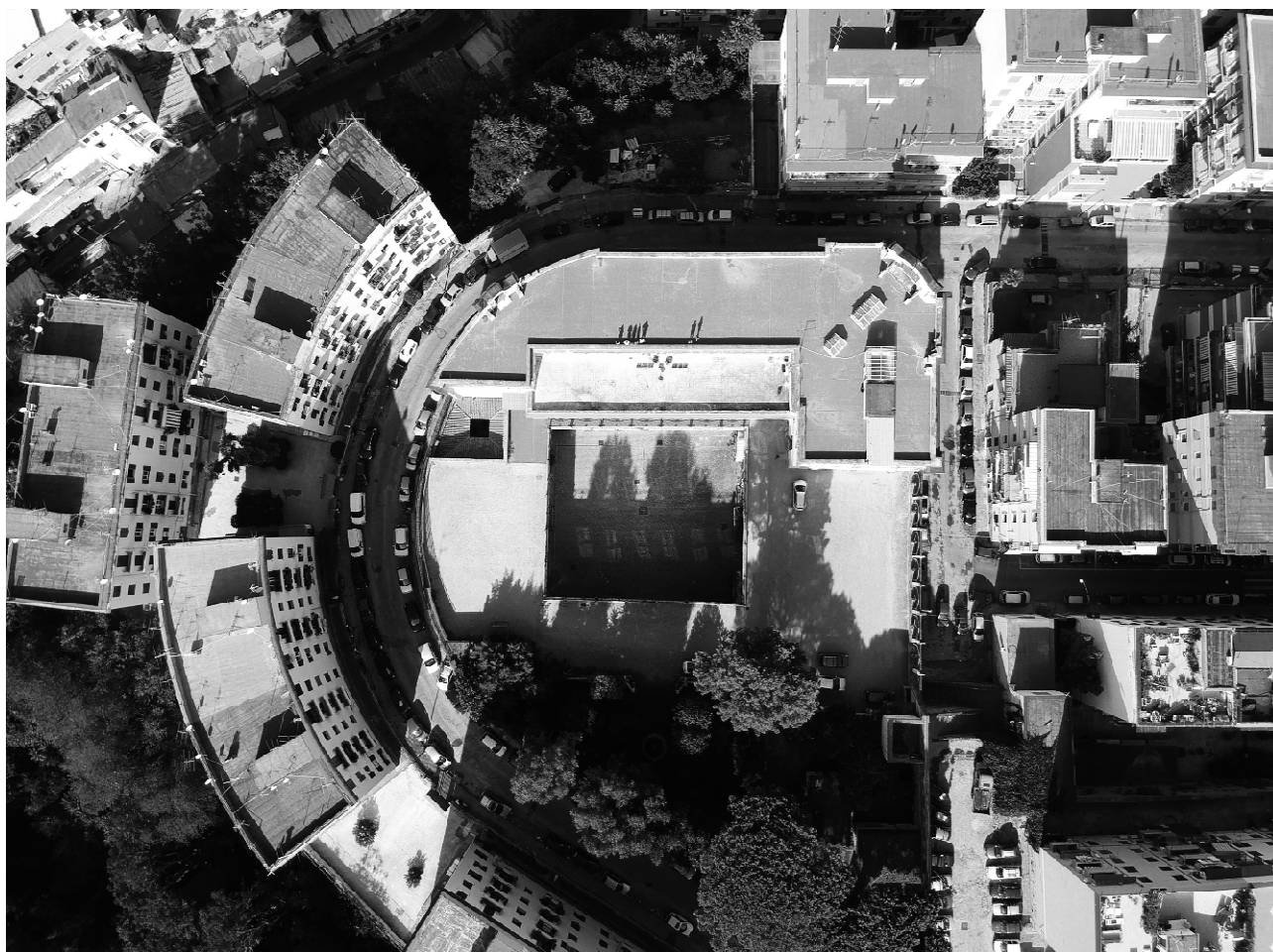


**“Realizzazione di un’attrezzatura di interesse comune destinata a polo multifunzionale di eccellenza per l’alta formazione specialistica, i servizi al lavoro e le iniziative per i giovani” nel complesso immobiliare denominato Istituto *San Giovanni Battista De La Salle***

Via San Giovanni Battista de la Salle n°1

Sezione AVV, foglio 7, particella 247, zona censuaria 7B, categoria B/1, classe U

Quartiere Materdei, Napoli



**[DLS\_E\_STR\_R\_002] Relazione Tecnica Generale**

Progetto esecutivo

**Ing. Canio Tuozzolo**



**Committente**  
**Generazione Vincente S.p.A.**

*Agenzia per il lavoro*

Centro Direzionale di Napoli Isola E7  
80143 Napoli

**Progettazione e Coordinamento delle attività specialistiche**  
**Architetto Giuseppe Vele**

Collaboratori:

Ludovica Reed, Cecilia Polcari, Antonella Guerriero  
Via Giulio Cesare 101 – Napoli; Via Pironti 1/A - Avellino

## **Sommario**

---

|   |    |
|---|----|
| 1. Premesse e riferimenti normativi .....                                 | 3  |
| 2. Descrizione del fabbricato. ....                                       | 3  |
| 3. Criteri progettuali per il miglioramento sismico delle strutture. .... | 6  |
| 4. Materiali delle strutture e Livelli di Conoscenza. ....                | 9  |
| 5. Valore dei carichi assunti per i solai. ....                           | 14 |
| 5.1. Carichi permanenti portati .....                                     | 14 |
| 5.2. Azioni variabili verticali .....                                     | 14 |
| 5.3. Azioni del Vento e della Neve .....                                  | 15 |
| 6. Coefficienti adottati per la valutazione delle azioni sismiche. ....   | 16 |
| 7. Metodi di calcolo adottati. ....                                       | 19 |
| Modellazione della geometria e proprietà meccaniche: .....                | 21 |
| Dimensione del modello strutturale: .....                                 | 21 |
| Strutture verticali: .....  | 21 |
| Strutture non verticali: .....  | 21 |
| Orizzontamenti: .....   | 21 |
| Tipo di vincoli: .....  | 21 |
| 8. sintesi dei risultati e delle verifiche. ....                          | 22 |
| 9. Conclusioni. ....  | 27 |

## 1. Premesse e riferimenti normativi.

La presente relazione verte sulla progettazione strutturale inerente la messa in sicurezza per miglioramento statico/sismico dell'**Istituto Giovanni Battista De La Salle**, in uso alla Società "*Generazione Vincente S.p.A.*", sito in Napoli, nel Quartiere Materdei, tra le vie "Giuseppe Donzelli" e "Giovanni Battista De La Salle", meglio identificato in Catasto al **Foglio 7. P.III 247**.

La presente progettazione strutturale si esegue e si definisce sulla scorta della progettazione architettonica, a firma dell'Arch. Giuseppe Vele, di ri-funzionalizzazione dell'intero immobile, che si concretizza nella "*realizzazione di un'attrezzatura di interesse comune destinata a polo multifunzionale di eccellenza per l'alta formazione specialistica, i servizi al lavoro e le iniziative per i giovani*".

Si specifica che la presente progettazione strutturale, si basa sui rilievi architettonici/strutturali/materici redatti e consegnati dall'Arch. Vele, nonché sui dati provenienti dalle prove condotte in situ e definite nelle fasi di progettazioni precedenti, a cura della Società TecnoLab srl con sede in Via Santella c/o Parco La Perla in S.M.Capua Vetere (CE), pertanto, in questo contesto progettuale si utilizzeranno tutti i dati già acquisiti.

Le normative di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture sono riportate di seguito:

- **Legge 5 Novembre 1971 n. 1086.** *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- **Legge 2 Febbraio 1974 n. 64.** *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*
- **D. Min. Infrastrutture Min. degli Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018** e allegate "*Norme tecniche per le costruzioni*", di seguito **N.T.C 2018**, con particolare riferimento al dettato normativo del **Cap. 8** – "*Costruzioni Esistenti*";
- **Circolare 21 Gennaio 2019 n.º7/C.S.LL.PP**, di seguito **Circ. NTC 2018**.

## 2. Descrizione del fabbricato.

Il Complesso immobiliare *San Giovanni Battista De La Salle* è dolcemente adagiato sulla parte più alta del colle di Fonseca, area esterna alla città murata, chiamato anche il "*Colle della Salute*". La particolarità di quest'area infatti è l'orografia, la posizione geografica del Complesso è perfetta per ricevere da valle le correnti ascensionali che garantiscono nei periodi primaverili ed estivi, un raffrescamento costante di questi spazi. Si tratta di un edificio che copre con la sua mole un intero isolato, la sua forma segue l'orografia del terreno e si adagia lungo le curve di livello, ed è situato a ridosso del Centro Storico. L'edificio originario – il blocco realizzato nel 1929 - è costituito da quattro piani, uno seminterrato e tre fuori terra, è situata sul lato est, si sviluppa dal piano seminterrato fino al secondo e presenta un ingresso monumentale rialzato ad angolo costituito da una grande scalinata sul lato sud-est. Un secondo ingresso carrabile e pedonale è presente sul lato ovest, nella parte più alta dell'isolato, dove si accede a piedi nell'area all'aperto del campus (corrispondente al primo piano) attraversando un giardino che presenta varie essenze arboree. Successivamente alla parte del blocco delle aule e degli uffici, costruito nel 1929, sono stati aggiunti altri 2 corpi

realizzati orientativamente nel 1960, quello della palestra sul lato sud e quello dell'auditorium sul lato nord. Questi due elementi perpendicolari al lato lungo del corpo principale si innestano nel terreno verso la parte più alta della collina e presentano infatti degli spazi in parte seminterrati e in parte fuori terra.

