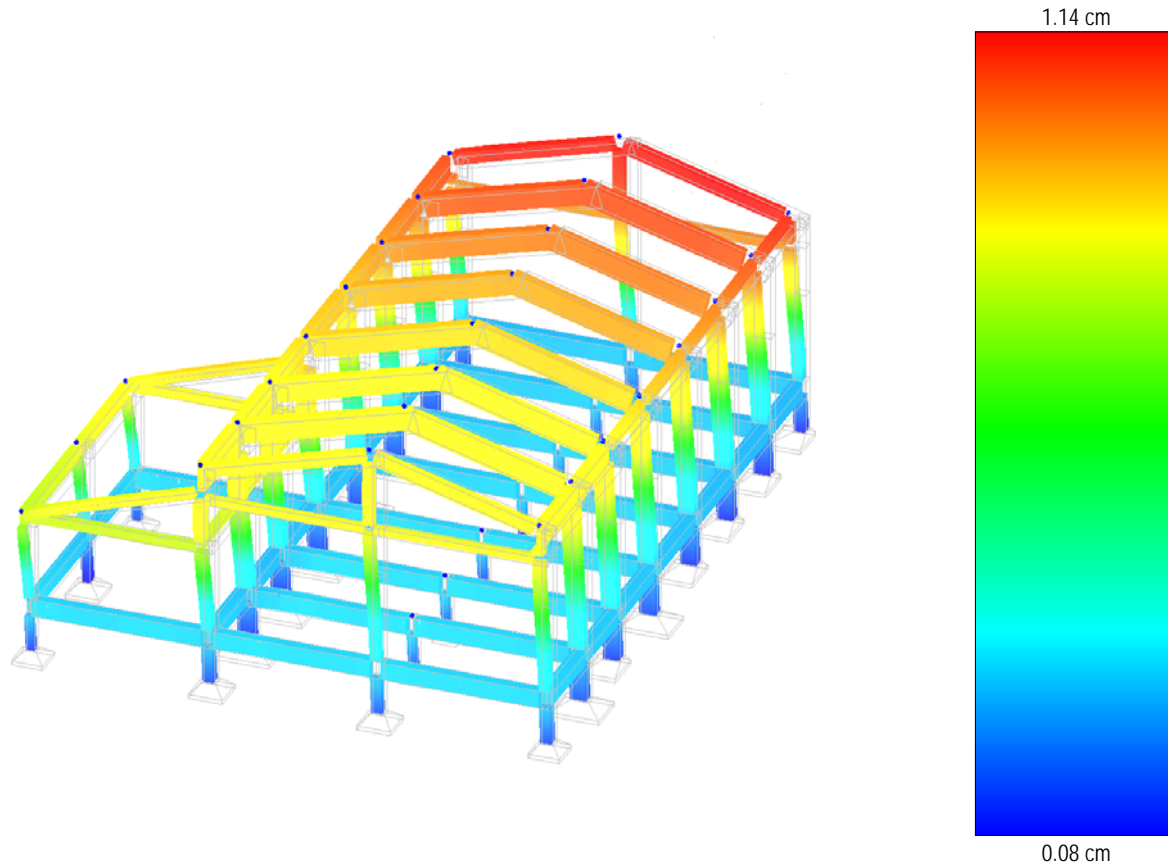
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Carico Limite Terreno

Spostamenti



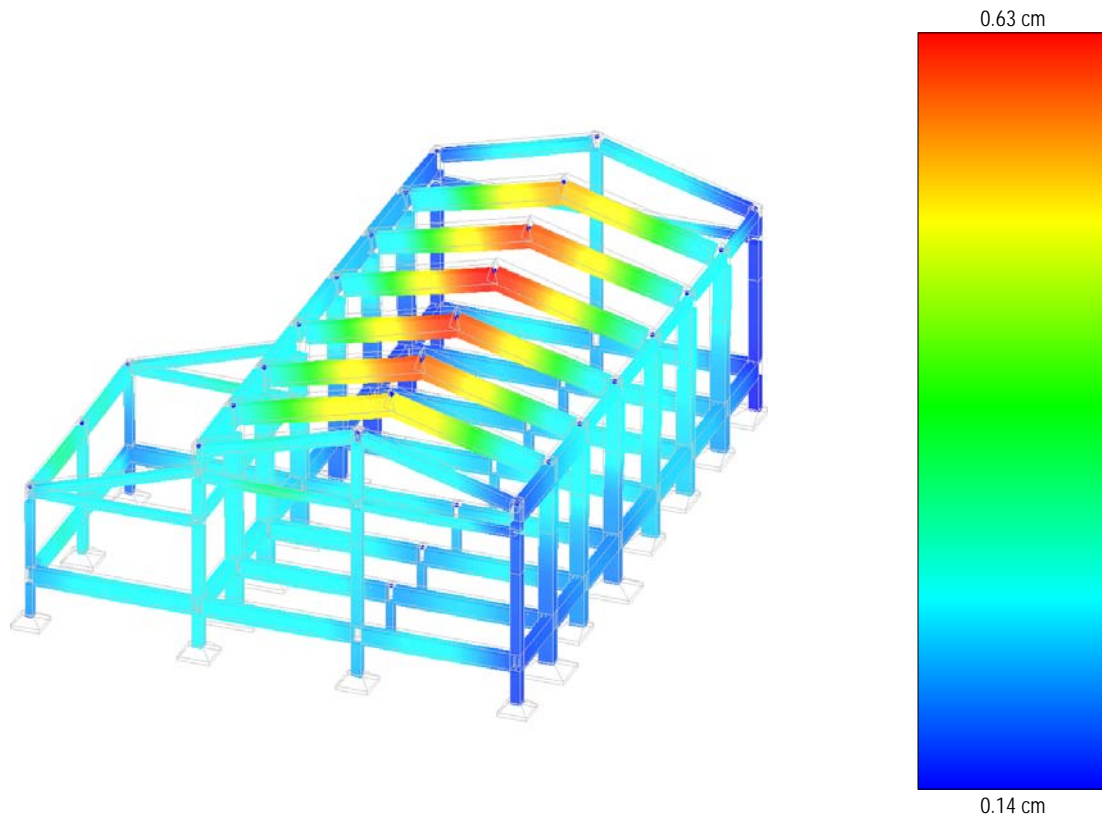
Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: X
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: Y
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per carichi statici
CONDIZIONI di CARICO
Carico Permanente
Permanenti NON Strutturali
Scuole
Coperture accessibili solo per manutenzione
Coperture praticabili (Cat. A)
Carico da Neve ≤ 1000 m s.l.m.
Pressione del Vento (+X)
Pressione del Vento (-X)
Pressione del Vento (+Y)
Pressione del Vento (-Y)

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**SCHEDA DI VULNERABILITÀ
SISMICA**

OGGETTO: SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA
CORPO 2

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus, 18/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis - Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l.
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 - Calangianus
079 660268 - stm.stm@tiscali.it



1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.174444	8.921389	B	T1	1.00

LEGENDA: Edificio

V_N	Vita nominale dell'edificio
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g /g	F ₀	Parametri di pericolosità sismica					
			T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	S _s
SLO	0.0224	2.658	0.291	1.41	0.137	0.410	1.690	1.20
SLD	0.0279	2.704	0.303	1.40	0.141	0.424	1.711	1.20
SLV	0.0556	2.936	0.358	1.35	0.161	0.483	1.822	1.20
SLC	0.0662	3.027	0.384	1.33	0.171	0.512	1.865	1.20

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a_g	Accelerazione di picco al suolo.
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.
C_c	Coefficienti di amplificazione di T* _c .
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
Cemento Armato Esistente a	X		Regolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	<u>Cemento armato</u> : Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; <u>Muratura</u> : Un solo piano - Più di un piano; <u>Acciaio</u> : Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La distribuzione di masse e rigidzze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidzza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4		NO
Ciascun orizzontamento ha una rigidzza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidzza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione		SI
REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA		
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio		SI
Massa e rigidzza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidzza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidzza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base		NO

Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti

SI

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento

SI

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.

Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N	n Ac
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Clis C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25 000	0,000010	31 447	13 103	60	F	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [$E_{sisma} = E \cdot C_{Erid}$].

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.

R_{cm} Resistenza media cubica.

%R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.

γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.

f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.

f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.

f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.

n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	Stz	Caratteristiche acciaio										
						f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCnt Cnt	
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	F	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Caratteristiche acciaio

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}	NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

$f_{yd,1}$ Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
 $f_{yd,2}$ Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	11,21
		Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

7 - METODO DI ANALISI

Metodo di analisi

Analisi	Fattore di comportamento q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Statica lineare con fattore di struttura q	2.204	2.204

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
Fattore di comportamento q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.0283	50
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.1570	>2475
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.1929	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0138	19
SLV	Taglio	CA	0.1020	>2475
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0268	45

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se PGA_c=0 -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se PGA_c=NS -> Non significativo per valori di PGA_c >= 1000.
T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_c/PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.

9 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	PGA _D [a _g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0269	45
SLD	0.0334	75
SLV	0.0667	712
SLC	0.0794	1462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

10 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	Indicatori di rischio sismico		
	ζ_E (α_{PGA})	α_{TR}	
SLO	5.842	6.506	
SLD	0.845	0.847	
SLV	0.207 ¹	0.226	

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
ζ_E (α_{PGA})	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla. N.B. ζ_E : simbologia NTC18; α_{PGA} : simbologia NTC08.
α_{TR}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

¹ Al fine di permettere un'analisi di dettaglio degli interventi di miglioramento/adequamento, considerato che nel calcolo di verifica dell'indicatore di rischio sismico, sono presenti le seguenti criticità (cfr. schede accelerazioni sismiche di collasso):

- n. 28 nodi con valore nullo della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
 - n. 4 nodi con valore basso della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
 - n. 1 trave con valore nullo della $PGA_{PF/RC}$ (presso-flessione);
 - n. 2 travi con valore basso della $PGA_{PF/RC}$ (presso-flessione);
 - n. 1 pilastro con valore nullo della $PGA_{PF/RC}$ (presso-flessione);
- sono state introdotte per tali elementi (nodi e beam), 36 eccezioni al fine di non considerarli nel calcolo ed ottenere un valore non nullo dell'indicatore di rischio sismico.

Tali elementi (nodi e beam) rappresentano comunque elementi di potenziale criticità sui quali intervenire, in via prioritaria, con interventi di miglioramento o adeguamento sismico.

12 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Nel dettaglio, considerato che le 3 travi con valore basso o nullo della $PGA_{PF/RC}$ (presso-flessione) sono in corrispondenza di altrettanti pannelli murari di tamponamento privi di bucatore, il cui contributo a favore della sicurezza non viene tenuto in conto nel calcolo, le eccezioni introdotte per tali elementi possono essere considerate congrue imponendo il mantenimento delle suddette tamponature e vietandone la trasformazione con introduzione di bucatore o altri rimaneggiamenti.

Inoltre, per quanto riguarda le criticità relative ai nodi, si possono fare le seguenti considerazioni:

- dei suddetti 32 nodi critici, 6 risultano in corrispondenza di travi di copertura con sottostante tamponatura tozza priva di bucatore;
- 9 nodi risultano in corrispondenza del solaio di calpestio del piano terra con sottostante muratura portante (non inserita nel calcolo);
- 1 nodo è in corrispondenza di pareti tamponate cieche;

Pertanto, in tali condizioni, gli interventi prioritari sono relativi al confinamento di 16 nodi, ed al miglioramento sismico di 3 travi e 1 pilastro.

Gli **ulteriori interventi di miglioramento** che permetterebbero al sistema strutturale di raggiungere un indicatore di rischio sismico $\zeta_E \geq 0,6$ saranno da porre in atto sui seguenti elementi strutturali:

- n. 29 travi e pilastri da rinforzare per le sollecitazioni di presso-flessione;
- n. 18 nodi da confinare.

Il complesso di tali interventi permetterebbero di raggiungere un valore dell'indicatore di rischio sismico $\zeta_E = 0,61$.

Calangianus, lì 18/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SU BEAM E SHELL