L'edificio principale, afferente al blocco più vetusto, quello tardo Liberty, presenta un'articolazione spaziale molto semplice ed efficace dal punto di vista funzionale: due corpi scala dislocati su i due punti contrapposti della lato lungo e dei connettivi orizzontali (gli atri allungati) che li collegano. Su ambo i lati dei percorsi di collegamento si dispiegano le aule, una dietro l'altra.

Il corpo dell'edificio originario risulta realizzato mediante strutture portanti in muratura di tufo classica napoletana, ad eccezione di una porzione di setto all'ultimo piano, fronteggiante il giardino interno, realizzata probabilmente in una fase successiva a quella del 1929, in mattoni di lapillo-cemento forati a doppia fodera, attualmente fortemente danneggiato con lesioni ad arco passanti lo spessore murario.

Gli altri due corpi, risultano realizzati in conglomerato cementizio armato, il primo – Corpo Palestra - risulta non giuntato dalla attigua muratura dell'edificio originario, mentre l'attuale Sala Auditorium risulta giuntato completamente rispetto alle fabbriche murarie circostanti.

Sebbene esistano pratiche edilizie architettoniche, depositate presso il Comune di Napoli, non esiste nulla in merito alle informazioni di carattere strutturale, con riferimento ai due blocchi realizzati presumibilmente nel 1960 in calcestruzzo armato.

A seguito dei sopralluoghi effettuati è stato eseguito un rilievo dettagliato dei corpi di fabbrica in oggetto, sia per quanto riguarda la parte architettonica, sia per quanto concerne la parte strutturale.

Il fabbricato presenta una pianta conformata a C, costituita da 3 corpi ciascuno di forma rettangolare: il Corpo centrale uso **Istituto Scolastico**, il corpo **Palestra** ed il corpo **Auditorium**, rispettivamente definiti **A, B, C**. I corpi di fabbrica si differenziano per tipologia di struttura portante in direzione verticale; il **Corpo A – Istituto Scolastico**, di cui all'impianto originario, è realizzato con strutture portanti in muratura di tufo e malta di calce, con spessori murari che variano in diminuzione dalle fondazioni alla copertura. Il corpo **B - Palestra**, invece è realizzato con struttura mista, presenta un piccolo telaio in c.a. ad un piano, collocato in un unico grande volume sviluppantesi a tutt'altezza, le cui strutture di copertura si realizzano mediante un graticcio incrociato di travi con sovrastante soletta piena in c.a., il tutto poggiato sulle murature perimetrali d'ambito in tufo giallo napoletano e malta di calce, mediante una trave di coronamento. Il corpo **C - Auditorium**, è realizzato con strutture portanti intelaiate in c.a., si sviluppa su 2 livelli ed è contornato dal tessuto murario originario del primo impianto costruttivo dell'Istituto De La Salle, risultandone completamente giuntato ad esso.

Le strutture portanti verticali del **Corpo A** sono costituite da murature di ambito in mattoni di tufo, a spessore variabile da circa cm 100 nel piano seminterrato, a circa cm 60 al piano secondo. La struttura si realizza con una planimetria a C, la cui anima è costituita da 4 allineamenti murari portanti ai primi 3 livelli, con una riduzione a 3 all'ultimo livello, tutti allineati in direzione longitudinale nord-sud. Le ali della forma a C del corpo di fabbrica risultano costituite invece da allineamenti murari ad incrocio nelle due direzioni principali dell'edificio. In particolare il corpo scale si distribuisce nella zona ad Ovest verso l'Auditorium. Gli orizzontamenti sono tutti in latero cemento gettati in opera con spessori complessivi variabili tra 25 e 24 cm, si realizzano tutti isostaticamente appoggiati agli estremi.

In continuità strutturale con il Corpo – A risultano collegate le strutture del **Corpo B - Palestra**, realizzate mediante 4 allineamenti murari, spessi variabilmente da 125 cm a 85 cm, formanti una scatola chiusa ed un unico grande volume di superficie pari a circa 30,00 mt x 15,00 mt ed altezza pari a 9,50 mt; all'interno si è collocata una piccola struttura in c.a. realizzata a telaio monopiano con con 2 colonne 30x20cm e un doppio ordito di travi di dimensioni pari a 25x70 e 20x50 cm, su cui sono poggiati solai in latero cemento di 18 cm di spessore.

Il **Corpo C – Auditorium**, si realizza giuntato alla restante struttura mediante un telaio in c.a. a due livelli con pilastri di sezione 30x70 e 30x100 e travi di sezione 30x70 ad entrambi i livelli di piano, i solai sono in latero cemento precompresso e prefabbricato di spessore pari a 50 cm



### 3. Criteri progettuali per il miglioramento sismico delle strutture.

Dalle indagini eseguite in situ e da quelle numeriche condotte, è possibile sintetizzare, come di seguito, lo **stato di fatto della struttura**, nelle sue attuali condizioni d'uso.

I. Le fabbriche murarie – “**Maschi Murari**” e “**Fasce di Piano**” – analizzate con riferimento alle **combinazioni per soli carichi verticali**, con un Livello di Conoscenza **LC2 – Estesio**, mostrano carenze dal punto di vista statico, soprattutto per le verifiche fuori piano, in misura più ridotta nel piano. In maggior dettaglio, le verifiche a pressoflessione fuori piano mostrano valori del rapporto Azione/Resistenza maggiori dell'unità soprattutto per i maschi murari negli allineamenti che si distribuiscono in direzione Ovest – Est nel Corpo A quello originario in posizione centrale, quello più vetusto, tra l'altro caratterizzati da un gran numero di aperture e vani finestre, in particolare ai livelli più bassi, con un valore massimo pari a circa **3,38**. Le verifiche a pressoflessione nel piano, invece, risultano in generale meno gravose rispetto a quelle precedentemente esposte, genericamente per quasi tutti i maschi murari, anche se, il rapporto Azione/Resistenza risulta raggiungere valori di picco – concentrati in pochi punti della struttura - pari a **5.00**. Le verifiche a taglio mostrano alcuni comportamenti anomali soprattutto delle fabbriche murarie delle murature ordite in direzione trasversale agli allineamenti est/ovest, ai piani bassi dell'edificio Corpo A (piani seminterrato e terra). Per esso, infatti, i valori del rapporto Azione/Resistenza a taglio raggiungono picchi di circa **2.05**, nel passaggio in quota tra il piano terraneo ed il piano terra, segno evidente di una anomalia funzionale soprattutto a taglio delle strutture in elevazione, anche per soli carichi verticali. Anche le murature poste sulla facciata storica caratterizzanti l'ingresso principale, soffrono le tensioni tangenziali in maniera importante, per esse il valore del rapporto Azione/Resistenza raggiunge valori pari a circa **1.40**.

II. Per quanto concerne i **solai di piano**, le indagini in situ, mostrano comportamenti abbastanza affidabili delle attuali strutture portanti. Tuttavia, dai rilievi effettuati sugli orizzontamenti per quel che concerne le armature, la presenza di soli **2 F16/travetto** in mezzeria con una sezione **8 x 25 cm** resistente ad **interasse 35 cm**, permette la verifica ai carichi verticali previsti per i solai di luce massima pari a 7,00 mt. Gli altri dovranno necessariamente essere rinforzati a flessione alle fibre inferiori. L'orizzontamento di copertura del vano palestra realizzato mediante graticcio di travi e sovrastante piastra in c.a. risulta non essere verificato nelle travi del graticcio, per esse saranno necessari interventi di rinforzo a flessione e taglio. I solai in calcestruzzo armato precompresso e prefabbricato del corpo C – Auditorium non necessitano di interventi di rinforzo. Va sottolineato che i rinforzi con travi d'acciaio disposti alle fibre inferiori del campo di solaio che da luogo all'ingresso all'Auditorium (copertura del piano seminterrato) nel Corpo C – Auditorium devono essere completamente rivisti nei collegamenti (attualmente completamente assenti) ed in alcuni elementi già deteriorati. In ultimo si segnalano, soprattutto all'intradosso dei campi di solaio a copertura del colonnato del giardino interno, ma anche in altre zone del fabbricato, problemi di sfondellamento dei solai nella loro parte di laterizio. Sarà necessario la relativa ricostruzione.

III. **Le travi di piano ed i pilastri in c.a. dei telai afferenti al Corpo C** si presentano con armature inadeguate a sostenere gli attuali livelli tensionali indotti dagli scarichi degli orizzontamenti ipotizzati con schemi continui su 2 appoggi e relativo sbalzo verso le murature d'ambito circostanti, soprattutto per le travi del 1° impalcato ed i pilastri del 1° ordine. Le verifiche a flessione e a taglio lato acciaio non risultano verificate, pertanto saranno necessari interventi di rinforzo soprattutto nelle zone nodali trave/pilastro ed in maniera generalizzata sulle travi del 1° impalcato.

**IV. Il maschio murario disposto in falso** al 2° livello sovrastante il vano scale, realizzato con murature di blocchi di lapillo/cemento va completamente sostituito per via dell'importante quadro fessurativo ivi esistente, in quanto non assolve la funzione portante del solaio di copertura ivi appoggiato.

**V. Le colonne murarie** presenti nel colonnato d'ambito al piano seminterrato affacciatisi sulla corte interna non rispettano le verifiche a pressoflessione e taglio previste in normativa, andranno pertanto rinforzate con fasciature discontinue in FRP sulla altezza fino all'imposta degli archi ivi esistenti.

Da quanto sopra esposto, gli interventi utili all'adeguamento statico/sismico ed alla protezione delle strutture del fabbricato in oggetto, possono esplicitarsi in quelli di seguito esposti:

1. **Rinforzo in più zone di fabbriche murarie in elevato**, mediante interventi di ristilatura semplice e/o armata dei giunti di malta dei maschi che non soddisfano le verifiche a pressoflessione fuori piano, nel piano e quelle a taglio, precedentemente enunciate. Tale rinforzo si concentrerà soprattutto nei livelli più bassi dell'edificio per rendere la struttura più resistente e rigida nelle zone di maggior cimento statico e dinamico.
2. **Rinforzi a flessione dei solai di piano del Corpo A aventi luce di calcolo superiore a 7,00 mt.** In particolare per gli impalcati dal 1° al 4° del Corpo A, solo per quelli aventi luce superiore a 7,00 mt sarà realizzata un rinforzo a flessione mediante applicazione di fasce in FRP alle fibre inferiori dei travetti. Infatti le armature esistenti pari ad 1F16/appoggi e 2F16/mezzeria non risultano sufficienti ai fini delle verifiche flessionali previste per i carichi in progetto.
3. **Rinforzo mediante fasciature FRP delle travi di impalcato del 1° e 2° livello dei telai in c.a. del Corpo C - Auditorium.** In maggior dettaglio i rinforzi dovranno prevedersi in particolar modo per i nodi trave/pilastro ed in maniera estesa a tutte le travi del 1° impalcato, oltre alle travi del 2° impalcato lato sbalzo.
4. **Rinforzo mediante placcaggio con fibre FRP del colonnato in muratura che si affaccia sul giardino interno.** Siffatti elementi strutturali saranno decorticati del loro strato superficiale di intonaco dal piede fino alla quota di imposta degli archi esistenti, dopodichè saranno applicate fibre di carbonio F.R.P. di larghezza pari a 200 mm passo 400 mm per tutto il fusto del pilastro.
5. **Sistemazione delle giunzioni di acciaio e sostituzione degli elementi ammalorati in acciaio dei rinforzi esistenti al di sotto del campo di solaio il cui calpestio rappresenta la zona di accesso alla Aula Auditorium.** Il solaio in latero cemento è stato nel tempo rinforzato con i suddetti elementi in acciaio ma questi risultano sconnessi tra loro e semplicemente appoggiati ai pilastri in muratura di mattoni. È necessario pertanto collegarli con staffe imbullonate e/o saldate. Inoltre è necessario fasciare con la stessa tecnica del p.to 4 i 6 pilastri murari in blocchi di mattoni pieni ivi esistenti e reggenti il sistema di travi di acciaio da ottimizzare..
6. **Ricostruzione della muratura trasversale nella Sala Conferenze al piano terra** mediante realizzazione di mazzette in murature di laterizio pieno e malta di calce della lunghezza di 100 cm/mazzetta da connettere alla muratura esistente.
7. **Rinforzi a flessione e a taglio mediante fibre FRP sono da prevedersi nelle zone di appoggi e mezzeria** delle travi 20x90 cm rappresentanti il graticciato di copertura del Corpo B – Palestra. I

suddetti interventi sono da considerarsi in avvolgimento sulla sezione libera ad U delle travi nelle porzioni debitamente segnalate sui grafici di progetto.

8. **Sostituzione della muratura in falso esistente al 2° piano sul vano scale.** Siffatta soluzione discende dal fatto che in situ è stata riscontrata una muratura a doppia fodera, con intercapedine interna, realizzata con mattoni di cemento cavi, evidentemente rappresentante una soluzione posticcia di interventi avvenuti in passato. Saranno demolite le porzioni di muratura interna ed esterna e sostituite con mattoni di tufo, identici per qualità e tipologia a quelli esistenti nei setti adiacenti, mediante la operazione del cuci e scuci saranno debitamente cinnesse alle altre murature d'ambito. Inoltre al lembo inferiore del solaio su cui poggerà questa nuova muratura, sarà previsto un rinforzo del solaio che deve comunque reggere il nuovo peso, mediante introduzione di un telaio piano collegato dir ettamente in quota alle murature d'ambito. Le sezioni delle travi saranno del tipo HEA 260 in acciaio S275.



#### 4. Materiali delle strutture e Livelli di Conoscenza.

Le strutture portanti caratterizzanti il complesso architettonico dell'Istituto **Giovan Battista De La Salle** sono costituite da murature e conglomerato cementizio armato. Di seguito, si rappresentano le caratteristiche meccaniche dapprima per le "Murature", successivamente per il "Conglomerato cementizio armato".

La muratura in una costruzione esistente è il risultato dell'assemblaggio di materiali diversi, in cui la tecnica costruttiva, le modalità di posa in opera, le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti e il loro stato di conservazione, determinano il comportamento meccanico dell'insieme. La misura diretta delle caratteristiche meccaniche della muratura avviene mediante l'esecuzione di prove in-situ su porzioni di muratura, o di prove in laboratorio su elementi indisturbati prelevati in-situ, ove questo sia possibile. Laddove invece non sia possibile reperire dati sulla base di prove in situ, le informazioni si possono desumere da metodi di prova non distruttivi, utili anche ad estendere all'intero edificio i risultati ottenuti a livello locale con prove distruttive o mediante distruttive.

In particolare, la **tabella C8.5.I della Circ. NTC 2018**, riporta, per il comportamento delle tipologie murarie più ricorrenti, indicazioni, non vincolanti, sui possibili valori dei parametri meccanici, identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi e relativi, sotto le seguenti ipotesi:

- malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione  $f_m=0,7\div 1,5$  N/mm<sup>2</sup>);
- assenza di ricorsi (listature);
- paramenti semplicemente accostati o mal collegati;
- tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;
- muratura non consolidata.

Per interpretare fenomeni pregressi e/o per cercare di stimare fenomeni futuri a tempi lunghi è bene considerare che nel materiale muratura sono presenti fenomeni consistenti di deformazioni lente plastiche e di viscosità, con comportamenti meccanici anche notevolmente differenti da quelli a tempi brevi, che possono dare luogo ad una redistribuzione dei picchi di sollecitazione.

Di seguito si riporta la **tabella C8.5.I della Circ. NTC 2018**, evidenziando con un riquadro rosso la tipologia di muratura a cui si potrebbero riferire le strutture verticali portanti dell'edificio oggetto di studio.

| Tipologia di muratura  | f                    | $\tau_0$             | $f_{v0}$             | E                    | G                    | w                    |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
|  | min-max              | min-max              |                      | min-max              | min-max              |                      |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)         | 1,0-2,0              | 0,018-0,032          | -                    | 690-1050             | 230-350              | 19                   |
| Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)               | 2,0                  | 0,035-0,051          | -                    | 1020-1440            | 340-480              | 20                   |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                    | 2,6-3,8              | 0,056-0,074          | -                    | 1500-1980            | 500-660              | 21                   |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                     | 1,4-2,2              | 0,028-0,042          | -                    | 900-1260             | 300-420              | 13 ÷ 16(**)          |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)          | 2,0-3,2              | 0,04-0,08            | 0,10-0,19            | 1200-1620            | 400-500              |                      |
| Muratura a blocchi lapidei squadrati   | 5,8-8,2              | 0,09-0,12            | 0,18-0,28            | 2400-3300            | 800-1100             | 22                   |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)                                   | 2,6-4,3              | 0,05-0,13            | 0,13-0,27            | 1200-1800            | 400-600              | 18                   |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%) | 5,0-8,0              | 0,08-0,17            | 0,20-0,36            | 3500-5600            | 875-1400             | 15                   |

**Fig.8:** Tabella C.8.5.I estratta dalla **Circ. NTC 2018 - §. C.8.5.3**

In particolare si esplicitano i significati dei simboli utilizzati in tabella:

- $f$  = resistenza media a compressione;
- $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3 della **Circ. NTC 2018**);
- $fv_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3 della **Circ. NTC 2018**);
- $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale;
- $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale;
- $w$  = peso specifico medio.

Le murature di tufo si distinguono in 2 tipologie, in funzione della regolarità o meno dei blocchi di pietra nella tessitura muraria; in particolare il caso di studio afferisce alla “**Muratura a Conci regolari di pietra tenera**”.

Inoltre, le caratteristiche meccaniche della muratura, in uno stato di fatto migliore di quello indicato nella **Tabella C8.5.I**, possono ottenersi applicando (indicativamente e salvo più dettagliate valutazioni) i coefficienti migliorativi di **Tabella C8.5.II**, che si riporta di seguito.

| Tipologia di muratura  | Stato di fatto |                     |                         | Interventi di consolidamento     |                     |   |                                  |
|--|----------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------|---|----------------------------------|
|  | Malta buona    | Ricorsi o listature | Connessione trasversale | Iniezione di miscele leganti (*) | Intonacoarmato (**) | Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**) | Massimo coefficiente complessivo |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)         | 1,5            | 1,3                 | 1,5                     | 2                                | 2,5                 | 1,6   | 3,5                              |
| Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo                   | 1,4            | 1,2                 | 1,5                     | 1,7                              | 2,0                 | 1,5   | 3,0                              |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                    | 1,3            | 1,1                 | 1,3                     | 1,5                              | 1,5                 | 1,4   | 2,4                              |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                     | 1,5            | 1,2                 | 1,3                     | 1,4                              | 1,7                 | 1,1   | 2,0                              |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)               | 1,6            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,5                 | 1,2   | 1,8                              |
| Muratura a blocchi lapidei quadrati  | 1,2            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,2                 | -   | 1,4                              |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce   | (***)          | -                   | 1,3 (****)              | 1,2                              | 1,5                 | 1,2   | 1,8                              |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%) | 1,2            | -                   | -                       | -                                | 1,3                 | -   | 1,3                              |

**Fig.9:** Tabella C.8.5.II estratta dalla **Circ. NTC 2018 - §. C.8.5.3.**

I coefficienti correttivi riportati in tabella sono quelli massimi da applicarsi in presenza di:

- malta di caratteristiche buone;
- ricorsi o listature;
- sistematiche connessioni trasversali;
- consolidamento con iniezioni di malta;
- consolidamento con intonaco armato;
- ristilatura armata con connessione dei paramenti

In particolare, per quanto concerne lo **Stato di Fatto** della costruzione in oggetto, i parametri meccanici delle murature saranno desunti in parte dalla **tabella C8.5.I** della **Circ. NTC 2018**, con riferimento alla tipologia “**Muratura a conci regolari di pietra tenera**”, senza incremento alcuno dei rispettivi parametri meccanici.