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell							
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO			
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]	
Piano semiterrato							
Pilastro 1	0.00 %	0,232	200	0.00 %	0,139	200	
Pilastro 7	0.00 %	0,370	200	0.00 %	0,169	200	
Pilastro 15	0.00 %	0,328	200	0.00 %	0,209	200	
Pilastro 17	0.00 %	0,221	200	0.00 %	0,111	167	
Pilastro 19	0.00 %	0,222	200	0.00 %	0,124	186	
Pilastro 21	0.00 %	0,378	200	0.00 %	0,182	200	
Pilastro 14	0.00 %	0,253	200	0.00 %	0,589	200	
Pilastro 13	0.00 %	0,445	200	0.00 %	0,251	200	
Pilastro 12	0.00 %	0,420	200	0.00 %	0,141	200	
Pilastro 6	0.00 %	0,389	200	0.00 %	0,216	200	
Pilastro 4	0.00 %	0,369	200	0.00 %	0,147	200	
Pilastro 3	0.00 %	0,384	200	0.00 %	0,168	200	
Pilastro 2	0.00 %	0,396	200	0.00 %	0,155	200	
Pilastro 8	0.00 %	0,377	200	0.00 %	0,142	200	
Pilastro 9	0.00 %	0,386	200	0.00 %	0,160	200	
Pilastro 10	0.00 %	0,370	200	0.00 %	0,144	200	
Pilastro 11	0.00 %	0,401	200	0.00 %	0,152	200	
Pilastro 26	0.00 %	0,426	200	0.00 %	0,149	200	
Pilastro 27	0.00 %	0,449	200	0.00 %	0,150	200	
Pilastro 22	0.00 %	0,387	200	0.00 %	0,124	185	
Pilastro 23	0.00 %	0,453	200	0.00 %	0,130	194	
Pilastro 28	0.00 %	0,302	200	0.00 %	0,155	200	
Pilastro 29	0.00 %	0,458	200	0.00 %	0,178	200	
Pilastro 18	0.00 %	0,290	200	0.00 %	0,110	165	
Pilastro 24	0.00 %	0,144	200	0.00 %	0,670	200	
Pilastro 16	0.00 %	0,227	200	0.00 %	0,102	153	
Pilastro 30	0.00 %	0,270	200	0.00 %	0,183	200	
Pilastro 31	0.00 %	0,247	200	0.00 %	0,185	200	
Pilastro 32	0.00 %	0,231	200	0.00 %	0,302	200	
Pilastro 33	0.00 %	0,131	197	0.00 %	0,253	200	
Pilastro 34	0.00 %	0,205	200	0.00 %	0,325	200	
Pilastro 36	0.00 %	0,439	200	0.00 %	0,363	200	
Pilastro 35	0.00 %	0,134	200	0.00 %	0,369	200	
Pilastro 37	0.00 %	0,143	200	0.00 %	0,407	200	
Pilastro 38	0.00 %	0,129	193	0.00 %	0,429	200	
Pilastro 39	0.00 %	0,101	151	0.00 %	0,356	200	
Pilastro 20	0.00 %	0,238	200	0.00 %	0,126	189	
Pilastro 5	0.00 %	0,395	200	0.00 %	0,176	200	
Pilastro 25	0.00 %	0,088	133	0.00 %	0,759	200	
Trave 20-21	87.50 %	0,071	106	50.00 %	0,300	200	
Trave 17-18	75.00 %	0,057	86	62.50 %	0,217	200	
Trave 18-19	25.00 %	0,094	141	50.00 %	0,270	200	
Trave 16-17	75.00 %	0,112	169	50.00 %	0,235	200	
Trave 5-6	87.50 %	0,074	111	50.00 %	0,132	198	
Trave 3-4	75.00 %	0,053	79	50.00 %	0,147	200	
Trave 2-3	25.00 %	0,060	90	50.00 %	0,278	200	
Trave 14-21	25.00 %	0,048	72	37.50 %	0,468	200	
Trave 13-14	75.00 %	0,038	57	62.50 %	0,302	200	
Trave 7-15	0.00 %	0,023	35	25.00 %	0,610	200	
Trave 1-7	0.00 %	0,000	0	25.00 %	0,520	200	
Trave 6-12	12.50 %	0,082	123	25.00 %	0,495	200	
Trave 7-8	75.00 %	0,061	91	62.50 %	0,185	200	
Trave 12-13	87.50 %	0,021	31	50.00 %	0,213	200	
Trave 11-12	25.00 %	0,033	50	37.50 %	0,191	200	
Trave 8-9	75.00 %	0,039	59	37.50 %	0,183	200	
Trave 9-10	25.00 %	0,042	63	37.50 %	0,188	200	
Trave 10-11	75.00 %	0,042	63	62.50 %	0,186	200	
Trave 28-29	25.00 %	0,072	109	0.00 %	0,125	187	
Trave 26-27	25.00 %	0,073	109	0.00 %	0,115	172	
Trave 22-23	25.00 %	0,064	95	0.00 %	0,108	162	
Trave 16-22	75.00 %	0,029	44	75.00 %	0,906	200	
Trave 22-26	75.00 %	0,052	79	37.50 %	1,248	200	
Trave 26-28	75.00 %	0,048	71	62.50 %	0,670	200	
Trave 15-16	12.50 %	0,101	151	62.50 %	0,340	200	
Trave 29-31	25.00 %	0,039	59	37.50 %	1,141	200	
Trave 18-23	75.00 %	0,038	57	75.00 %	2,482	200	
Trave 23-27	75.00 %	0,050	74	62.50 %	2,627	200	
Trave 27-29	25.00 %	0,051	77	37.50 %	1,448	200	
Trave 28-30	25.00 %	0,047	70	37.50 %	0,690	200	
Trave 31-32	25.00 %	0,135	200	50.00 %	0,289	200	
Trave 30-31	87.50 %	0,056	84	62.50 %	0,510	200	
Trave 30-35	25.00 %	0,034	51	62.50 %	0,560	200	
Trave 32-33	37.50 %	0,113	169	50.00 %	0,301	200	

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell						
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D
			[%]			[%]
Trave 33-34	37.50 %	0,084	126	50.00 %	0,306	200
Trave 38-39	87.50 %	0,122	183	62.50 %	0,363	200
Trave 35-36	75.00 %	0,053	80	62.50 %	0,817	200
Trave 36-37	87.50 %	0,145	200	62.50 %	0,357	200
Trave 37-38	37.50 %	0,129	194	37.50 %	0,337	200
Trave 34-39	75.00 %	0,030	46	62.50 %	0,409	200
Trave 31-36	75.00 %	0,034	52	62.50 %	2,701	200
Trave 19-20	25.00 %	0,053	79	37.50 %	0,254	200
Trave 4-5	12.50 %	0,069	103	50.00 %	0,139	200
Trave 1-2	75.00 %	0,043	65	37.50 %	0,313	200
Piano Terra						
Pilastro 1	0.00 %	0,087	131	0.00 %	0,150	200
Pilastro 7	0.00 %	0,090	134	0.00 %	0,167	200
Pilastro 15	0.00 %	0,114	170	0.00 %	0,212	200
Pilastro 17	0.00 %	0,138	200	0.00 %	0,132	197
Pilastro 19	0.00 %	0,169	200	0.00 %	0,199	200
Pilastro 21	0.00 %	0,078	117	0.00 %	0,222	200
Pilastro 14	0.00 %	0,062	93	0.00 %	0,677	200
Pilastro 13	0.00 %	0,074	110	0.00 %	0,170	200
Pilastro 12	0.00 %	0,102	153	0.00 %	0,103	154
Pilastro 6	0.00 %	0,089	134	0.00 %	0,151	200
Pilastro 4	0.00 %	0,113	169	0.00 %	0,132	198
Pilastro 3	0.00 %	0,107	160	0.00 %	0,132	198
Pilastro 2	0.00 %	0,116	174	0.00 %	0,137	200
Pilastro 8	0.00 %	0,115	173	0.00 %	0,104	155
Pilastro 9	0.00 %	0,124	185	0.00 %	0,106	159
Pilastro 10	0.00 %	0,126	190	0.00 %	0,107	161
Pilastro 11	0.00 %	0,132	198	0.00 %	0,109	163
Pilastro 26	0.00 %	0,037	55	0.00 %	0,223	200
Pilastro 27	0.00 %	0,039	58	0.00 %	0,224	200
Pilastro 22	0.00 %	0,038	57	0.00 %	0,195	200
Pilastro 23	0.00 %	0,048	71	0.00 %	0,205	200
Pilastro 28	0.00 %	0,036	55	0.00 %	0,254	200
Pilastro 29	0.00 %	0,040	60	0.00 %	0,260	200
Pilastro 25	0.00 %	0,061	91	0.00 %	0,775	200
Pilastro 18	0.00 %	0,122	183	0.00 %	0,130	195
Pilastro 24	0.00 %	0,150	200	0.00 %	0,683	200
Pilastro 16	0.00 %	0,123	184	0.00 %	0,137	200
Pilastro 30	0.00 %	0,036	54	0.00 %	0,281	200
Pilastro 31	0.00 %	0,045	68	0.00 %	0,236	200
Pilastro 32	0.00 %	0,097	146	0.00 %	0,318	200
Pilastro 33	0.00 %	0,093	139	0.00 %	0,324	200
Pilastro 34	0.00 %	0,052	78	0.00 %	0,334	200
Pilastro 36	0.00 %	0,052	78	0.00 %	0,443	200
Pilastro 35	0.00 %	0,021	31	0.00 %	0,347	200
Pilastro 37	0.00 %	0,115	173	0.00 %	0,481	200
Pilastro 38	0.00 %	0,126	190	0.00 %	0,511	200
Pilastro 39	0.00 %	0,045	67	0.00 %	0,531	200
Pilastro 20	0.00 %	0,173	200	0.00 %	0,205	200
Pilastro 5	0.00 %	0,110	165	0.00 %	0,137	200
Trave 20-21	87.50 %	0,055	82	50.00 %	0,263	200
Trave 17-18	75.00 %	0,053	80	62.50 %	0,197	200
Trave 18-19	25.00 %	0,081	121	50.00 %	0,237	200
Trave 16-17	75.00 %	0,109	164	50.00 %	0,216	200
Trave 5-6	12.50 %	0,066	100	50.00 %	0,137	200
Trave 3-4	75.00 %	0,079	119	50.00 %	0,153	200
Trave 2-3	25.00 %	0,062	93	50.00 %	0,285	200
Trave 14-21	25.00 %	0,015	22	37.50 %	0,839	200
Trave 13-14	75.00 %	0,015	23	62.50 %	0,322	200
Trave 7-15	0.00 %	0,001	2	25.00 %	0,639	200
Trave 1-7	0.00 %	0,007	11	37.50 %	0,621	200
Trave 6-12	75.00 %	0,041	61	25.00 %	0,567	200
Trave 7-8	75.00 %	0,055	83	62.50 %	0,161	200
Trave 13-12	12.50 %	0,014	21	50.00 %	0,189	200
Trave 11-12	25.00 %	0,028	43	37.50 %	0,168	200
Trave 8-9	75.00 %	0,036	54	37.50 %	0,160	200
Trave 9-10	75.00 %	0,040	59	37.50 %	0,163	200
Trave 10-11	25.00 %	0,039	58	37.50 %	0,163	200
Trave 28-29	25.00 %	0,054	81	37.50 %	0,323	200
Trave 26-27	75.00 %	0,055	82	62.50 %	0,302	200
Trave 22-23	75.00 %	0,054	80	62.50 %	0,550	200
Trave 16-22	75.00 %	0,029	44	75.00 %	1,539	200
Trave 22-26	75.00 %	0,059	88	37.50 %	2,265	200
Trave 26-28	25.00 %	0,050	74	62.50 %	1,260	200
Trave 15-16	75.00 %	0,086	129	62.50 %	0,318	200
Trave 29-31	25.00 %	0,026	39	37.50 %	2,362	200
Trave 18-23	75.00 %	0,035	53	75.00 %	6,212	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell						
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Trave 23-27	75.00 %	0,053	79	62.50 %	7,057	200
Trave 27-29	25.00 %	0,048	71	37.50 %	4,337	200
Trave 28-30	25.00 %	0,043	65	37.50 %	1,277	200
Trave 24-25	0.00 %	0,262	200	12.50 %	0,504	200
Trave 31-32	62.50 %	0,152	200	50.00 %	0,418	200
Trave 30-31	75.00 %	0,064	96	62.50 %	0,718	200
Trave 30-35	25.00 %	0,031	46	62.50 %	0,866	200
Trave 32-33	37.50 %	0,130	195	50.00 %	0,323	200
Trave 33-34	37.50 %	0,093	139	50.00 %	0,333	200
Trave 38-39	87.50 %	0,178	200	62.50 %	0,558	200
Trave 35-36	75.00 %	0,112	168	62.50 %	1,325	200
Trave 36-37	87.50 %	0,154	200	62.50 %	0,545	200
Trave 37-38	37.50 %	0,153	200	37.50 %	0,498	200
Trave 34-39	25.00 %	0,024	36	37.50 %	0,553	200
Trave 31-36	75.00 %	0,033	49	37.50 %	2,757	200
Trave 19-20	25.00 %	0,077	116	37.50 %	0,228	200
Trave 4-5	12.50 %	0,082	124	0.00 %	0,121	182
Trave 1-2	75.00 %	0,033	49	62.50 %	0,335	200
Trave 23-24	0.00 %	0,225	200	12.50 %	0,998	200
Trave 21-25	100.00 %	0,038	57	87.50 %	0,953	200
Piano primo						
Pilastro 1	0.00 %	0,050	74	0.00 %	0,203	200
Pilastro 7	0.00 %	0,030	45	0.00 %	0,208	200
Pilastro 15	0.00 %	0,049	74	0.00 %	0,195	200
Pilastro 21	0.00 %	0,043	64	0.00 %	0,201	200
Pilastro 14	0.00 %	0,034	52	0.00 %	0,906	200
Pilastro 13	0.00 %	0,045	67	0.00 %	0,211	200
Pilastro 12	0.00 %	0,064	96	0.00 %	0,132	198
Pilastro 6	0.00 %	0,069	104	0.00 %	0,218	200
Pilastro 4	0.00 %	0,120	181	0.00 %	0,186	200
Pilastro 3	0.00 %	0,116	174	0.00 %	0,186	200
Pilastro 2	0.00 %	0,124	186	0.00 %	0,195	200
Pilastro 8	0.00 %	0,090	135	0.00 %	0,132	198
Pilastro 9	0.00 %	0,102	154	0.00 %	0,134	200
Pilastro 10	0.00 %	0,104	156	0.00 %	0,137	200
Pilastro 11	0.00 %	0,106	160	0.00 %	0,138	200
Pilastro 18	0.00 %	0,083	124	0.00 %	0,188	200
Pilastro 16	0.00 %	0,068	102	0.00 %	0,196	200
Pilastro 5	0.00 %	0,129	193	0.00 %	0,196	200
Pilastro 19	0.00 %	0,095	142	0.00 %	0,183	200
Pilastro 20	0.00 %	0,095	142	0.00 %	0,188	200
Pilastro 17	0.00 %	0,097	145	0.00 %	0,191	200
Trave 20-21	87.50 %	0,085	127	50.00 %	0,431	200
Trave 5-6	87.50 %	0,145	200	50.00 %	0,290	200
Trave 3-4	75.00 %	0,121	182	50.00 %	0,244	200
Trave 2-3	25.00 %	0,108	162	50.00 %	0,484	200
Trave 14-21	25.00 %	0,022	34	37.50 %	0,575	200
Trave 13-14	75.00 %	0,017	25	62.50 %	0,619	200
Trave 7-15	0.00 %	0,021	32	25.00 %	1,192	200
Trave 1-7	0.00 %	0,012	17	62.50 %	1,097	200
Trave 6-12	75.00 %	0,037	56	62.50 %	1,272	200
Trave 7-8	12.50 %	0,095	142	37.50 %	0,299	200
Trave 12-13	87.50 %	0,016	25	50.00 %	0,348	200
Trave 11-12	25.00 %	0,044	66	37.50 %	0,289	200
Trave 8-9	25.00 %	0,056	84	37.50 %	0,277	200
Trave 9-10	75.00 %	0,064	96	37.50 %	0,290	200
Trave 10-11	25.00 %	0,061	91	37.50 %	0,289	200
Trave 15-16	12.50 %	0,148	200	37.50 %	0,549	200
Trave 4-5	100.00 %	0,117	175	50.00 %	0,232	200
Trave 1-2	75.00 %	0,084	126	37.50 %	0,599	200
Trave 17-18	75.00 %	0,096	144	62.50 %	0,435	200
Trave 18-19	25.00 %	0,116	174	50.00 %	0,394	200
Trave 19-20	37.50 %	0,101	152	37.50 %	0,361	200
Trave 16-17	75.00 %	0,246	200	50.00 %	0,468	200
Piano Copertura						
Pilastro 1	0.00 %	0,033	50	0.00 %	0,127	190
Pilastro 7	0.00 %	0,221	200	0.00 %	1,375	200
Pilastro 15	0.00 %	0,000	0	0.00 %	0,118	177
Pilastro 17	0.00 %	0,128	192	0.00 %	0,141	200
Pilastro 21	0.00 %	0,036	54	0.00 %	0,215	200
Pilastro 14	0.00 %	0,076	114	0.00 %	1,051	200
Pilastro 13	0.00 %	0,290	200	0.00 %	1,188	200
Pilastro 12	0.00 %	0,229	200	0.00 %	1,117	200
Pilastro 6	0.00 %	0,071	106	0.00 %	0,318	200
Pilastro 4	0.00 %	0,356	200	0.00 %	0,115	172
Pilastro 3	0.00 %	0,275	200	0.00 %	0,115	172
Pilastro 2	0.00 %	0,219	200	0.00 %	0,142	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 8	0.00 %	0,095	142	0.00 %	1,674	200
Pilastro 9	0.00 %	0,091	136	0.00 %	5,422	200
Pilastro 10	0.00 %	0,103	155	0.00 %	11,547	200
Pilastro 11	0.00 %	0,119	178	0.00 %	7,604	200
Pilastro 18	0.00 %	0,134	200	0.00 %	0,125	188
Pilastro 16	0.00 %	0,099	148	0.00 %	0,143	200
Pilastro 5	0.00 %	0,275	200	0.00 %	0,168	200
Pilastro 19	0.00 %	0,199	200	0.00 %	0,133	199
Pilastro 20	0.00 %	0,176	200	0.00 %	0,160	200
Trave 20-21	87.50 %	0,082	124	62.50 %	0,781	200
Trave 5-6	87.50 %	0,122	182	62.50 %	0,597	200
Trave 14-21	100.00 %	0,042	63	12.50 %	2,377	200
Trave 7-15	25.00 %	0,044	66	75.00 %	2,512	200
Trave 1-7	75.00 %	0,021	32	37.50 %	3,224	200
Trave 6-12	75.00 %	0,062	93	87.50 %	2,618	200
Trave 12-13	87.50 %	0,060	90	62.50 %	0,919	200
Trave 11-12	25.00 %	0,102	153	37.50 %	0,713	200
Trave 13-14	100.00 %	0,146	200	75.00 %	2,222	200
Trave 8-9	75.00 %	0,141	200	62.50 %	0,729	200
Trave 10-11	25.00 %	0,162	200	37.50 %	0,780	200
Trave 3-4	75.00 %	0,176	200	62.50 %	0,305	200
Trave 2-3	25.00 %	0,168	200	62.50 %	0,649	200
Trave 1-2	75.00 %	0,178	200	37.50 %	0,912	200
Trave 4-5	87.50 %	0,192	200	62.50 %	0,320	200
Trave 7-8	12.50 %	0,160	200	62.50 %	0,685	200
Trave 9-10	75.00 %	0,170	200	37.50 %	0,783	200
Trave 18-19	25.00 %	0,182	200	37.50 %	0,517	200
Trave 19-20	25.00 %	0,211	200	37.50 %	0,534	200
Trave 15-16	12.50 %	0,185	200	87.50 %	0,709	200
Trave 16-17	87.50 %	0,359	200	62.50 %	0,653	200
Trave 17-18	75.00 %	0,147	200	37.50 %	0,586	200