In maggior dettaglio, si specifica che per le prove sui materiali indirizzate alla conoscenza della tipologia di muratura e calcestruzzi esistenti nel complesso strutturale *de\_quo*, sono state condotte in maniera “**Estesa**” così come indicato nella Circ. NTC 2018 al §.C.8.5.3, dove per “**prove estese**” per le murature si intende “*indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali. Si prevedono saggi estesi, sia in superficie sia nello spessore murario (anche con endoscopie), mirati alla conoscenza dei materiali e della morfologia interna della muratura, all’individuazione delle zone omogenee per materiali e tessitura muraria, dei dispositivi di collegamento trasversale, oltre che dei fenomeni di degrado. È inoltre prevista l’esecuzione di analisi delle malte e, se significative, degli elementi costituenti, accompagnate da tecniche diagnostiche non distruttive (penetrometriche, sclerometriche, soniche, termografiche, radar, ecc.) ed eventualmente integrate da tecniche moderatamente distruttive (ad esempio martinetti piatti), finalizzate a classificare in modo più accurato la tipologia muraria e la sua qualità*”, mentre **per il calcestruzzo** si intende “*prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente (Prove Limitate) e finalizzate a fornire informazioni in assenza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova o quando i valori ottenuti con le prove limitate risultino inferiori a quelli riportati nei disegni o sui certificati originali*”.

Nel dettaglio sull’edificio in oggetto sono state eseguite le seguenti prove:

- carotaggi su strutture in c.a.
- profondità di carbonatazione dei campioni di calcestruzzo;
- determinazione dell’indice sclerometrico;
- prova ultrasonica;
- localizzazione e dimensionamento delle barre di armatura;
- estrazione barre di armature;
- prove durometriche in situ;
- martinetti piatti;
- determinazione resistenza delle malte per penetrazione;
- prove endoscopiche;
- prove di carico sui solai.

Il tutto viene meglio rappresentato nei documenti allegati di prove materiali che fa parte integrante del presente documento, di cui di seguito se ne riporta uno stralcio, nella parte maggiormente utile ai fini del mero calcolo strutturale.

Per quanto concerne le **murature d’ambito**, dalle prove eseguite e dai parametri desumibili (per quelli mancanti nelle prove) dalla tabella di cui alla Fig. 8, è possibile definire le seguenti caratteristiche meccaniche

| <b>Muratura originaria - LC = 2 - FC = 1.20</b>           |                        |                        |                        |                        |            |             |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------|-------------|
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (Tab. C.8.5.I) |                        |                        |                        |                        |            |             |
| <b>f<sub>m</sub></b>                                      | <b>τ<sub>0</sub></b>   | <b>f<sub>v0</sub></b>  | <b>E</b>               | <b>G</b>               | <b>δ</b>   | <b>W</b>    |
| [daN/cm <sup>2</sup> ]                                    | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [-]        | [daN/mc]    |
| <b>28.5</b>   | <b>0.6</b>             | <b>1.45</b>            | <b>7026</b>            | <b>2509</b>            | <b>0.4</b> | <b>1500</b> |

Fig.10: Tabella del Materiale Muratura nello Stato di Fatto

Per quanto concerne il cacestruzzo invece il parametro fondamentale relativo alla resistenza media dei provini prelevati, supportati dalle prove ultrasoniche e sclerometriche in situ risulta:

| Sigla                                     | ELEMENTO                   | battute sclerometriche<br>valori di rimbalzo |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       | ultrasuoni |         |       |        | Eo     |        |        |        |            |       |
|---|----------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|
|   |                            | media pesata                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       | d          | ritardo | v     | v1     |        | Rcls 1 | Rcls 2 | Rcls 3 | Rcls medio |       |
|   |                            |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       | cm         | sec-6   | m/sec | m/sec  | in MPa | in MPa | in MPa | in MPa | in MPa     |       |
| C1  | PIL. - P.SEMINT. CORPO C   | 36   | 32 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34    | 34,00      | 15      | 54,0  | 1911   | 2779,5 | 24,00  | 25,12  | 23,47  | 24,20      | 14192 |
| C2  | PIL. - P.RIALZ. CORPO C    | 36   | 32 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34    | 34,00      | 15      | 52,2  | 1975   | 2871,9 | 26,11  | 26,69  | 25,43  | 26,07      | 15151 |
| C3  | TR. - PALESTRA CORPO B     | 28   | 30 | 32 | 28 | 34 | 28 | 26 | 30 | 28 | 30 | 26 | 30    | 29,00      | 15      | 46,5  | 2219   | 3226,8 | 28,00  | 27,16  | 28,57  | 27,91      | 19127 |
| C4  | TR. - PALESTRA CORPO B     | 28   | 32 | 30 | 28 | 26 | 24 | 28 | 30 | 36 | 30 | 26 | 24    | 28,20      | 15      | 45,8  | 2252   | 3274,8 | 27,93  | 26,95  | 28,76  | 27,88      | 19701 |
| S1  | TR. - PALESTRA CORPO B     | 28   | 30 | 32 | 34 | 32 | 30 | 26 | 28 | 30 | 32 | 30 | 32    | 30,40      | 15      | 47,7  | 2163   | 3145,3 | 28,07  | 27,47  | 28,21  | 27,92      | 18174 |
| S2  | TR. - PALESTRA CORPO B     | 30   | 32 | 34 | 32 | 30 | 26 | 28 | 30 | 32 | 30 | 32 | 34    | 31,00      | 15      | 49,9  | 2066   | 3004,3 | 25,65  | 25,86  | 25,74  | 25,75      | 16580 |
| S3  | TR. - PALESTRA CORPO B     | 30   | 30 | 26 | 30 | 30 | 28 | 32 | 30 | 32 | 30 | 32 | 30    | 30,20      | 15      | 49,7  | 2074   | 3016,6 | 24,96  | 25,22  | 25,30  | 25,16      | 16717 |
| S4  | SOLETTA - PALESTRA CORPO B | 32   | 32 | 28 | 32 | 34 | 30 | 30 | 32 | 30 | 26 | 32 | 30    | 30,80      | 15      | 49,9  | 2066   | 3005   | 25,43  | 25,68  | 25,58  | 25,56      | 16588 |
| S5  | SOLETTA - PALESTRA CORPO B | 30   | 32 | 30 | 32 | 32 | 26 | 30 | 26 | 28 | 30 | 32 | 30,20 | 15         | 52,7    | 1959  | 2848,6 | 21,53  | 22,68  | 21,99  | 22,07  | 14907      |       |
| S6  | SOLETTA - PALESTRA CORPO B | 32   | 30 | 32 | 32 | 30 | 30 | 28 | 30 | 28 | 30 | 26 | 30    | 30,00      | 15      | 51,8  | 1991   | 2895,2 | 22,23  | 23,18  | 22,72  | 22,71      | 15398 |
| S7  | PIL. - P.SEMINT. CORPO C   | 36   | 32 | 32 | 36 | 34 | 32 | 6  | 34 | 32 | 36 | 34 | 36    | 33,80      | 15      | 56,5  | 1826   | 2655,9 | 21,16  | 22,93  | 20,87  | 21,65      | 12958 |
| S8  | TR. - P.SEMINT. CORPO C    | 36   | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36    | 34,00      | 15      | 51,0  | 2023   | 2942,4 | 27,79  | 27,92  | 26,98  | 27,56      | 15905 |
| S9  | TR. - P.SEMINT. CORPO C    | 34   | 32 | 36 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 36    | 34,40      | 15      | 47,5  | 2173   | 3159,9 | 33,98  | 32,32  | 32,52  | 32,94      | 18342 |
| S10                                       | PIL. - P.RIALZ. CORPO C    | 34   | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 34 | 32 | 36 | 34    | 33,80      | 15      | 49,1  | 2103   | 3058,1 | 30,44  | 29,76  | 29,46  | 29,89      | 17179 |
| S11                                       | PIL. - P.RIALZ. CORPO C    | 36   | 34 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 36 | 34 | 36    | 34,60      | 15      | 48,1  | 2142   | 3115,5 | 33,04  | 31,71  | 31,61  | 32,12      | 17831 |
| S12                                       | TR. - P.RIALZ. CORPO C     | 36   | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34 | 32 | 36 | 34    | 34,40      | 15      | 46,5  | 2219   | 3226,8 | 35,87  | 33,60  | 34,23  | 34,56      | 19127 |
| <b>MEDIE COMPLESSIVE</b>                  |                            |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |            |         |       |        |        |        |        |        |            |       |
| 27,26    27,14    26,97    27,12    16742 |                            |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |            |         |       |        |        |        |        |        |            |       |

Fig.11: Risultanza prove ultrasoniche e sclerometriche combinate con le prove di rottura a compressione provini estratti

La **resistenza cubica a compressione media** che restituiscono le prove è pertanto pari a

$$R_{cm} = 270 \text{ daN/cm}^2 - R_{ck} 22/27$$

Per quanto concerne le prove sugli acciai in barre risultano i seguenti valori medi di resistenza a trazione:

| Sigla | Diametro $\phi$ [mm] (*) | Sez. [mm <sup>2</sup> ] | All.to rottura A5% | Forza di snervam. [kN] | Forza di Rottura [kN] | Tens. Di Sner.to fy [N/mm <sup>2</sup> ] | Tensione di Rottura ft [N/mm <sup>2</sup> ] | Rapporto ft/fy | Piega (esito) (**) |
|-------|--------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|--|---|----------------|--------------------|
| E1    | 9,00                     | 63,62                   | 24,00              | 31,16                  | 36,76                 | 489,8                                    | 577,8                                       | 1,18           | **                 |
| E2    | 9,00                     | 63,62                   | 23,50              | 32,04                  | 37,01                 | 503,7                                    | 581,8                                       | 1,16           | **                 |
| E3    | 12,50                    | 122,71                  | 25,00              | 60,01                  | 75,48                 | 489,0                                    | 615,1                                       | 1,26           | **                 |

Fig.12: Risultanze prove di trazione sugli acciai

La **resistenza a trazione media** è pertanto pari a

$$f_m = 4940 \text{ daN/cm}^2$$

Per quanto concerne ogni altro dettaglio sulle prove – materiali eseguite si faccia riferimento al documento “**Certificato Mon 3742**” del 17/02/2020 con prove eseguite in data 12-18-19 dicembre 2019 dalla **Società Tecnolab srl** Aut. Min. N. 9442/2012 R.309/2015 – Certificato UNI EN ISO 9001:2008 EA35 O.N. Re 350/11M/127 D.Mise 12/03/2015.

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive dell’opera, sono individuati i “**livelli di conoscenza**” dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati **fattori di confidenza**, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente:

- **LC1;**

- LC2;
- LC3.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria della struttura;
- dettagli costruttivi;
- proprietà dei materiali;
- connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso.

Specifica attenzione dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili, laddove esistenti.

I fattori di confidenza sono utilizzati per la riduzione dei valori dei parametri meccanici dei materiali e devono essere intesi come indicatori del livello di approfondimento raggiunto. Limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche di singoli componenti (ad esempio solai sui quali siano state condotte indagini particolarmente accurate) oppure di verifiche sismiche nei riguardi dei meccanismi locali, è possibile adottare livelli di conoscenza differenziati rispetto a quelli impiegati nelle verifiche sismiche globali.

Nel corso della serie di sopralluoghi sull'edificio oggetto di intervento, di cui alle pagine precedenti, sono state condotte verifiche di dettaglio, nonché rilevate posizioni e dimensioni degli elementi strutturali. I rilievi effettuati sono stati incrociati con i risultati di sondaggi superficiali *in situ*.

Si può riassumere che:

- per la **geometria dell'impianto strutturale** si è fatto riferimento ad un *rilievo ex-novo* dell'intera struttura;
- per i **dettagli costruttivi** sono state condotte *verifiche in situ estese*;
- per le **proprietà dei materiali** si sono effettuate *estese prove in situ*, facendo riferimento per le caratteristiche di resistenza e rigidità dei materiali, a quelle desunte dalle prove effettuate in situ sia sulle murature che sui calcestruzzi e relative armature; per le murature inoltre si sono confrontati i valori ottenuti in situ con quelli desumibili dalla **Tab. C.8.5.I della Circ. NTC 2018**, essendo la muratura in esame riconducibile alla tipologia muraria di cui alla suddetta tabella, definibile come **"Muratura a Conci regolari di pietra tenera"** la pratica impossibilità ad estrarre provini di calcestruzzo e di ferro sulle strutture esistenti in situ, data la sua attuale evidente vulnerabilità dettata dal suo quadro fessurativo e deformativo.

In base alle indagini effettuate, la conoscenza della struttura si stima ad un livello limitato, corrispondente a **LC2**.

Pertanto, nelle analisi numeriche - **per tutti i materiali costituenti la costruzione** - sarà utilizzato un **fattore di confidenza** in valore pari a quello corrispondente al Livello di Conoscenza LC1 previsto da norma, pari cioè a

$$FC = 1,20.$$

## 5. Valore dei carichi assunti per i solai.

### 5.1. Carichi permanenti portati

I carichi permanenti portati sono quelli afferenti ai solai di piano, riportati di seguito nel loro valore caratteristico, differenziati piano per piano:

|  |                        |
|--|------------------------|
| CORPO A - 1° - 2° IMPALCATO - Aulee cat. C1: $G_{2k}$            | 205 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO A 3° IMPALCATO - Residenza cat. A: $G_{2k}$                | 205 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO A - 4° IMPALCATO - Coperture cat. F: $G_{2k}$              | 315 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 1-2° IMPALCATO - Uffici cat. - B2: $G_{2k}$            | 205 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 1° IMPALCATO Bouvette- cat. C1: $G_{2k}$               | 250 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 1° IMPALCATO Ballatoio sottocolonnato- cat. C $G_{2k}$ | 250 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 2° IMPALCATO BALLATOIO Parcheggio- cat. F: $G_{2k}$    | 315 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO C - 1° IMPALCATO - cat. C2: $G_{2k}$                       | 280 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO C - 2° IMPALCATO Copertura Vanella in acciaio: $G_{2k}$    | 10 daN/m <sup>2</sup>  |
| CORPO C - 2° IMPALCATO Copertura Parcheggio- cat. F: $G_{2k}$    | 315 daN/m <sup>2</sup> |

Si faccia inoltre riferimento al §.2.8.7 della presente Relazione di Calcolo Strutturale, laddove si riportano per ciascun impalcato l'analisi completa dei carichi ed il valore complessivo unitario agente su ciascun impalcato.

### 5.2. Azioni variabili verticali

I carichi permanenti portati sono quelli afferenti ai solai di piano, riportati di seguito nel loro valore caratteristico, differenziati piano per piano.

|  |                        |
|--|------------------------|
| CORPO A - 1° - 2° IMPALCATO - Aulee cat. C1: $G_{2k}$            | 300 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO A 3° IMPALCATO - Residenza cat. A: $G_{2k}$                | 200 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO A - 4° IMPALCATO - Coperture cat. F: $G_{2k}$              | 50 daN/m <sup>2</sup>  |
| CORPO B - 1-2° IMPALCATO - Uffici cat. - B2: $G_{2k}$            | 300 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 1° IMPALCATO Bouvette- cat. C1: $G_{2k}$               | 300 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 1° IMPALCATO Ballatoio sottocolonnato- cat. C $G_{2k}$ | 400 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO B - 2° IMPALCATO BALLATOIO Parcheggio- cat. F: $G_{2k}$    | 250 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO C - 1° IMPALCATO - cat. C2: $G_{2k}$                       | 400 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO C - 2° IMPALCATO Copertura Vanella in acciaio: $G_{2k}$    | 100 daN/m <sup>2</sup> |
| CORPO C - 2° IMPALCATO Copertura Parcheggio- cat. F: $G_{2k}$    | 250 daN/m <sup>2</sup> |



### 5.3. Azioni del Vento e della Neve

Le azioni del vento sono definite al § 3.3 delle NTC 2018.

Nelle stesse norme sono individuate le metodologie per valutare l'effetto dell'azione sia come effetto statico che dinamico. Le strutture andranno progettate e verificate nel rispetto di queste azioni.

#### NEVE:

Zona Neve = III

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1.00

Valore caratteristico del carico al suolo =  $q_{sk} C_e = 60 \text{ daN/mq}$

Copertura ad una falda: orizzontale

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 0.0^\circ$

$\mu_1 = 0.80 \Rightarrow Q_1 = 48 \text{ daN/mq}$

#### VENTO:

Zona vento = 3

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 27 \text{ m/s}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 500 \text{ m}$  (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 17 \text{ m}$

Velocità di riferimento,  $V_b = 27.00 \text{ m/s}$  ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50 \text{ anni}$

$C_r = 1$  per  $T_r = 50 \text{ anni}$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 27.00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: A

[Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m]

Categoria esposizione: (Zona costiera entro 10 km dal mare) tipo IV

( $K_r = 0.22$ ;  $Z_o = 0.30 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 8 \text{ m}$ )

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 46 \text{ daN/mq}$

Coefficiente di forma,  $C_p = 1.00$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1.00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 2.07$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1.00$

Altezza dell'edificio,  $h = 15.00 \text{ m}$

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 94 \text{ daN/mq}$

#### TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA:

Zona: II

$T_{min} = -8.10^\circ$  [NTC 3.5.3]

$T_{max} = 41.97^\circ$  [NTC 3.5.4]

## 6. Coefficienti adottati per la valutazione delle azioni sismiche.

Per le azioni sismiche si devono rispettare le prescrizioni di cui al § 3.2. e al § 7.8 e § 8.7 delle NTC 2018.