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

%LLI/Shell Nel caso di elementi Beam: %LLI = Posizione della sezione per la quale si registra la minima PGA, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione dell'elemento (LLI), a partire dal suo estremo iniziale (0% = estremo iniziale, 100% = estremo finale).

Nel caso di elementi Shell: Shell = identificativo dei nodi della shell per la quale si registra la minima PGA.

PGA_{PF/RC} Accelerazione sismica di collasso per PRESSOFLESSIONE o FLESSIONE/ROTAZIONE ALLA CORDA. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

N.B.: per gli elementi beam (travi e pilastri), nel caso di calcolo Non Lineare, la PGA è quella relativa al meccanismo di collasso per verifica di rotazione alla corda.

PGA_T Accelerazione sismica di collasso per TAGLIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S · S_T · a_g/g). [200] = PGA_C > 2 · PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SUI NODI

Id _{Nd}	Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi	
	PGA _{Conf}	PGA _C /PGA _D [%]
Nodo 3	0,077	115
Nodo 5	0,117	176
Nodo 7	0,079	118
Nodo 11	0,098	147
Nodo 13	0,103	154
Nodo 15	0,058	87
Nodo 17	0,125	188
Nodo 19	0,052	78
Nodo 21	0,052	79
Nodo 24	0,066	99
Nodo 26	0,086	129
Nodo 28	0,068	101
Nodo 30	0,085	127
Nodo 32	0,000	0
Nodo 34	0,000	0
Nodo 36	0,000	0
Nodo 39	0,000	0
Nodo 41	0,000	0
Nodo 42	0,000	0
Nodo 44	0,141	200
Nodo 45	0,177	200
Nodo 46	0,307	200
Nodo 48	0,111	167
Nodo 49	0,063	95
Nodo 52	0,000	0
Nodo 53	0,000	0
Nodo 54	0,117	175
Nodo 55	0,111	166
Nodo 66	0,107	160
Nodo 67	0,086	130
Nodo 68	0,053	79
Nodo 70	0,044	66
Nodo 72	0,000	0
Nodo 73	0,008	12
Nodo 74	0,000	0
Nodo 75	0,030	45
Nodo 76	0,029	43
Nodo 77	0,035	53
Nodo 78	0,033	50
Nodo 80	0,000	0
Nodo 81	0,025	37
Nodo 82	0,055	83
Nodo 83	0,073	109
Nodo 84	0,088	132
Nodo 85	0,001	1
Nodo 86	0,095	143
Nodo 87	0,102	153
Nodo 88	0,000	0
Nodo 89	0,000	0
Nodo 90	0,000	0
Nodo 91	0,000	0
Nodo 92	0,040	60
Nodo 93	0,004	6
Nodo 94	0,008	12
Nodo 95	0,000	0
Nodo 96	0,000	0
Nodo 97	0,035	53
Nodo 98	0,031	47
Nodo 99	0,027	41
Nodo 100	0,031	46
Nodo 101	0,029	43
Nodo 102	0,036	54
Nodo 103	0,020	31
Nodo 104	0,000	0
Nodo 105	0,039	59
Nodo 106	0,097	145
Nodo 107	0,028	43
Nodo 108	0,040	59
Nodo 109	0,069	103
Nodo 110	0,041	61
Nodo 111	0,046	69
Nodo 112	0,053	80
Nodo 113	0,063	95
Nodo 114	0,036	55
Nodo 115	0,083	124

Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi

Id_{Nd}	PGA_{Conf}	PGA_C/PGA_D [%]
Nodo 116	0,044	66
Nodo 117	0,041	62
Nodo 118	0,043	65
Nodo 119	0,039	58
Nodo 120	0,031	47
Nodo 121	0,021	31
Nodo 122	0,028	43
Nodo 123	0,127	190
Nodo 124	0,114	170
Nodo 125	0,043	64
Nodo 126	0,074	111
Nodo 127	0,000	0
Nodo 130	0,099	148
Nodo 131	0,188	200
Nodo 132	0,068	102
Nodo 134	0,000	0
Nodo 135	0,000	0
Nodo 136	0,000	0
Nodo 137	0,106	159
Nodo 138	0,054	81
Nodo 139	0,122	184
Nodo 140	0,161	200
Nodo 141	0,000	0
Nodo 142	0,000	0
Nodo 143	0,000	0
Nodo 144	0,027	40
Nodo 145	0,042	62
Nodo 146	0,000	0
Nodo 147	0,033	50
Nodo 148	0,045	67
Nodo 149	0,000	0
Nodo 150	0,012	19
Nodo 151	0,000	0
Nodo 152	0,042	63
Nodo 153	0,043	65
Nodo 154	0,053	79
Nodo 155	0,051	77
Nodo 156	0,000	0
Nodo 157	0,015	22
Nodo 158	0,052	78
Nodo 159	0,017	25

LEGENDA:

- Id_{Nd}** Identificativo del nodo strutturale su cui viene eseguita la verifica a confinamento.
- PGA_{Conf}** Accelerazione sismica di collasso per ROTTURA a confinamento del Nodo. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Carico Limite

Id _{Elm}	PGA _{Ql}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione		
Plinto 21	0,309	200
Plinto 14	0,352	200
Plinto 13	0,294	200
Plinto 12	0,360	200
Plinto 19	0,313	200
Plinto 17	0,352	200
Plinto 11	0,348	200
Plinto 10	0,318	200
Plinto 9	0,314	200
Plinto 8	0,338	200
Plinto 6	0,314	200
Plinto 7	0,309	200
Plinto 2	0,317	200
Plinto 3	0,302	200
Plinto 4	0,371	200
Plinto 1	0,538	200
Plinto 16	0,366	200
Plinto 22	0,325	200
Plinto 18	0,360	200
Plinto 23	0,307	200
Plinto 24	0,691	200
Plinto 27	0,330	200
Plinto 29	0,328	200
Plinto 28	0,411	200
Plinto 26	0,336	200
Plinto 35	0,228	200
Plinto 36	0,193	200
Plinto 37	0,233	200
Plinto 38	0,265	200
Plinto 39	0,322	200
Plinto 34	0,435	200
Plinto 33	0,421	200
Plinto 32	0,326	200
Plinto 31	0,371	200
Plinto 30	0,424	200
Plinto 5	0,337	200
Plinto 20	0,332	200
Plinto 25	1,246	200

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

PGA_{Ql} Accelerazione sismica di collasso per CAPACITA' LIMITE del TERRENO di FONDAZIONE. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i(\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER SPOSTAMENTI INTERPIANO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Spostamenti Interpiano

Id _{Piano}	SLD		SLO	
	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione				
Piano semiterrato				
Piano semiterrato	0,100	200	0,157	200
Piano Terra				
Piano Terra	0,045	135	0,177	200
Piano primo				
Piano primo	0,028	85	0,277	200
Piano Copertura				
Piano Copertura	0,037	111	0,274	200

LEGENDA:

Id_{Piano} Identificativo del livello o piano.

PGA_{Int} Accelerazione sismica di collasso minima per SPOSTAMENTO D'INTERPIANO. [NS] = Non significativo per valori di PGA_{Int} >= 1000.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

ELABORATI GRAFICI SINTETICI

OGGETTO: SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA
CORPO 2

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus, 18/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis - Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l.
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 - Calangianus
079 660268 - stm.stm@tiscali.it



PREMESSA

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel § 10.2 delle NTC. Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

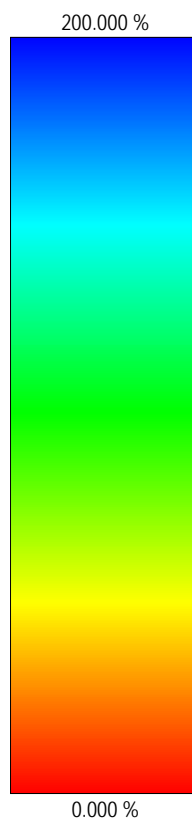
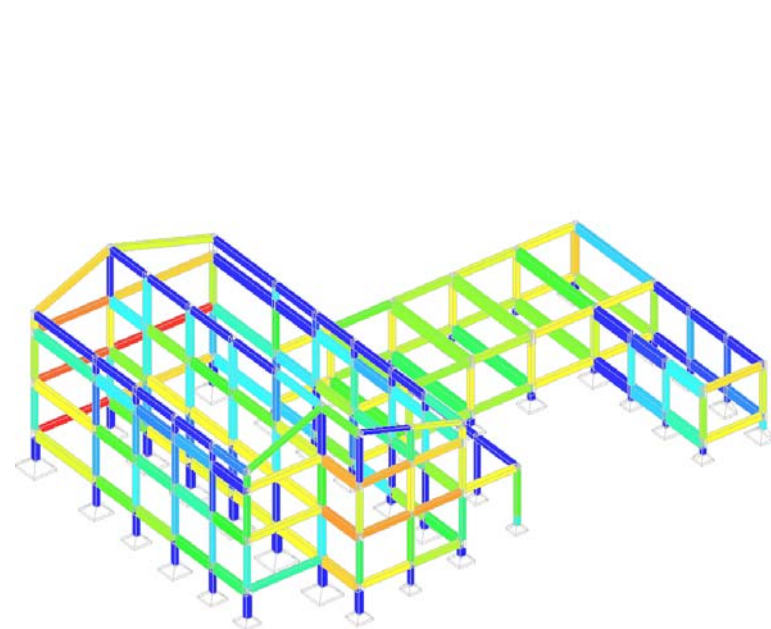
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

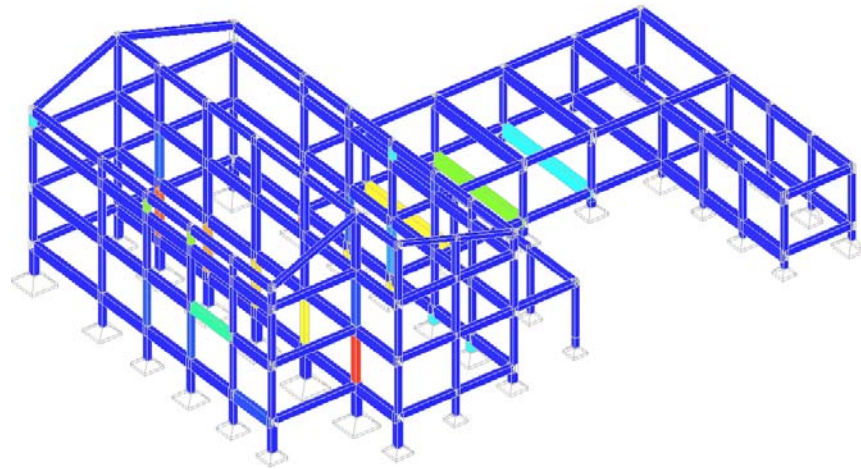
Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

Accelerazione di Collasso

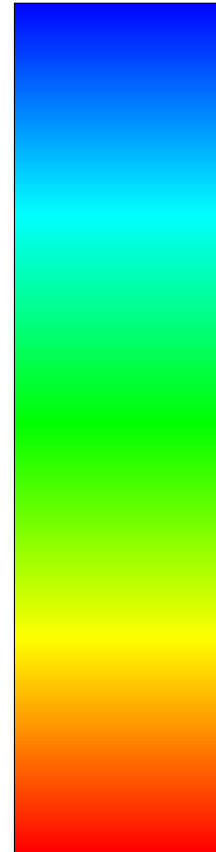


Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Flessione o Pressoflessione

Accelerazione di Collasso



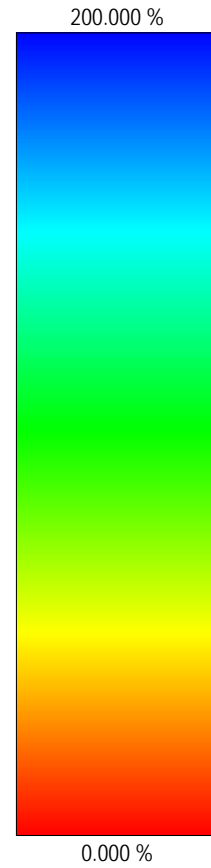
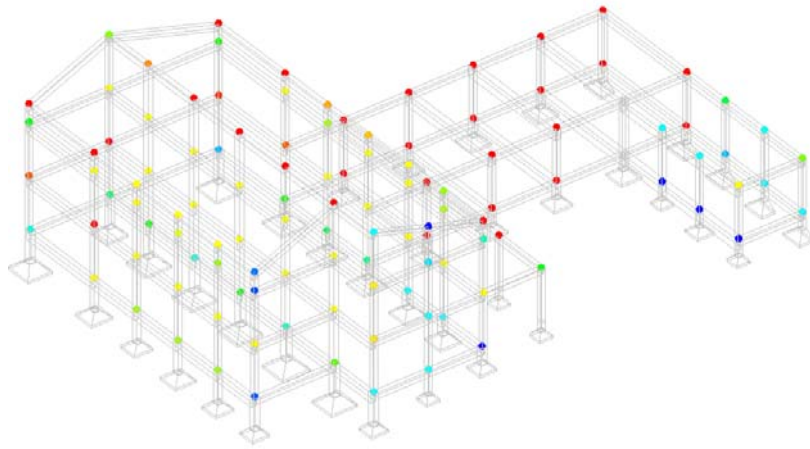
200.000 %



153.054 %

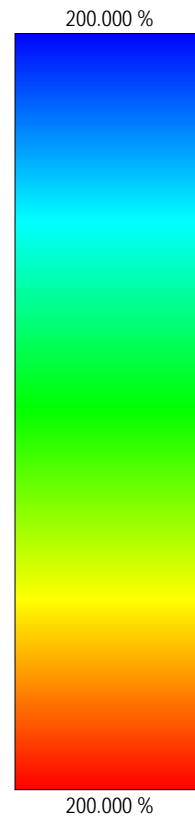
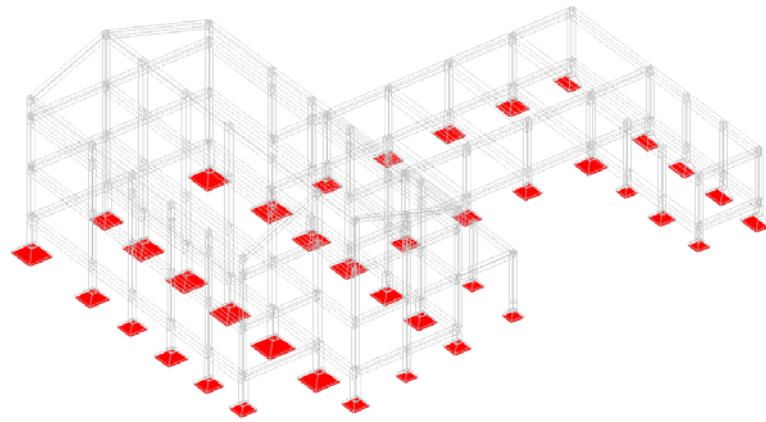
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Taglio

Accelerazione di Collasso



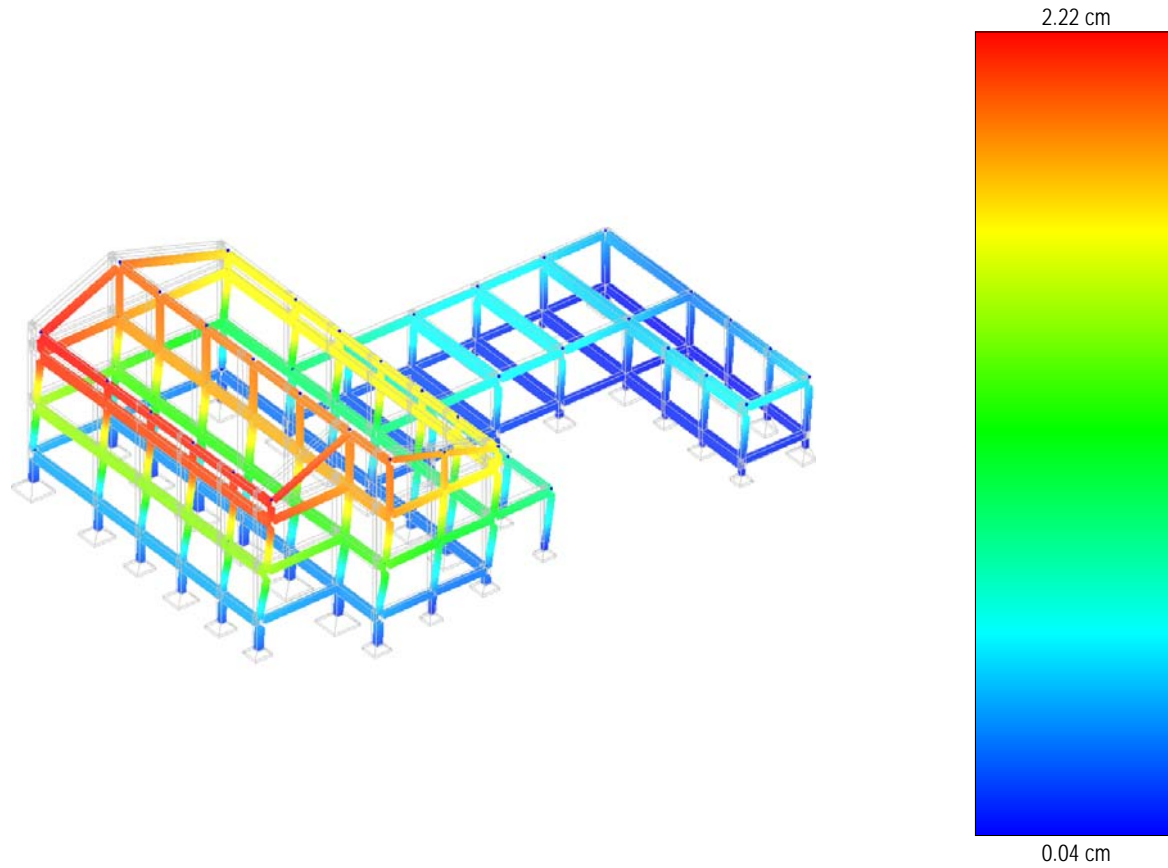
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Rottura del Nodo

Accelerazione di Collasso



Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Carico Limite Terreno

Spostamenti



Descrizione Tavola

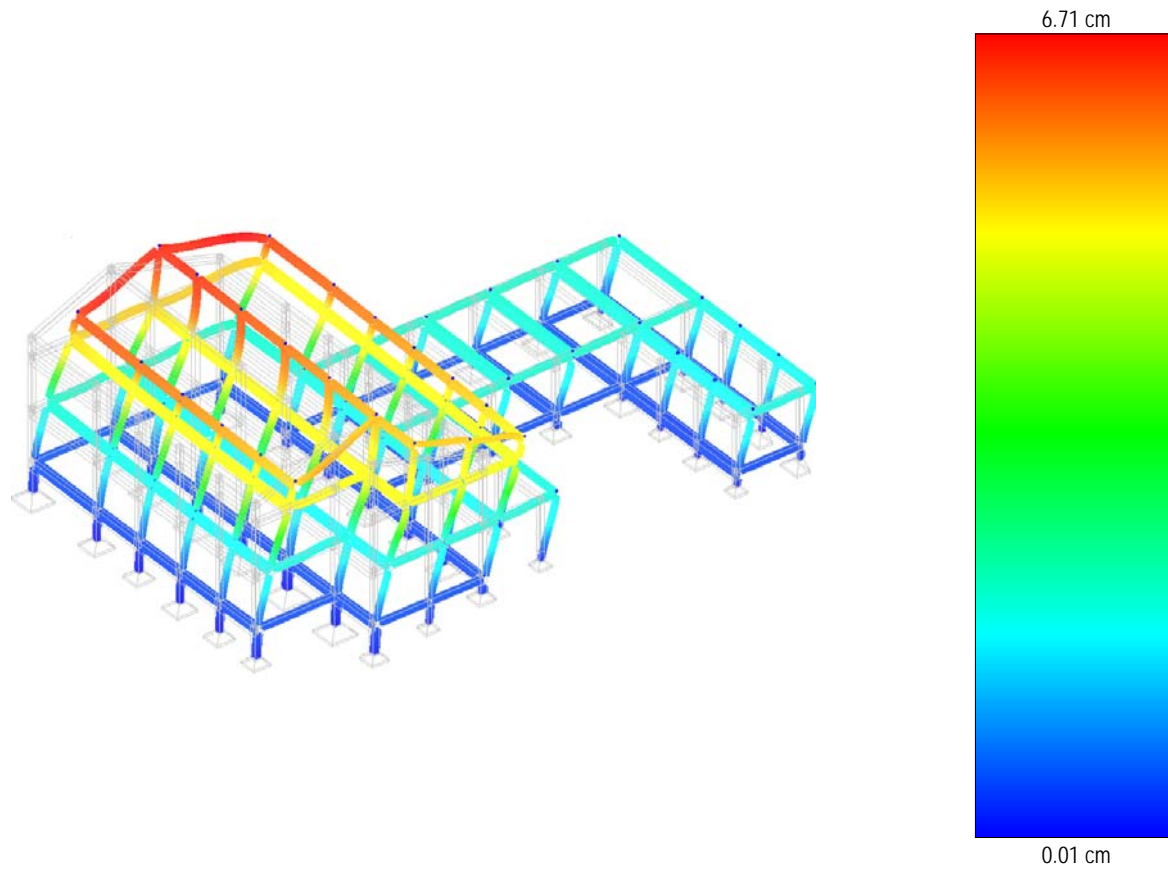
Spostamenti - per effetto del sisma

Sisma: X

Stato Limite Ultimo

Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: Y
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**SCHEDA DI VULNERABILITÀ
SISMICA**

OGGETTO: SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA
CORPO 3

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus, 24/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis - Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l.
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 - Calangianus
079 660268 - stm.stm@tiscali.it



1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.174444	8.921389	B	T1	1.00

LEGENDA: Edificio

V_N	Vita nominale dell'edificio
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g /g	F ₀	Parametri di pericolosità sismica					
			T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	S _s
SLO	0.0224	2.658	0.291	1.41	0.137	0.410	1.690	1.20
SLD	0.0279	2.704	0.303	1.40	0.141	0.424	1.711	1.20
SLV	0.0556	2.936	0.358	1.35	0.161	0.483	1.822	1.20
SLC	0.0662	3.027	0.384	1.33	0.171	0.512	1.865	1.20

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a_g	Accelerazione di picco al suolo.
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.
C_c	Coefficienti di amplificazione di T* _c .
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
Cemento Armato Esistente a	X		Regolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	<u>Cemento armato</u> : Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; <u>Muratura</u> : Un solo piano - Più di un piano; <u>Acciaio</u> : Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4		NO
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione		SI
REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA		
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio		SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base		NO

Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti

SI

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento

SI

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.

Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{cfm} [N/mm ²]	N	n Ac
ClS C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25 000	0,000010	31 447	13 103	60	F	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E_{sisma} = E · C_{Erid}].

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.

R_{cm} Resistenza media cubica.

%R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.

γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.

f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.

f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.

f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.

n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	Caratteristiche acciaio										
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk,1} / f _{tk,2} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCnt Cnt	
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	F	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Caratteristiche acciaio

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}	NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

$f_{yd,1}$ Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
 $f_{yd,2}$ Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	11,21
		Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

7 - METODO DI ANALISI

Metodo di analisi

Analisi	Fattore di comportamento q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Statica lineare con fattore di struttura q	2.204	2.204

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
Fattore di comportamento q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.0410	129
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.1655	>2475
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.2512	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0133	18
SLV	Taglio	CA	0.0260	42
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0157	21

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se $PGA_c=0$ -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k+\sum_i(\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se $PGA_c=NS$ -> Non significativo per valori di $PGA_c \geq 1000$.
T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_c/PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.

9 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	PGA _D [a _g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0269	45
SLD	0.0334	75
SLV	0.0667	712
SLC	0.0794	1462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

10 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	$\zeta_E (\alpha_{PGA})$	Indicatori di rischio sismico	
			α_{TR}
SLO		6.158	6.648
SLD		1.226	1.249
SLV		0.200 ¹	0.221

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.

$\zeta_E (\alpha_{PGA})$ Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla.

N.B.

ζ_E : simbologia NTC18;

α_{PGA} : simbologia NTC08.

α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

¹ Al fine di permettere un'analisi di dettaglio degli interventi di miglioramento/adequamento, considerato che nel calcolo di verifica dell'indicatore di rischio sismico, sono presenti le seguenti criticità (cfr. schede accelerazioni sismiche di collasso):

- n. 21 nodi con valore nullo della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
- n. 17 nodi con valore basso della PGA_{Conf} (confinamento nodo);
- n. 2 pilastri con valore nullo della PGA_T (taglio) e della $PGA_{PF/RC}$ (presso-flessione);

sono state introdotte per tali elementi (nodi e beam), 40 eccezioni al fine di non considerarli nel calcolo ed ottenere un valore non nullo dell'indicatore di rischio sismico.

Tali elementi (nodi e beam) rappresentano comunque elementi di potenziale criticità sui quali intervenire, in via prioritaria, con interventi di miglioramento o adeguamento sismico.