Per la determinazione degli effetti di tali azioni si farà di regola riferimento alle masse corrispondenti ai pesi propri ed ai carichi permanenti e considerando - con un coefficiente  $\psi_2$  - il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi variabili di piano in funzione della loro destinazione d'uso.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

Le informazioni sulla pericolosità sismica della città di **Napoli**, area in cui è ubicato il sito, sono le seguenti (con riferimento ai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>):

| <b>Id nodo</b> | <b>Longitudine</b> | <b>Latitudine</b> | <b>Distanza</b> |
|----------------|--------------------|-------------------|-----------------|
|                |                    |                   | Km              |
| Loc.           | 14.260             | 40.855            |                 |
| 33200          | 14.217             | 40.833            | 4.352           |
| 33201          | 14.283             | 40.832            | 3.196           |
| 32979          | 14.284             | 40.882            | 3.606           |
| 32978          | 14.218             | 40.883            | 4.693           |

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento **Vr** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura).

| <b>Parametri della struttura</b> |                       |                   |                          |                      |                              |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| <b>Classe d'uso</b>              | <b>Vita Vn [anni]</b> | <b>Coeff. Uso</b> | <b>Periodo Vr [anni]</b> | <b>Tipo di suolo</b> | <b>Categoria topografica</b> |
| III                              | 50.0                  | 1.5               | 75.0                     | C                    | T1                           |

Fissato il periodo di riferimento **Vr** e la probabilità di superamento **Pver** associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno **Tr** e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

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

| <b>SL</b> | <b>Pver</b> | <b>Tr</b> | <b>ag</b> | <b>Fo</b> | <b>T*c</b> |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|           |             | Anni      | g         |           | sec        |
| SLO       | 92.0        | 30.0      | 0.045     | 2.340     | 0.280      |
| SLD       | 92.0        | 30.0      | 0.045     | 2.340     | 0.280      |
| SLV       | 73.0        | 57.0      | 0.064     | 2.330     | 0.310      |
| SLC       | 62.0        | 78.0      | 0.075     | 2.330     | 0.320      |

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \cdot S_t$  (3.2.3)

Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

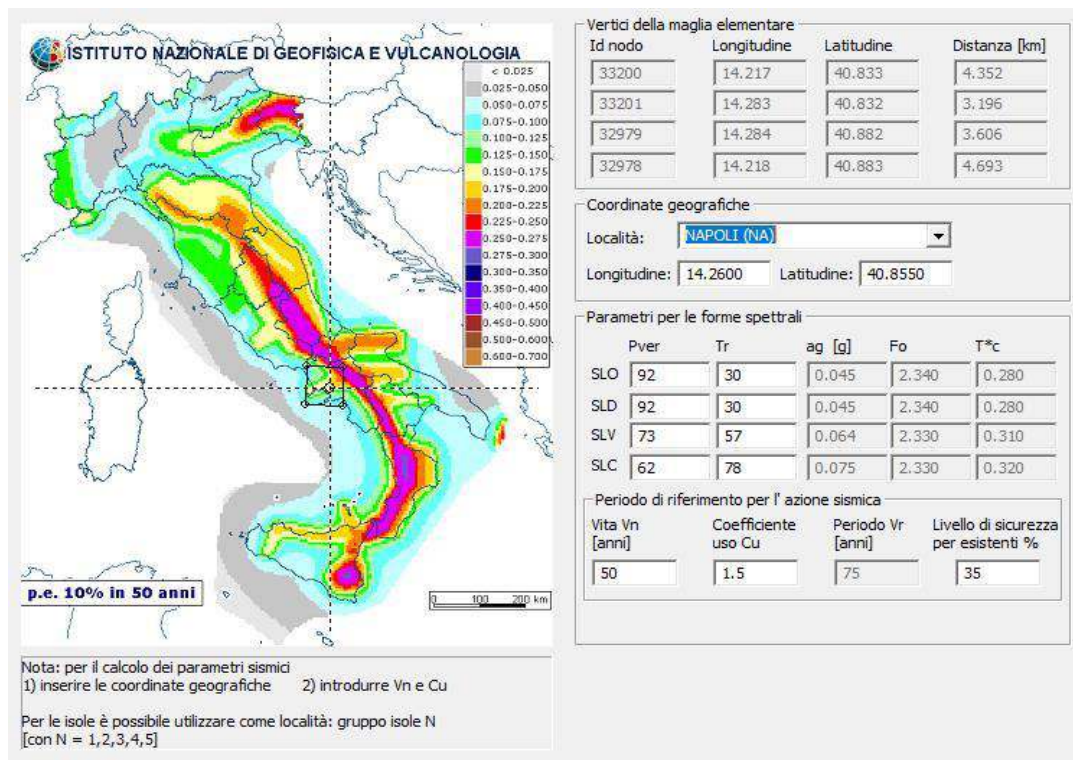
Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

| SL  | ag    | S     | Fo    | Fv    | Tb    | Tc    | Td    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | g     |       |       |       | sec   | sec   | sec   |
| SLO | 0.045 | 1.500 | 2.340 | 0.668 | 0.149 | 0.447 | 1.779 |
| SLD | 0.045 | 1.500 | 2.340 | 0.668 | 0.149 | 0.447 | 1.779 |
| SLV | 0.064 | 1.500 | 2.330 | 0.793 | 0.160 | 0.479 | 1.854 |
| SLC | 0.075 | 1.500 | 2.330 | 0.863 | 0.163 | 0.489 | 1.901 |



**Fig. 13 – Parametri sismici.**

Lo Spettro elastico di riferimento, per la componente orizzontale del sisma  $S_e(T)$ , sono definiti sulla base dei parametri specificati nel § 3.2.3.2.1 e nel § 3.2.3.2.2 delle NTC 2018, in funzione dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica prima definiti per il sito in questione.

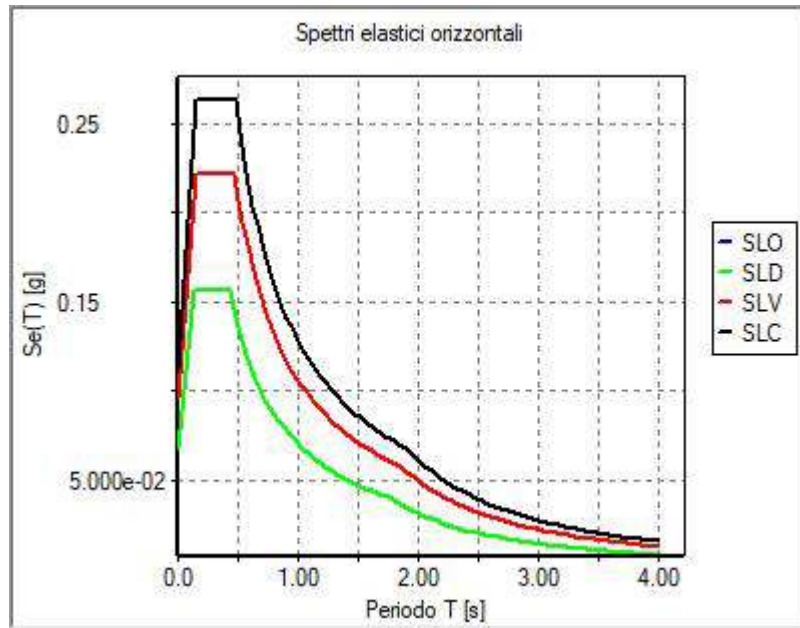


Fig. 14 – Spettri elastici orizzontali.

## 7. Metodi di calcolo adottati.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate; le configurazioni studiate per la struttura in esame **sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.**

| <b>Tipo di analisi strutturale</b>          |                 |
|---|-----------------|
| Statica lineare                             | SI              |
| Statica non lineare                         | NO              |
| Sismica statica lineare                     | NO              |
| Sismica dinamica lineare                    | SI              |
| Sismica statica non lineare (prop. masse)   | NO              |
| Sismica statica non lineare (prop. modo)    | NO              |
| Sismica statica non lineare (triangolare)   | NO              |
| Non linearità geometriche (fattore P delta) | NO              |
| <b>Progetto-verifica degli elementi</b>     |                 |
| Progetto cemento armato                     | D.M. 17-01-2018 |
| Progetto acciaio                            | D.M. 17-01-2018 |
| <b>Azione sismica</b>                       |                 |
| Norma applicata per l' azione sismica       | D.M. 17-01-2018 |
| <b>Combinazioni dei casi di carico</b>      |                 |
| APPROCCIO PROGETTUALE                       | Approccio 2     |
| Tensioni ammissibili                        | NO              |
| SLU   | SI              |
| SLV (SLU con sisma)                         | SI              |
| SLC   | NO              |
| SLD   | NO              |
| SLO   | NO              |
| SLU GEO A2 (per approccio 1)                | NO              |
| SLU EQU                                     | NO              |
| Combinazione caratteristica (rara)          | NO              |
| Combinazione frequente                      | NO              |
| Combinazione quasi permanente (SLE)         | NO              |
| SLA (accidentale quale incendio)            | NO              |

La modellazione della struttura è consistita nell'individuazione dello schema statico della stessa e nella definizione delle proprietà di tutti gli elementi che la compongono. Lo schema statico è realizzato unicamente con nodi ed elementi strutturali. Un nodo è un punto nello spazio individuato dalle coordinate cartesiane X,Y,Z in un sistema di riferimento globale destrogiro con asse Z verticale. Gli elementi strutturali sono in generale suddivisi in 4 categorie:

1. **Elementi monodimensionali** definiti tramite due nodi (indicati nell'ambito del programma come D2)
2. **Elementi bidimensionali** definiti tramite tre o quattro nodi (indicati nell'ambito del programma come D3)
3. **Elementi tridimensionali** definiti da un numero di nodi variabile tra quattro e otto (indicati nell'ambito del programma come Solidi)
4. **Elementi multifunzione solaio**

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà: tre traslazioni e tre rotazioni. Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura oggetto di studio sono stati i seguenti:

- Elemento tipo **BEAM – per la modellazione di travi e pilastri** - (trave-D2)

- Elemento tipo **SHELL** – per la modellazione delle pareti - (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **SOLAIO** – per la modellazione dei solai - (macro elemento composto da più membrane).