12 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Nel dettaglio, considerato che i 2 pilastri con valore nullo della PGA (presso-flessione e taglio) sono riferiti al tratto terminale in copertura di due pilastrate d'angolo, si possono considerare come delle false criticità.

Inoltre, per quanto riguarda le criticità relative ai nodi, si possono fare le seguenti considerazioni:

- dei suddetti 38 nodi critici, 11 risultano in corrispondenza di travi di copertura con sottostante tamponatura tozza priva di bucaure;
- 13 nodi è in corrispondenza di pareti tamponate cieche;

Pertanto, in tali condizioni, gli interventi prioritari sono relativi al confinamento di 14 nodi.

Gli **ulteriori interventi di miglioramento** che permetterebbero al sistema strutturale di raggiungere un indicatore di rischio sismico $\zeta_E \geq 0,6$ saranno da porre in atto sui seguenti elementi strutturali:

- n. 18 travi da rinforzare per le sollecitazioni di presso-flessione;
- n. 2 pilastri da rinforzare per le sollecitazioni di taglio e presso-flessione;
- n. 17 nodi da confinare.

Il complesso di tali interventi permetterebbero di raggiungere un valore dell'indicatore di rischio sismico $\zeta_E = 0,61$.

Calangianus, lì 24/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SU BEAM E SHELL

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell						
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Piano semiterrato						
Pilastro 10	0.00 %	0,192	200	0.00 %	0,057	85
Pilastro 25	0.00 %	0,247	200	0.00 %	0,164	200
Pilastro 23	0.00 %	0,282	200	0.00 %	0,152	200
Pilastro 4	0.00 %	0,332	200	0.00 %	0,135	200
Pilastro 20	0.00 %	0,206	200	0.00 %	0,147	200
Pilastro 3	0.00 %	0,326	200	0.00 %	0,186	200
Pilastro 7	0.00 %	0,205	200	0.00 %	0,073	110
Pilastro 2	0.00 %	0,110	165	0.00 %	0,090	135
Pilastro 1	0.00 %	0,164	200	0.00 %	0,142	200
Pilastro 14	0.00 %	0,224	200	0.00 %	0,158	200
Pilastro 24	0.00 %	0,158	200	0.00 %	0,147	200
Pilastro 5	0.00 %	0,250	200	0.00 %	0,188	200
Pilastro 18	0.00 %	0,248	200	0.00 %	0,170	200
Pilastro 22	0.00 %	0,253	200	0.00 %	0,187	200
Pilastro 6	0.00 %	0,266	200	0.00 %	0,072	109
Pilastro 21	0.00 %	0,215	200	0.00 %	0,102	153
Pilastro 19	0.00 %	0,259	200	0.00 %	0,150	200
Pilastro 16	0.00 %	0,330	200	0.00 %	0,232	200
Pilastro 12	0.00 %	0,329	200	0.00 %	0,203	200
Pilastro 8	0.00 %	0,373	200	0.00 %	0,234	200
Pilastro 11	0.00 %	0,275	200	0.00 %	0,139	200
Pilastro 17	0.00 %	0,229	200	0.00 %	0,124	187
Pilastro 13	0.00 %	0,277	200	0.00 %	0,119	179
Pilastro 9	0.00 %	0,230	200	0.00 %	0,042	63
Pilastro 15	0.00 %	0,088	132	0.00 %	0,122	184
Trave 23-24	75.00 %	0,020	30	100.00 %	0,064	97
Trave 22-25	87.50 %	0,050	75	37.50 %	0,362	200
Trave 6-9	75.00 %	0,029	44	62.50 %	0,599	200
Trave 13-18	25.00 %	0,049	74	62.50 %	0,398	200
Trave 6d-22	12.50 %	0,100	149	37.50 %	0,498	200
Trave 24-25	25.00 %	0,024	36	0.00 %	0,069	103
Trave 9-13	75.00 %	0,042	63	62.50 %	0,516	200
Trave 17-20	25.00 %	0,042	63	37.50 %	0,492	200
Trave 11-17	25.00 %	0,058	87	37.50 %	0,503	200
Trave 21-23	87.50 %	0,029	43	50.00 %	0,313	200
Trave 5d-21	87.50 %	0,062	93	50.00 %	0,360	200
Trave 4d-19	0.00 %	0,066	98	25.00 %	0,296	200
Trave 12-16	25.00 %	0,033	50	37.50 %	0,393	200
Trave 3d-12	25.00 %	0,089	134	50.00 %	0,478	200
Trave 4-8	0.00 %	0,062	93	25.00 %	0,378	200
Trave 3-4	75.00 %	0,093	139	25.00 %	0,322	200
Trave 4-5	75.00 %	0,029	44	100.00 %	0,194	200
Trave 20-21	25.00 %	0,040	61	0.00 %	0,216	200
Trave 14-15	25.00 %	0,044	67	100.00 %	0,125	187
Trave 13-14	75.00 %	0,025	37	100.00 %	0,099	148
Trave 10-15	75.00 %	0,070	104	62.50 %	0,540	200
Trave 7-10	75.00 %	0,082	123	62.50 %	0,486	200
Trave 2-7	87.50 %	0,024	36	37.50 %	0,225	200
Trave 1-2	75.00 %	0,035	52	62.50 %	0,312	200
Trave 1-6	0.00 %	0,166	200	12.50 %	0,820	200
Trave 6-7	25.00 %	0,028	42	0.00 %	0,144	200
Trave 5-6	25.00 %	0,028	42	0.00 %	0,200	200
Trave 2d-10	75.00 %	0,189	200	100.00 %	0,063	94
Trave 17-4d	0.00 %	0,144	200	12.50 %	0,306	200
Trave 16-4d	50.00 %	0,071	107	87.50 %	0,382	200
Trave 11-3d	0.00 %	0,088	132	12.50 %	0,342	200
Trave 3-11	75.00 %	0,041	61	62.50 %	0,489	200
Trave 8-3d	100.00 %	0,034	50	50.00 %	0,443	200
Trave 5d-6d	100.00 %	0,167	200	87.50 %	0,485	200
Trave 18-6d	0.00 %	0,127	191	75.00 %	0,375	200
Trave 19-5d	0.00 %	0,128	191	62.50 %	0,693	200
Trave 1d-2d	50.00 %	0,313	200	50.00 %	0,121	181
Trave 9-1d	0.00 %	0,153	200	0.00 %	0,065	97
Piano Terra						
Pilastro 22	0.00 %	0,120	180	0.00 %	0,390	200
Pilastro 3	0.00 %	0,122	183	0.00 %	0,256	200
Pilastro 12	0.00 %	0,129	194	0.00 %	0,379	200
Pilastro 24	0.00 %	0,049	73	0.00 %	0,112	168
Pilastro 23	0.00 %	0,064	96	0.00 %	0,132	198
Pilastro 21	0.00 %	0,094	142	0.00 %	0,136	200
Pilastro 9	0.00 %	0,084	126	0.00 %	0,055	83
Pilastro 2	0.00 %	0,087	130	0.00 %	0,125	187
Pilastro 11	0.00 %	0,124	186	0.00 %	0,262	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 18	0.00 %	0,146	200	0.00 %	0,473	200
Pilastro 20	0.00 %	0,089	133	0.00 %	0,176	200
Pilastro 16	0.00 %	0,124	186	0.00 %	0,386	200
Pilastro 14	0.00 %	0,049	73	0.00 %	0,039	59
Pilastro 25	0.00 %	0,073	109	0.00 %	0,139	200
Pilastro 13	0.00 %	0,146	200	0.00 %	0,081	121
Pilastro 7	0.00 %	0,090	134	0.00 %	0,112	168
Pilastro 6	0.00 %	0,068	102	0.00 %	0,057	86
Pilastro 8	0.00 %	0,120	179	0.00 %	0,378	200
Pilastro 5	0.00 %	0,077	115	0.00 %	0,156	200
Pilastro 4	0.00 %	0,106	160	0.00 %	0,167	200
Pilastro 19	0.00 %	0,114	171	0.00 %	0,173	200
Pilastro 1	0.00 %	0,082	123	0.00 %	0,131	196
Pilastro 10	0.00 %	0,064	96	0.00 %	0,066	99
Pilastro 17	0.00 %	0,114	171	0.00 %	0,219	200
Pilastro 15	0.00 %	0,112	168	0.00 %	0,076	114
Pilastro 14	0.00 %	0,048	72	0.00 %	0,039	59
Pilastro 15	0.00 %	0,070	105	0.00 %	0,068	102
Pilastro 13	0.00 %	0,111	166	0.00 %	0,072	109
Trave 23-24	100.00 %	0,015	22	100.00 %	0,049	73
Trave 22-25	25.00 %	0,040	60	37.50 %	0,395	200
Trave 6-9	75.00 %	0,047	71	62.50 %	0,646	200
Trave 13-18	25.00 %	0,048	73	37.50 %	0,511	200
Trave 16c-22	75.00 %	0,036	55	37.50 %	0,508	200
Trave 9-13	75.00 %	0,043	64	62.50 %	0,651	200
Trave 13c-20	25.00 %	0,035	53	37.50 %	0,495	200
Trave 11-17	75.00 %	0,059	89	62.50 %	0,502	200
Trave 21-23	87.50 %	0,028	43	50.00 %	0,302	200
Trave 15c-21	25.00 %	0,063	94	50.00 %	0,332	200
Trave 14c-19	50.00 %	0,144	200	25.00 %	0,260	200
Trave 12-16	25.00 %	0,035	53	37.50 %	0,389	200
Trave 4c-12	25.00 %	0,080	120	100.00 %	0,265	200
Trave 4-8	100.00 %	0,060	91	25.00 %	0,399	200
Trave 3-4	75.00 %	0,068	103	100.00 %	0,282	200
Trave 4-5	75.00 %	0,025	38	100.00 %	0,151	200
Trave 20-21	75.00 %	0,037	56	100.00 %	0,179	200
Trave 14-15	25.00 %	0,053	80	100.00 %	0,108	162
Trave 13-14	25.00 %	0,043	65	100.00 %	0,090	135
Trave 10-15	75.00 %	0,069	103	62.50 %	0,457	200
Trave 7-10	75.00 %	0,059	89	62.50 %	0,426	200
Trave 2-7	12.50 %	0,029	44	37.50 %	0,262	200
Trave 1-2	75.00 %	0,033	49	100.00 %	0,175	200
Trave 1-6	0.00 %	0,080	120	12.50 %	0,658	200
Trave 6-7	25.00 %	0,019	29	0.00 %	0,139	200
Trave 5-6	25.00 %	0,019	29	0.00 %	0,151	200
Trave 2c-10	100.00 %	0,274	200	37.50 %	0,070	105
Trave 13c-14c	100.00 %	0,118	177	87.50 %	0,259	200
Trave 16-14c	50.00 %	0,072	108	75.00 %	0,354	200
Trave 3c-4c	100.00 %	0,070	105	87.50 %	0,289	200
Trave 3-3c	75.00 %	0,035	53	62.50 %	0,510	200
Trave 8-4c	100.00 %	0,039	58	50.00 %	0,429	200
Trave 15c-16c	100.00 %	0,134	200	87.50 %	0,407	200
Trave 24-25	0.00 %	0,022	33	0.00 %	0,054	80
Trave 17-13c	100.00 %	0,677	200	100.00 %	0,177	200
Trave 3c-11	100.00 %	0,655	200	0.00 %	0,287	200
Trave 19-15c	0.00 %	0,129	193	50.00 %	0,669	200
Trave 18-16c	25.00 %	0,270	200	75.00 %	0,359	200
Trave 2d-8c	0.00 %	0,230	200	0.00 %	0,842	200
Trave 8c-11c	100.00 %	0,141	200	100.00 %	0,174	200
Trave 12c-15	37.50 %	0,036	55	100.00 %	0,091	136
Trave 14-11c	100.00 %	0,049	73	25.00 %	0,067	101
Trave 6c-12c	100.00 %	0,116	174	100.00 %	0,484	200
Trave 2c-6c	0.00 %	0,117	175	12.50 %	1,998	200
Trave 11c-12c	87.50 %	0,042	63	87.50 %	0,108	162
Trave 1c-2c	75.00 %	0,090	136	75.00 %	0,101	152
Trave 1d-7c	0.00 %	0,251	200	0.00 %	1,555	200
Trave 7c-10c	100.00 %	0,169	200	100.00 %	0,373	200
Trave 10c-14	12.50 %	0,043	65	100.00 %	0,066	99
Trave 9c-10c	87.50 %	0,037	56	75.00 %	0,091	136
Trave 5c-9c	100.00 %	0,111	167	100.00 %	0,243	200
Trave 1c-5c	100.00 %	0,223	200	0.00 %	0,999	200
Trave 13-9c	37.50 %	0,038	56	12.50 %	0,075	113
Trave 9-1c	0.00 %	0,194	200	37.50 %	0,084	126
Piano primo						
Pilastro 12	0.00 %	0,103	155	0.00 %	0,254	200
Pilastro 9	0.00 %	0,092	138	0.00 %	0,108	161
Pilastro 23	0.00 %	0,036	54	0.00 %	0,111	167

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell						
Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 24	0.00 %	0,040	60	0.00 %	0,107	160
Pilastro 21	0.00 %	0,074	110	0.00 %	0,131	197
Pilastro 11	0.00 %	0,091	136	0.00 %	0,181	200
Pilastro 2	0.00 %	0,048	72	0.00 %	0,096	143
Pilastro 18	0.00 %	0,093	140	0.00 %	0,271	200
Pilastro 20	0.00 %	0,049	73	0.00 %	0,132	198
Pilastro 16	0.00 %	0,105	157	0.00 %	0,271	200
Pilastro 13	0.00 %	0,105	157	0.00 %	0,257	200
Pilastro 14	0.00 %	0,065	98	0.00 %	0,184	200
Pilastro 25	0.00 %	0,045	68	0.00 %	0,118	177
Pilastro 6	0.00 %	0,058	86	0.00 %	0,097	145
Pilastro 7	0.00 %	0,040	60	0.00 %	0,093	140
Pilastro 8	0.00 %	0,091	136	0.00 %	0,248	200
Pilastro 5	0.00 %	0,049	73	0.00 %	0,125	187
Pilastro 4	0.00 %	0,048	71	0.00 %	0,119	178
Pilastro 19	0.00 %	0,099	148	0.00 %	0,181	200
Pilastro 17	0.00 %	0,089	133	0.00 %	0,168	200
Pilastro 1	0.00 %	0,047	70	0.00 %	0,104	156
Pilastro 10	0.00 %	0,044	66	0.00 %	0,097	145
Pilastro 22	0.00 %	0,082	123	0.00 %	0,236	200
Pilastro 3	0.00 %	0,044	67	0.00 %	0,152	200
Pilastro 15	0.00 %	0,078	118	0.00 %	0,233	200
Trave 23-24	100.00 %	0,027	40	100.00 %	0,082	123
Trave 22-25	25.00 %	0,062	93	37.50 %	0,476	200
Trave 6-9	75.00 %	0,061	91	62.50 %	0,622	200
Trave 13-18	25.00 %	0,057	85	37.50 %	0,589	200
Trave 6b-22	62.50 %	0,092	138	37.50 %	0,645	200
Trave 9-13	75.00 %	0,067	100	62.50 %	0,774	200
Trave 3b-20	25.00 %	0,061	91	62.50 %	0,675	200
Trave 11-17	25.00 %	0,082	123	37.50 %	0,696	200
Trave 21-23	87.50 %	0,045	68	37.50 %	0,346	200
Trave 5b-21	75.00 %	0,096	144	50.00 %	0,343	200
Trave 4b-19	50.00 %	0,166	200	25.00 %	0,362	200
Trave 12-16	25.00 %	0,061	92	37.50 %	0,473	200
Trave 2b-12	25.00 %	0,097	146	100.00 %	0,514	200
Trave 4-8	87.50 %	0,085	128	25.00 %	0,445	200
Trave 3-4	75.00 %	0,110	165	100.00 %	0,442	200
Trave 4-5	75.00 %	0,034	51	100.00 %	0,229	200
Trave 20-21	75.00 %	0,064	96	100.00 %	0,309	200
Trave 14-15	25.00 %	0,089	133	100.00 %	0,217	200
Trave 13-14	75.00 %	0,057	85	100.00 %	0,202	200
Trave 10-15	75.00 %	0,013	20	62.50 %	1,012	200
Trave 7-10	75.00 %	0,074	111	62.50 %	0,594	200
Trave 2-7	25.00 %	0,052	78	37.50 %	0,344	200
Trave 1-2	75.00 %	0,038	57	62.50 %	0,306	200
Trave 1-6	0.00 %	0,145	200	12.50 %	0,860	200
Trave 6-7	75.00 %	0,030	45	100.00 %	0,239	200
Trave 5-6	25.00 %	0,030	45	0.00 %	0,256	200
Trave 9-10	12.50 %	0,311	200	100.00 %	0,277	200
Trave 3b-4b	0.00 %	0,208	200	12.50 %	0,448	200
Trave 16-4b	50.00 %	0,080	120	75.00 %	0,399	200
Trave 1b-2b	0.00 %	0,120	180	12.50 %	0,456	200
Trave 3-1b	75.00 %	0,061	92	37.50 %	0,708	200
Trave 8-2b	37.50 %	0,054	80	62.50 %	0,522	200
Trave 5b-6b	0.00 %	0,234	200	12.50 %	0,712	200
Trave 24-25	12.50 %	0,040	60	0.00 %	0,095	142
Trave 17-3b	0.00 %	0,686	200	100.00 %	0,314	200
Trave 1b-11	100.00 %	0,663	200	0.00 %	0,477	200
Trave 19-5b	25.00 %	0,184	200	50.00 %	0,868	200
Trave 18-6b	25.00 %	0,337	200	75.00 %	0,546	200
Piano Copertura						
Pilastro 23	0.00 %	0,157	200	0.00 %	0,601	200
Pilastro 9	0.00 %	0,132	198	0.00 %	0,207	200
Pilastro 21	0.00 %	0,281	200	0.00 %	0,873	200
Pilastro 2	0.00 %	0,030	44	0.00 %	0,044	66
Pilastro 11	0.00 %	0,170	200	0.00 %	0,110	166
Pilastro 18	0.00 %	0,121	181	0.00 %	0,128	192
Pilastro 20	0.00 %	0,000	0	0.00 %	0,000	0
Pilastro 16	0.00 %	0,269	200	0.00 %	0,589	200
Pilastro 14	0.00 %	0,108	162	0.00 %	0,101	152
Pilastro 25	0.00 %	0,065	97	0.00 %	0,035	53
Pilastro 13	0.00 %	0,289	200	0.00 %	0,175	200
Pilastro 6	0.00 %	0,058	87	0.00 %	0,042	63
Pilastro 8	0.00 %	0,261	200	0.00 %	0,635	200
Pilastro 7	0.00 %	0,021	32	0.00 %	0,158	200
Pilastro 5	0.00 %	0,195	200	0.00 %	0,555	200
Pilastro 4	0.00 %	0,226	200	0.00 %	1,214	200

Accelerazioni Sismiche di Collasso su Beam e Shell

Id _{Elm}	FLESSIONE			TAGLIO		
	%LLI/Shell	PGA _{PF/RC}	PGA _C /PGA _D [%]	%LLI/Shell	PGA _T	PGA _C /PGA _D [%]
Pilastro 19	0.00 %	0,416	200	0.00 %	0,802	200
Pilastro 1	0.00 %	0,018	27	0.00 %	0,047	71
Pilastro 10	0.00 %	0,224	200	0.00 %	1,065	200
Pilastro 17	0.00 %	0,134	200	0.00 %	0,079	118
Pilastro 22	0.00 %	0,066	100	0.00 %	0,026	39
Pilastro 3	0.00 %	0,000	0	0.00 %	0,000	0
Pilastro 12	0.00 %	0,285	200	0.00 %	0,596	200
Pilastro 24	0.00 %	0,150	200	0.00 %	0,539	200
Pilastro 15	0.00 %	0,052	78	0.00 %	0,202	200
Pilastro 9	0.00 %	0,178	200	0.00 %	0,124	186
Pilastro 6	0.00 %	0,053	79	0.00 %	0,026	40
Trave 22-25	75.00 %	0,097	146	50.00 %	0,461	200
Trave 6-9	37.50 %	0,138	200	37.50 %	0,606	200
Trave 13-18	25.00 %	0,069	104	37.50 %	0,682	200
Trave 6a-22	62.50 %	0,137	200	37.50 %	0,786	200
Trave 9-13	75.00 %	0,122	183	62.50 %	1,070	200
Trave 3a-20	75.00 %	0,092	137	62.50 %	0,653	200
Trave 11-17	25.00 %	0,112	168	62.50 %	0,720	200
Trave 21-23	75.00 %	0,041	62	50.00 %	0,435	200
Trave 3-4	0.00 %	0,566	200	12.50 %	1,706	200
Trave 20-21	75.00 %	0,191	200	62.50 %	0,792	200
Trave 14-15	25.00 %	0,098	147	0.00 %	0,303	200
Trave 13-14	75.00 %	0,069	103	100.00 %	0,240	200
Trave 10-15	75.00 %	0,158	200	62.50 %	2,925	200
Trave 7-10	0.00 %	0,311	200	62.50 %	0,794	200
Trave 1-2	75.00 %	0,075	112	62.50 %	0,509	200
Trave 6-9	0.00 %	1,068	200	12.50 %	1,720	200
Trave 6-7	75.00 %	0,083	124	62.50 %	0,801	200
Trave 3a-4a	0.00 %	0,588	200	12.50 %	1,844	200
Trave 1a-2a	0.00 %	0,360	200	87.50 %	1,970	200
Trave 5a-6a	100.00 %	0,578	200	87.50 %	2,755	200
Trave 1a-11	0.00 %	0,892	200	0.00 %	0,466	200
Trave 5a-21	25.00 %	0,123	184	50.00 %	0,404	200
Trave 2a-12	25.00 %	0,113	170	50.00 %	1,170	200
Trave 12-16	75.00 %	0,110	165	62.50 %	0,722	200
Trave 4-8	12.50 %	0,176	200	25.00 %	0,565	200
Trave 4a-19	50.00 %	0,269	200	25.00 %	0,557	200
Trave 3-1a	75.00 %	0,204	200	37.50 %	0,773	200
Trave 8-2a	37.50 %	0,081	122	75.00 %	0,620	200
Trave 17-3a	100.00 %	0,973	200	100.00 %	0,354	200
Trave 16-4a	50.00 %	0,100	149	75.00 %	0,673	200
Trave 24-25	25.00 %	0,052	78	37.50 %	0,292	200
Trave 18-6a	25.00 %	0,494	200	75.00 %	0,837	200
Trave 19-5a	25.00 %	0,235	200	50.00 %	1,006	200
Trave 4-5	87.50 %	0,447	200	87.50 %	2,554	200
Trave 23-24	87.50 %	0,202	200	62.50 %	0,966	200
Trave 9-10	12.50 %	0,519	200	62.50 %	0,717	200
Trave 2-7	12.50 %	0,064	95	37.50 %	0,303	200
Trave 1-6	0.00 %	0,158	200	12.50 %	1,015	200
Trave 5-6	100.00 %	0,170	200	12.50 %	0,405	200

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

%LLI/Shell Nel caso di elementi Beam: %LLI = Posizione della sezione per la quale si registra la minima PGA, valutata come % della lunghezza libera d'inflessione dell'elemento (LLI), a partire dal suo estremo iniziale (0% = estremo iniziale, 100% = estremo finale).

Nel caso di elementi Shell: Shell = identificativo dei nodi della shell per la quale si registra la minima PGA.

PGA_{PF/RC} Accelerazione sismica di collasso per PRESSOFLESSIONE o FLESSIONE/ROTAZIONE ALLA CORDA. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

N.B.: per gli elementi beam (travi e pilastri), nel caso di calcolo Non Lineare, la PGA è quella relativa al meccanismo di collasso per verifica di rotazione alla corda.

PGA_T Accelerazione sismica di collasso per TAGLIO. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO SUI NODI

Id _{Nd}	Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi	
	PGA _{Conf}	PGA _C /PGA _D [%]
Nodo 1	0,025	37
Nodo 2	0,000	0
Nodo 5	0,053	79
Nodo 7	0,055	82
Nodo 9	0,037	55
Nodo 11	0,050	75
Nodo 13	0,079	119
Nodo 16	0,017	26
Nodo 18	0,029	43
Nodo 20	0,013	20
Nodo 22	0,013	19
Nodo 24	0,014	21
Nodo 26	0,175	200
Nodo 27	0,025	37
Nodo 29	0,219	200
Nodo 32	0,086	129
Nodo 34	0,200	200
Nodo 36	0,215	200
Nodo 38	0,202	200
Nodo 40	0,226	200
Nodo 41	0,115	173
Nodo 44	0,102	153
Nodo 45	0,096	144
Nodo 48	0,048	72
Nodo 49	0,046	69
Nodo 50	0,019	29
Nodo 51	0,018	27
Nodo 52	0,017	26
Nodo 53	0,000	0
Nodo 54	0,007	11
Nodo 55	0,005	8
Nodo 56	0,004	5
Nodo 57	0,012	18
Nodo 58	0,258	200
Nodo 59	0,000	0
Nodo 60	0,175	200
Nodo 61	0,071	106
Nodo 62	0,244	200
Nodo 63	0,025	37
Nodo 64	0,031	46
Nodo 65	0,165	200
Nodo 66	0,014	21
Nodo 67	0,042	63
Nodo 68	0,024	35
Nodo 69	0,093	139
Nodo 70	0,103	155
Nodo 71	0,034	51
Nodo 72	0,005	7
Nodo 73	0,013	19
Nodo 74	0,193	200
Nodo 75	0,003	4
Nodo 76	0,724	200
Nodo 77	0,051	77
Nodo 78	0,033	49
Nodo 79	0,146	200
Nodo 80	0,166	200
Nodo 81	0,179	200
Nodo 82	0,006	9
Nodo 83	0,148	200
Nodo 84	0,002	3
Nodo 85	0,006	10
Nodo 86	0,000	0
Nodo 87	0,019	29
Nodo 88	0,000	0
Nodo 89	0,000	0
Nodo 90	0,000	0
Nodo 91	0,003	5
Nodo 92	0,031	46
Nodo 93	0,000	0
Nodo 94	0,023	34
Nodo 95	0,000	0
Nodo 96	0,000	0
Nodo 97	0,000	0
Nodo 98	0,195	200
Nodo 99	0,016	24

Accelerazioni Sismiche di Collasso sui Nodi

Id_{Nd}	PGA_{Conf}	PGA_C/PGA_D [%]
Nodo 100	0,148	200
Nodo 101	0,013	19
Nodo 102	0,000	0
Nodo 103	0,095	143
Nodo 104	0,030	46
Nodo 105	0,000	0
Nodo 106	0,007	10
Nodo 107	0,000	0
Nodo 108	0,000	0
Nodo 109	0,004	6
Nodo 110	0,000	0
Nodo 111	0,011	16
Nodo 112	0,016	24
Nodo 113	0,002	2
Nodo 114	0,000	0
Nodo 115	0,159	200
Nodo 116	0,018	27
Nodo 117	0,252	200
Nodo 118	0,091	136
Nodo 120	0,025	38
Nodo 121	0,012	18
Nodo 122	0,031	46
Nodo 123	0,000	0
Nodo 124	0,014	21
Nodo 147	0,000	0
Nodo 148	0,000	0
Nodo 149	0,000	0
Nodo 156	0,014	21
Nodo 157	0,007	11
Nodo 161	0,044	65

LEGENDA:

- Id_{Nd}** Identificativo del nodo strutturale su cui viene eseguita la verifica a confinamento.
- PGA_{Conf}** Accelerazione sismica di collasso per ROTTURA a confinamento del Nodo. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$
- PGA_C/PGA_D** Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = $S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$). [200] = $PGA_C > 2 \cdot PGA_D$.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASSO PER CARICO LIMITE

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Carico Limite

Id _{Elm}	PGA _{Ql}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione		
Plinto 24	0,321	200
Plinto 5	0,271	200
Plinto 14	0,306	200
Plinto 25	0,290	200
Plinto 1	0,262	200
Plinto 23	0,268	200
Plinto 7	0,313	200
Plinto 4	0,295	200
Plinto 3	0,302	200
Plinto 20	0,304	200
Plinto 10	0,338	200
Plinto 22	0,313	200
Plinto 18	0,319	200
Plinto 6	0,315	200
Plinto 16	0,251	200
Plinto 21	0,328	200
Plinto 8	0,308	200
Plinto 13	0,338	200
Plinto 19	0,307	200
Plinto 12	0,306	200
Plinto 17	0,329	200
Plinto 11	0,329	200
Plinto 9	0,359	200
Plinto 15	0,789	200
Plinto 2	0,535	200

LEGENDA:

Id_{Elm} Identificativo dell'elemento strutturale.