Gli elementi tipo **Beam** sono formulati nello spazio e definiti per mezzo di due nodi. Un terzo nodo supplementare, indicato nel codice come “nodo K”, è usato per gestire l’orientamento della sezione della trave nello spazio. L’elemento beam ha tre gradi di libertà traslazionali e tre gradi di libertà rotazionali. Agli estremi dell’elemento sono determinate le sei componenti della sollecitazione: tre momenti (uno torcente e due flettenti), lo sforzo assiale e due sforzi taglianti (Fig. 8). A questi elementi possono essere applicate anche variazioni termiche e carichi inerziali, distribuiti e concentrati sia agli estremi che in posizioni intermedie.

Gli elementi **Shell** sono elementi a tre-quattro nodi formulati nello spazio. Per questi tipi di elementi sono definiti cinque gradi di libertà, tre traslazioni e due rotazioni "flessionali" dell’elemento. Sono definite inoltre le rigidità nel piano (membranali) e fuori dal piano (flessionali). Possono essere applicate variazioni termiche, carichi inerziali e pressioni ortogonalmente al piano medio dell'elemento. Ogni elemento D3 è individuato da tre o quattro nodi (denominati I, J, K, L).

Gli elementi **Solaio** sono individuati da una poligonale di nodi 1,2, ..., *N*, e sono utilizzati sia per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali sia per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano; l’opzione “*piano rigido*” consente, infatti, di assegnare a ciascun campo di solaio una *mesh* di *elementi finiti* di tipo membrana con il materiale e lo spessore assegnati. Le proprietà del solaio definiscono il modo in cui questi elementi intervengono nel modello della struttura (piano rigido con spessore e materiale associati) e nell’assegnazione dei carichi alla stessa (archivio di carico, alternanza, orditura, bi-direzionalità, etc.).

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene secondo i metodi consolidati della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni. L’analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici, e con il metodo dell’analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L’analisi strutturale viene computazionalmente effettuata tramite il metodo degli elementi finiti. Tale metodo, come è noto, si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti, denominati nodi. Le incognite del problema (nell’ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno agli assi X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene invertendo un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi, secondo la relazione:

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{F}$$

dove  $\mathbf{K}$  = matrice di rigidezza

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali

$\mathbf{F}$  = vettore forze nodali



Dagli spostamenti ottenuti a valle della risoluzione del sistema (inversione della matrice di rigidezza) vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni in ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale solidale all'elemento stesso.

| <b>Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:</b> |          |
|---|----------|
| nodi  | 4995     |
| elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)                  | 1287     |
| elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)                  | 4078     |
| elementi solaio   | 96       |
| elementi solidi   | 0        |
| <b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>             |          |
| X min =   | -5220.61 |
| Xmax =  | 1409.29  |
| Ymin =  | -5661.39 |
| Ymax =  | 70.36    |
| Zmin =  | -605.00  |
| Zmax =  | 1999.90  |
| <b>Strutture verticali:</b>                                 |          |
| Elementi di tipo asta                                       | NO       |
| Pilastri  | SI       |
| Pareti  | SI       |
| Setti (a comportamento membranale)                          | NO       |
| <b>Strutture non verticali:</b>                             |          |
| Elementi di tipo asta                                       | NO       |
| Travi   | SI       |
| Gusci   | SI       |
| Membrane  | NO       |
| <b>Orizzontamenti:</b>                                      |          |
| Solai con la proprietà piano rigido                         | SI       |
| Solai senza la proprietà piano rigido                       | SI       |
| <b>Tipo di vincoli:</b>                                     |          |
| Nodi vincolati rigidamente                                  | SI       |
| Nodi vincolati elasticamente                                | NO       |
| Nodi con isolatori sismici                                  | NO       |
| Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)                 | NO       |
| Fondazioni di tipo trave                                    | NO       |
| Fondazioni di tipo platea                                   | NO       |
| Fondazioni con elementi solidi                              | NO       |

## 8. sintesi dei risultati e delle verifiche.

### 8.1 Verifiche agli SLU – Stato di Fatto

Di seguito si riporta lo stato di verifica degli elementi esistenti in muratura sotto forma di mappe a *contour-plot* per una più chiara ed immediata descrizione dello stato degli elementi indagati.

In **fig. 1** si riporta lo stato complessivo di verifica di tutti gli elementi murari costituenti la costruzione, “**Maschi Murari**” e “**Fasce di Piano**”, evidenziando con tratteggio rosso gli elementi per i quali almeno una delle diverse verifiche richieste dalle NTC 2018 non risulta soddisfatta, mentre con tratteggio ciano, gli elementi che rispettano tutte le verifiche di norma.

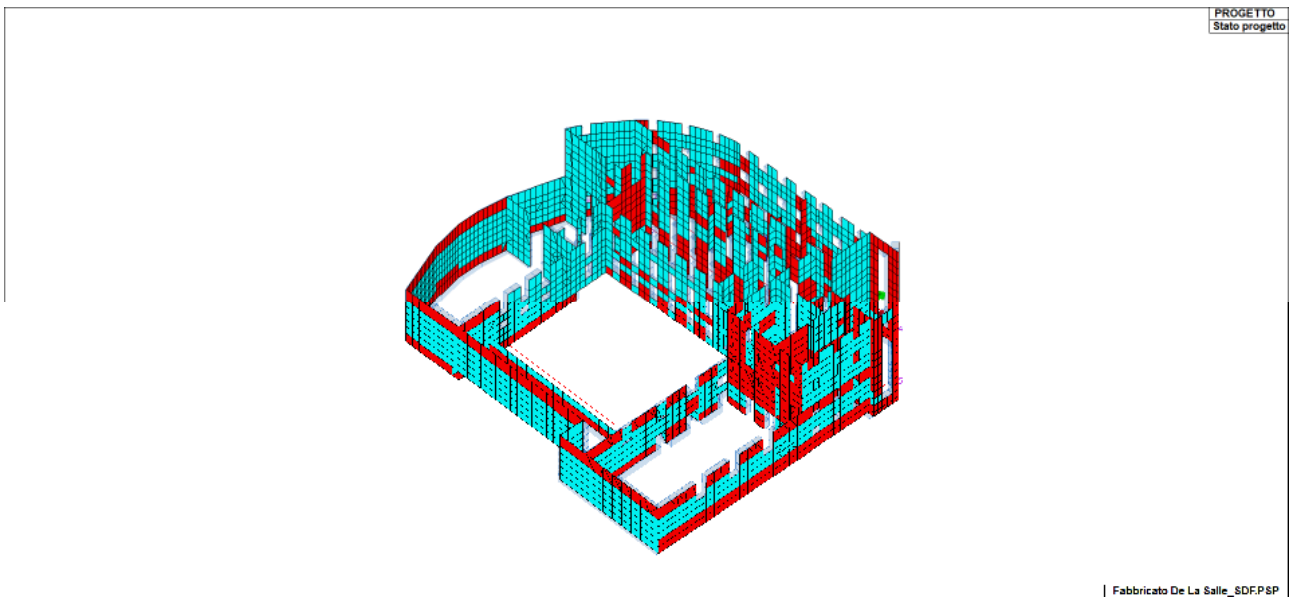


Fig. 1

Di seguito poi, in maggior dettaglio si specificano le diverse verifiche previste da norma dapprima per i “**Maschi Murari**”. In **fig. 2**, la visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura (NTC 2018 **formula 4.5.4**) effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. In mappa, se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta.

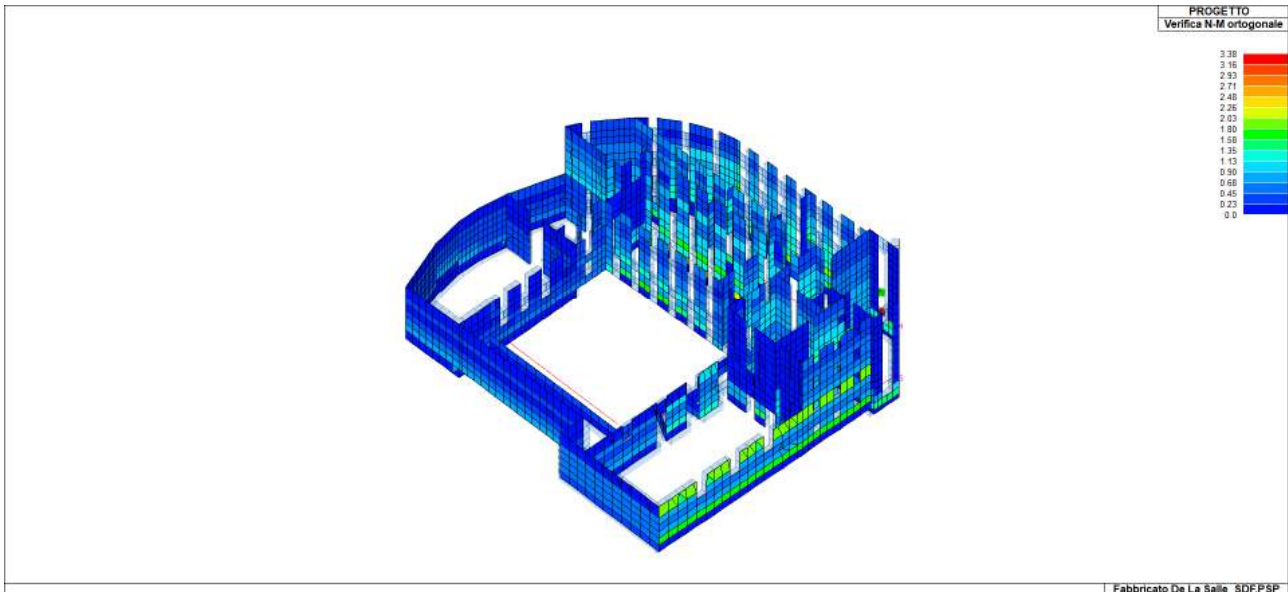


Fig. 2

In Fig. 3 la visualizzazione, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per tutte le combinazioni (NTC 2018 par. 7.8.2.2.1); se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta.