PGA_{Ql} Accelerazione sismica di collasso per CAPACITA' LIMITE del TERRENO di FONDAZIONE. [0] = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S · S_T · a_g/g). [200] = PGA_C > 2 · PGA_D.

ACCELERAZIONI SISMICHE DI COLLASO PER SPOSTAMENTI INTERPIANO

Accelerazioni Sismiche di Collasso per Spostamenti Interpiano

Id _{Piano}	SLD		SLO	
	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]	PGA _{Int}	PGA _C /PGA _D [%]
Fondazione				
Piano semiterrato				
Piano semiterrato	0,077	200	0,273	200
Piano Terra				
Piano Terra	0,041	123	0,165	200
Piano primo				
Piano primo	0,041	123	0,180	200
Piano Copertura				
Piano Copertura	0,102	200	0,207	200

LEGENDA:

Id_{Piano} Identificativo del livello o piano.

PGA_{Int} Accelerazione sismica di collasso minima per SPOSTAMENTO D'INTERPIANO. [NS] = Non significativo per valori di PGA_{Int} >= 1000.

PGA_C/PGA_D Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA_C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA_D = S_S·S_T·a_g/g). [200] = PGA_C > 2·PGA_D.

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

ELABORATI GRAFICI SINTETICI

OGGETTO: SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA
CORPO 3

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus, 24/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis - Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l.
Via Nicolò Ferracciu, 84 - 07023 - Calangianus
079 660268 - stm.stm@tiscali.it



PREMESSA

Il presente documento riporta gli **elaborati grafici sintetici** in conformità a quanto previsto nel § 10.2 delle NTC. Tali elaborati hanno lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e possono riportare informazioni sintetiche e schemi relativi a carichi, sollecitazioni e sforzi, spostamenti, tensioni sul terreno, etc.

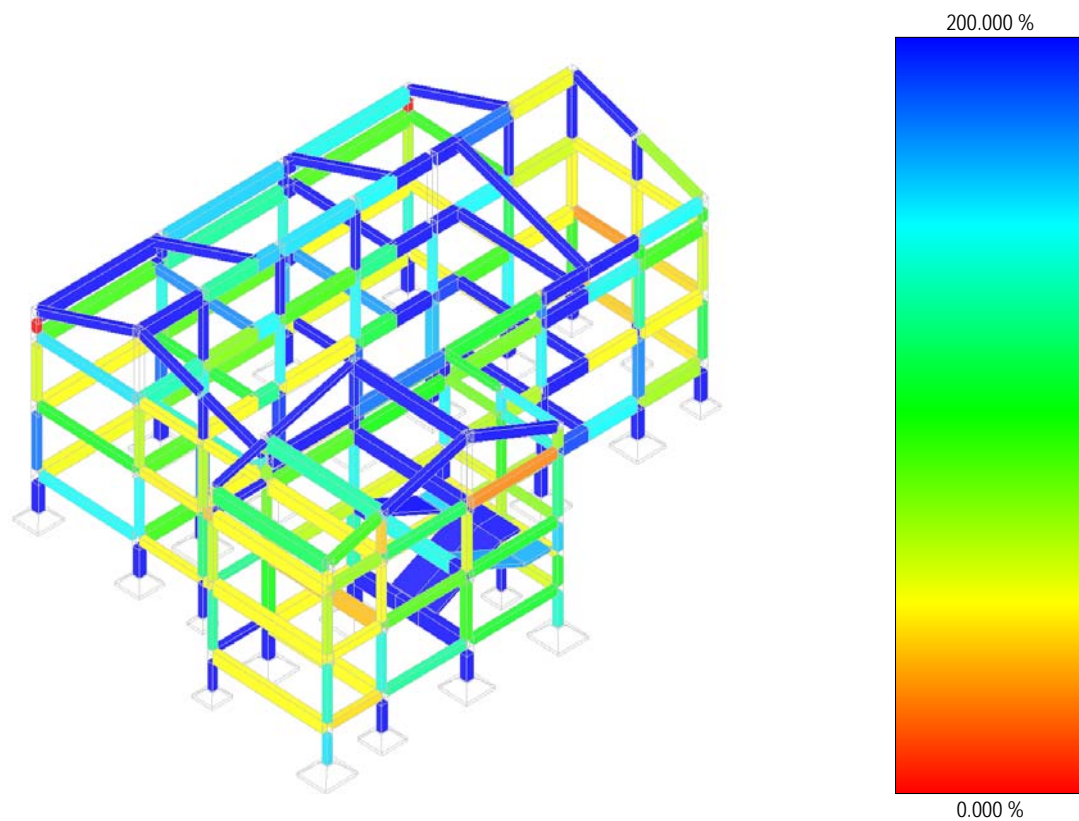
Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa.

Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura.

Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura. Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

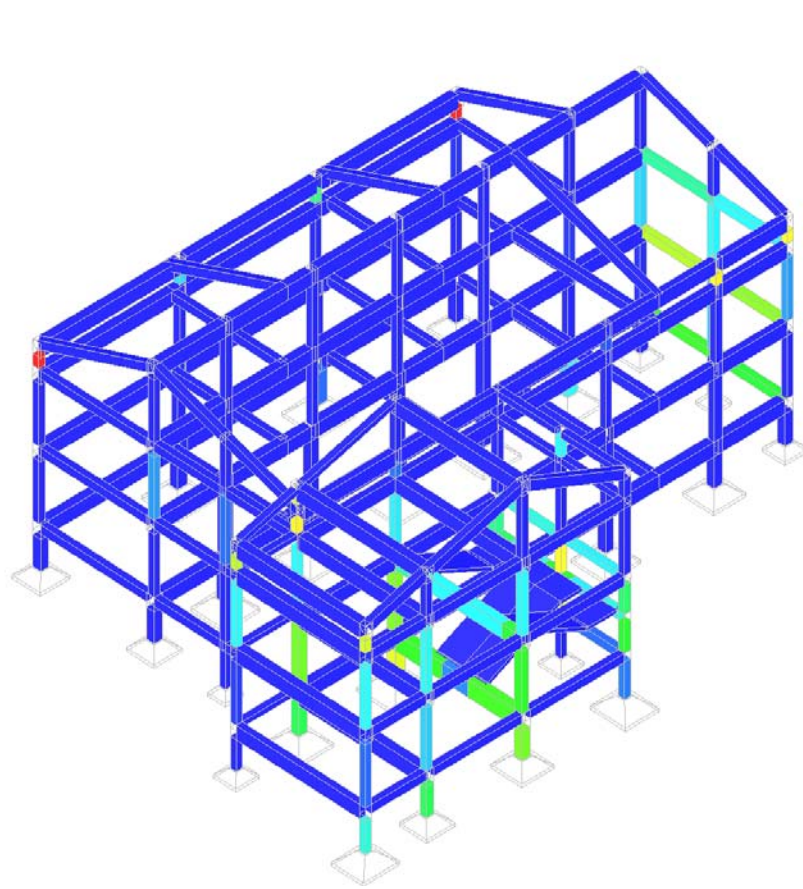
Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

Accelerazione di Collasso

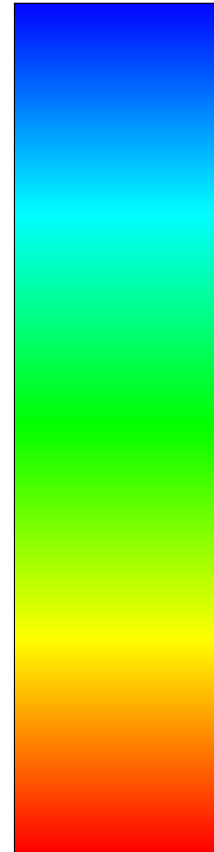


Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Flessione o Pressoflessione

Accelerazione di Collasso



200.000 %

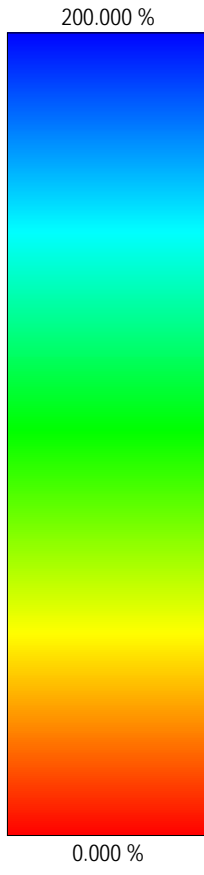
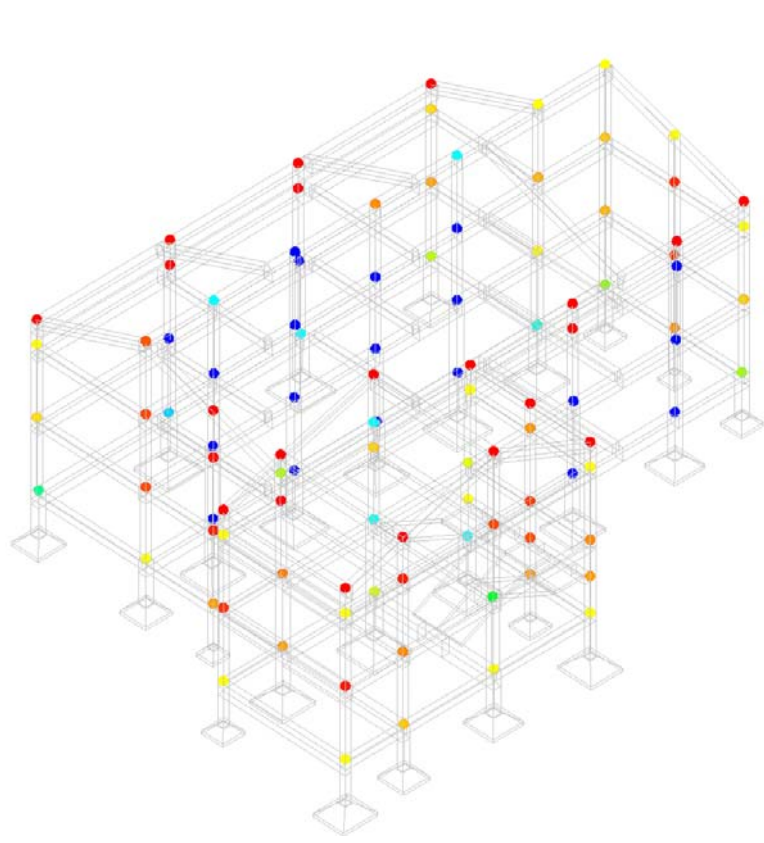


0.000 %

Descrizione Tavola

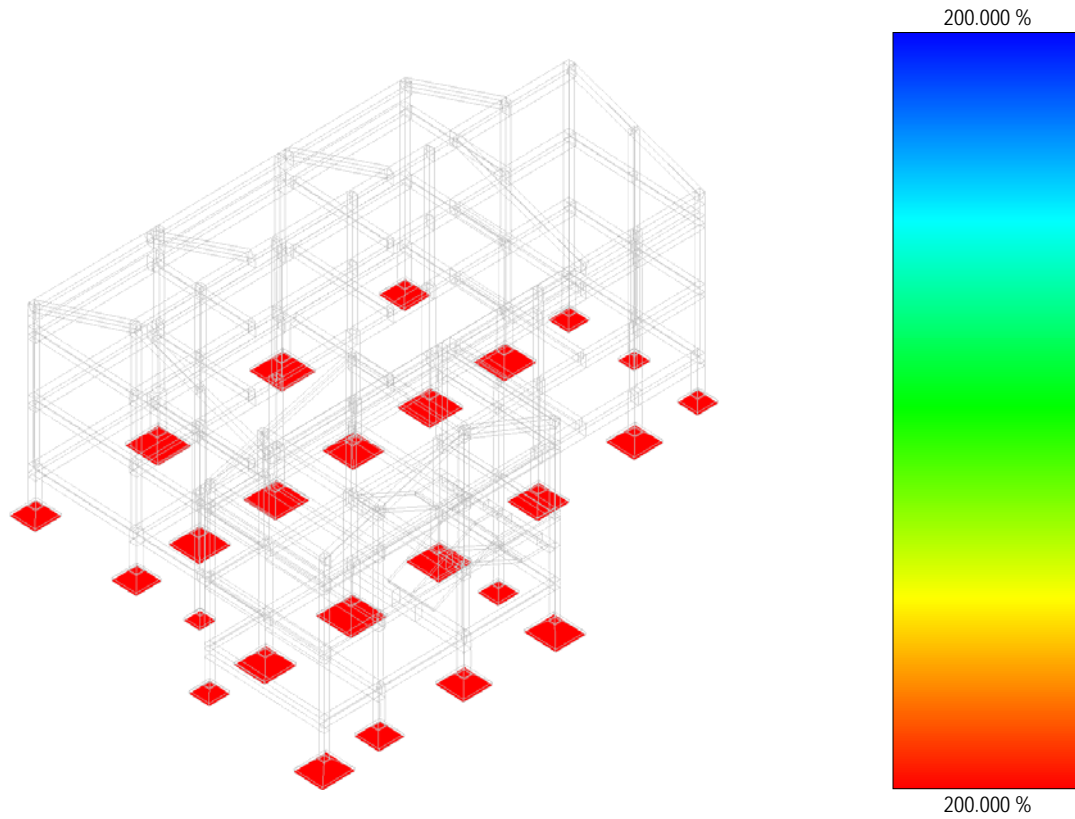
Tipo meccanismo: Taglio

Accelerazione di Collasso



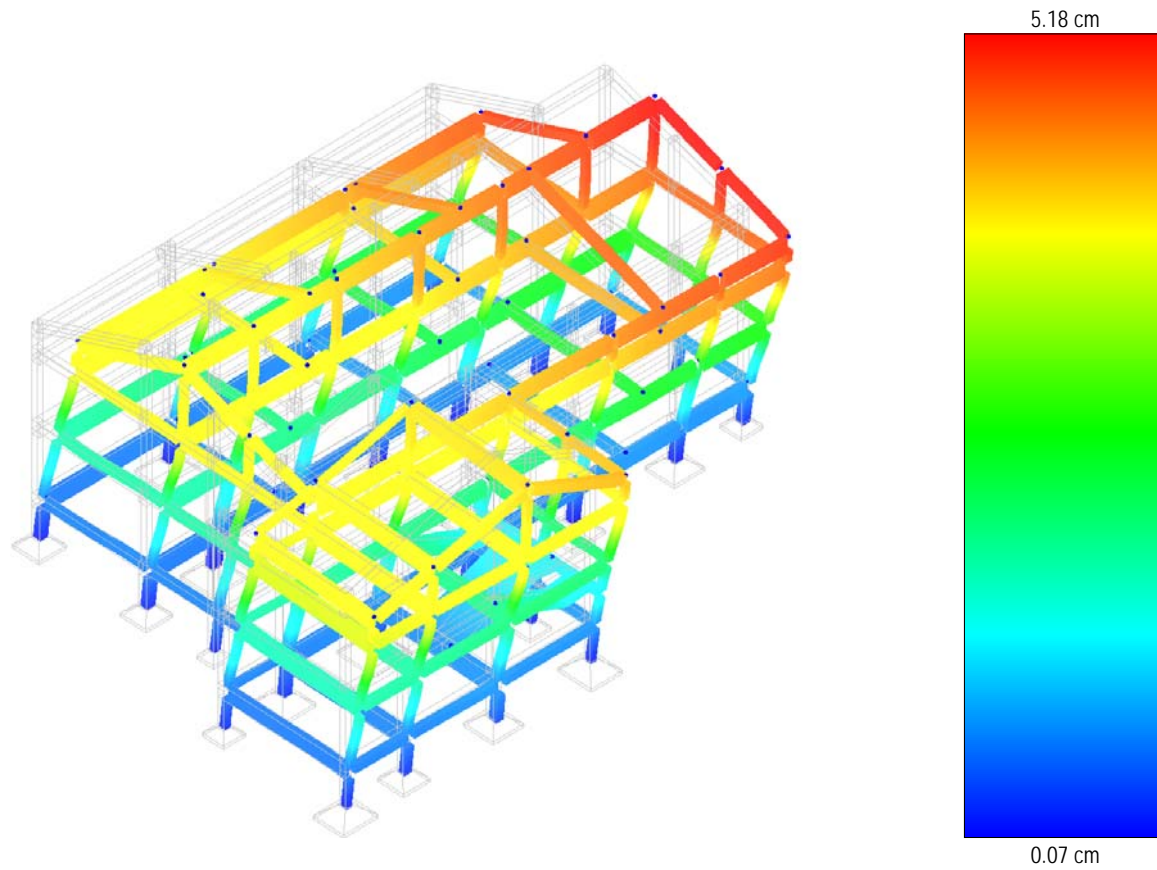
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Rottura del Nodo

Accelerazione di Collasso



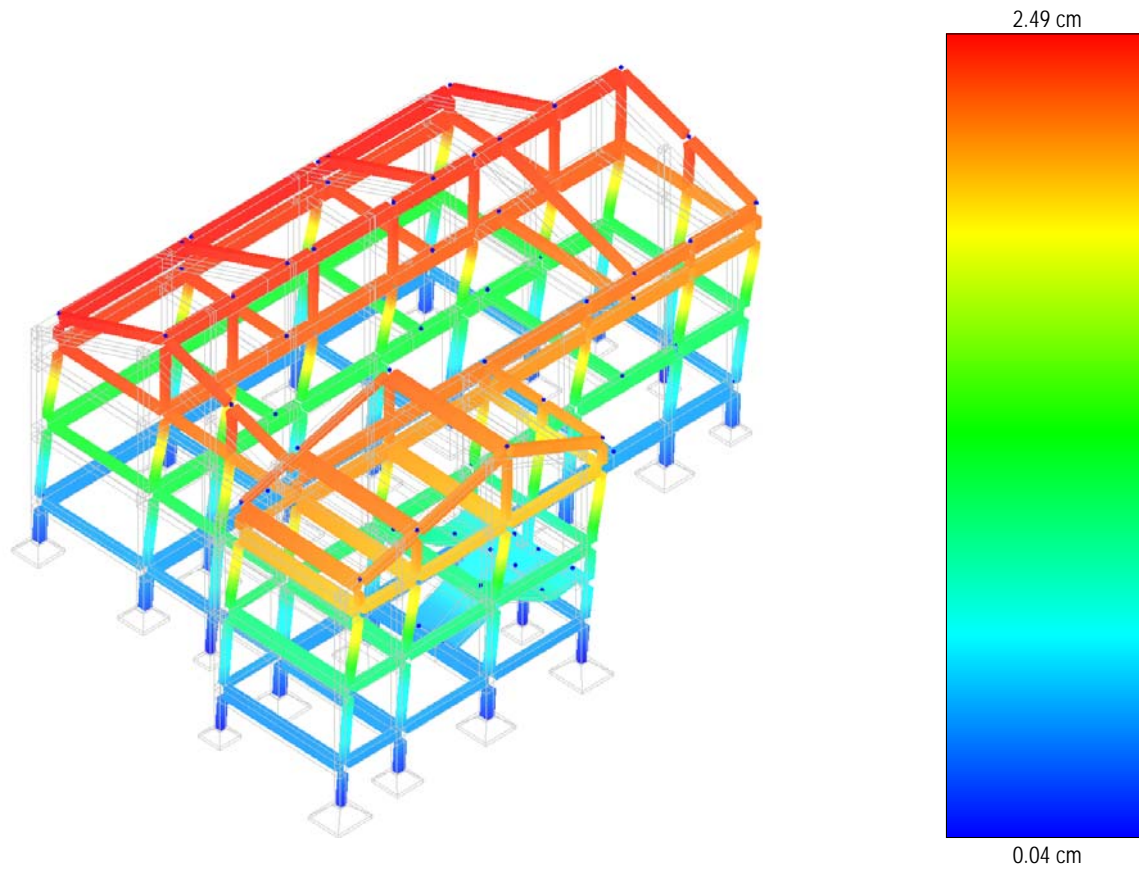
Descrizione Tavola
Tipo meccanismo: Carico Limite Terreno

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: X
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

Spostamenti



Descrizione Tavola
Spostamenti - per effetto del sisma
Sisma: Y
Stato Limite Ultimo
Modo: Preponderante

**Comune di Sedilo
Provincia di Oristano**

**RELAZIONE SUI COSTI DI
MIGLIORAMENTO SISMICO**

OGGETTO: SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Calangianus, lì 24/01/2020

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)

S.T.M. s.r.l. Servizi Tecnici e Monitoraggi
Via Nicolò Ferracciu, 84 - CALANGIANUS
079 660268 - stm.stm@tiscali.it

DATI IDENTIFICATIVI DELLA COSTRUZIONE

Comune: **SEDILO**

Indirizzo: **Via Antonio Segni**

Dati Catastali

Foglio	Particella	Subalterno:	

Coordinate geografiche di ED50.

	Lat. 40.173444	Long. 8.921389	
--	-----------------------	-----------------------	--

Dalle analisi della costruzione e dalla simulazione degli interventi di adeguamento è emerso quanto segue:

STATO DI FATTO:

Considerato che sono stati reperiti gli elaborati di calcolo delle strutture (a firma degli Ingg. R. Bordicchia e L. Cottone), nei quali si rileva la suddivisione della struttura in 3 distinti corpi, ai fini del calcolo di verifica sismica si è operato in maniera analoga.

Nella figura seguente viene riportata l'intera struttura con la suddetta divisione in 3 corpi:

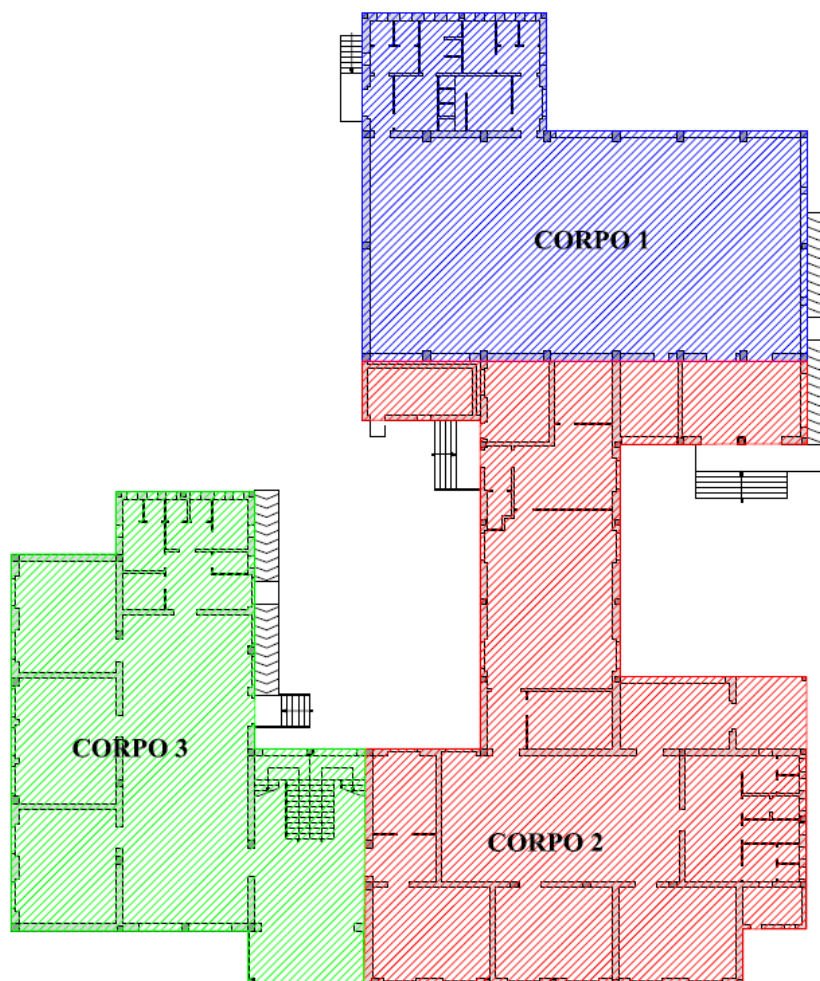


Fig. 1: Suddivisione del fabbricato in 3 corpi

Per i 3 corpi, con le eccezioni introdotte (cfr. schede di vulnerabilità sismica) si hanno le seguenti classi di rischio attribuite utilizzando il metodo **convenzionale**:

CORPO 1

- Classe di Rischio della costruzione: **B**;
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **63.39** %;
- Valore della Perdita Annua Media (PAM): **0.77** %;

CORPO 2

- Classe di Rischio della costruzione: **G**;
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **20.70** %;
- Valore della Perdita Annua Media (PAM): **8.22** %;

CORPO 3

- Classe di Rischio della costruzione: **G**;
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **20.02** %;
- Valore della Perdita Annua Media (PAM): **8.22** %;

STATO CONSEGUENTE L'INTERVENTO IPOTIZZATO:**CORPO 2**

- Classe di Rischio della costruzione: **B**;
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **60.83** %;
- Valore della Perdita Annua Media (PAM): **0.81** %;

CORPO 3

- Classe di Rischio della costruzione: **B**;
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **61.05** %;
- Valore della Perdita Annua Media (PAM): **0.79** %;

EFFETTO DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO CONSEGUITO MEDIANTE L'INTERVENTO PROGETTATO

Gli interventi strutturali di miglioramento ipotizzati, consentono una riduzione del rischio sismico della costruzione ed il passaggio di un numero di Classi di Rischio, rispetto alla situazione ante opera, pari a:

n. 5 classi.

STIMA DEL COSTO A NUOVO

La scuola ha le seguenti caratteristiche dimensionali:

Superficie lorda:

Piano terra	1.320,29	m ²
Piano primo	689,87	m ²
Totale	2.010,16	m²

Il costo parametrico di costruzione a nuovo per l'edilizia scolastica è stimabile in 1.400,00 €/m².

Costo di realizzazione a nuovo 2.010,16 m² x 1.400,00 €/m² = **€ 2.814.224,00**

L'incidenza del costo delle strutture risulta, per zona a grado di sismicità bassa (Zona 4), dell'ordine del 22%.

Costo a nuovo strutture = $0,22 \times \text{€ } 2.814.224,00 = \text{€ } 619.129,28$

STIMA PRELIMINARE DEI COSTI DI MIGLIORAMENTO

Considerate le criticità individuate con l'analisi e la verifica di vulnerabilità sismica dello stato di fatto per ciascun corpo, è stata sviluppata un'ipotesi d'intervento di miglioramento sismico dell'edificio, che per sommi capi comprende le seguenti opere, cui sono associati i relativi costi:

Per le criticità individuate sono state introdotte, 91 eccezioni per i nodi e 53 eccezioni per elementi beam (travi e pilastri).

Per un parziale di 60 nodi e beam si dovrà intervenire, in via prioritaria, con miglioramento sismico. Sugli ulteriori 84 elementi si opererà con interventi finalizzati al raggiungimento di un valore $\zeta_B \geq 0,6$.

È stata pertanto sviluppata un'ipotesi preliminare d'intervento di miglioramento sismico dell'edificio, che per sommi capi comprende le seguenti opere, cui sono associati i relativi costi:

N. Ordine	DESCRIZIONE	IMPORTO	%
1	Opere provvisoriale (previste in altri interventi)	€ -	0,00%
2	Demolizioni e rimozioni parti strutturali e tamponature	€ 38 000,00	20,00%
3	Rimozione opere accessorie (infissi, impianti, ecc.)	€ -	0,00%
4	Consolidamento fondale (eventuale II fase)	€ -	0,00%
5	Realizzazione strutture sostitutive (eventuale II fase)	€ -	0,00%
6	Realizzazione strutture ausiliarie	€ -	0,00%
7	miglioramento con introduzione di strutture in acciaio	€ 133 000,00	70,00%
8	Adeguamento strutture in c.a.	€ -	0,00%
9	Opere di ripristino finiture (comune ad altri interventi)	€ 19 000,00	10,00%
10	Imprevisti	€ -	0,00%
TOTALE LAVORI MIGLIORAMENTO		€ 190 000,00	100,00%

Data e luogo

Calangianus, lì 24/01/2019

I Tecnici

(Ing. Salvatore Roberto Addis – Ing. Fabio Massimo Satta)