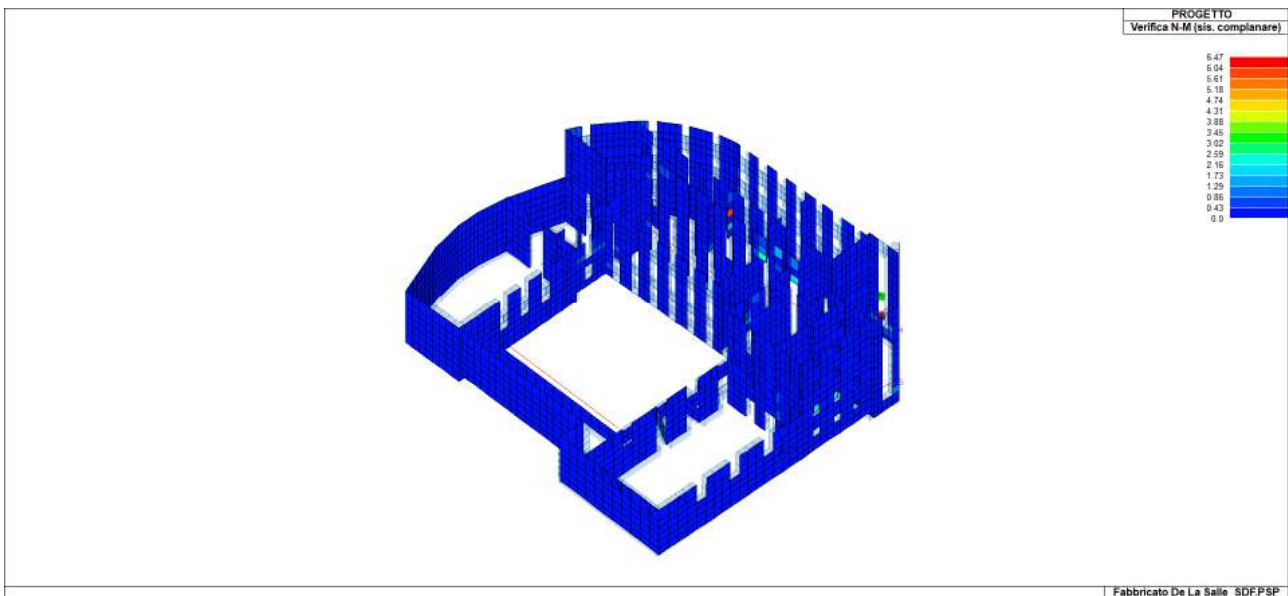


Fig. 3

In Fig. 4 la visualizzazione del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni; se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta. Per edifici esistenti il programma usa la formula [7.8.3] (criterio di Mohr-Coulomb) oppure la formula [C.8.7.1.16] (Taglio per **fessurazione diagonale** Turnšek e Cacovic) o la formula [C.8.7.1.17] (Taglio per **fessurazione diagonale attraverso i giunti di malta** Mann e Müller) in base alle scelte effettuate nei criteri di progetto.

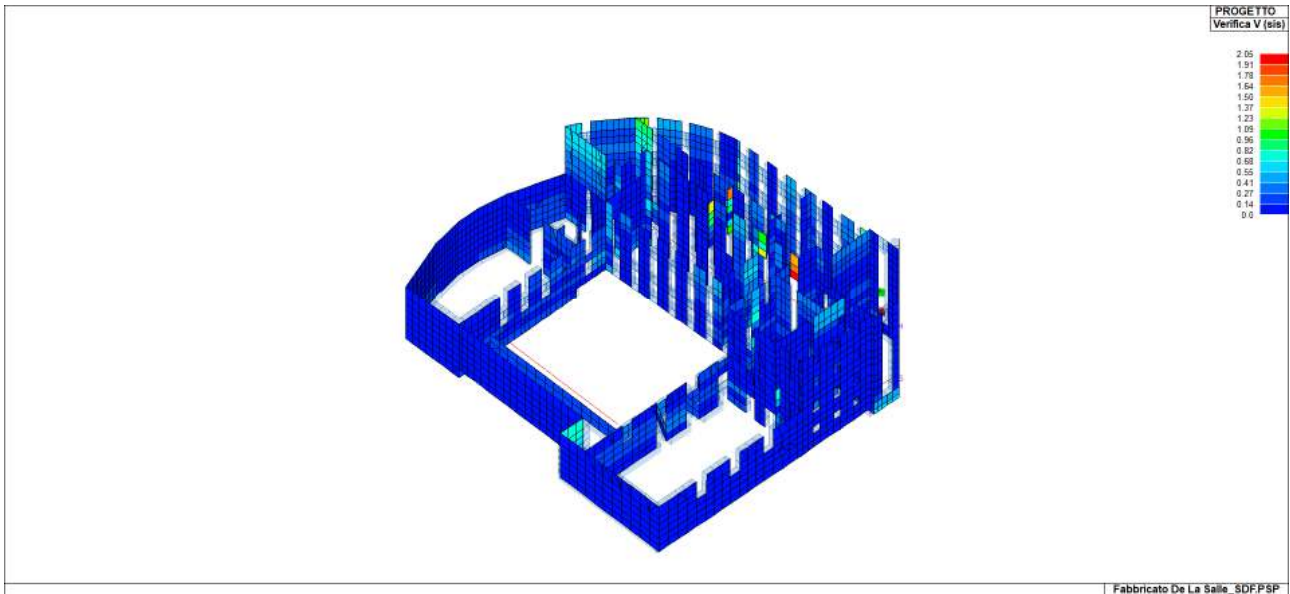


Fig. 4

## 8.2 Verifiche agli SLU – Stato di Progetto

Di seguito si riporta lo stato di verifica degli elementi esistenti in muratura sotto forma di mappe a *contour-plot* per una più chiara ed immediata descrizione dello stato degli elementi indagati.

Di seguito poi, in maggior dettaglio si specificano le diverse verifiche previste da norma dapprima per i “**Maschi Murari**”. In **fig. 5**, la visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura (NTC 2018 **formula 4.5.4**) effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. In mappa, se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta.

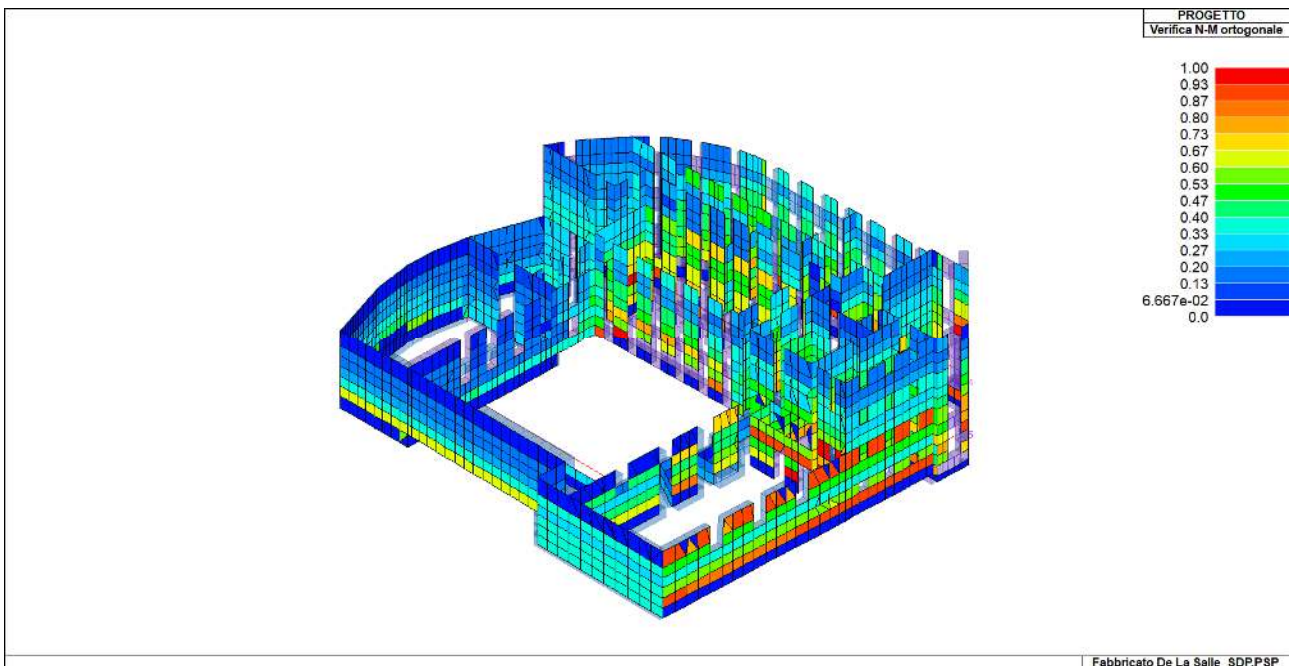
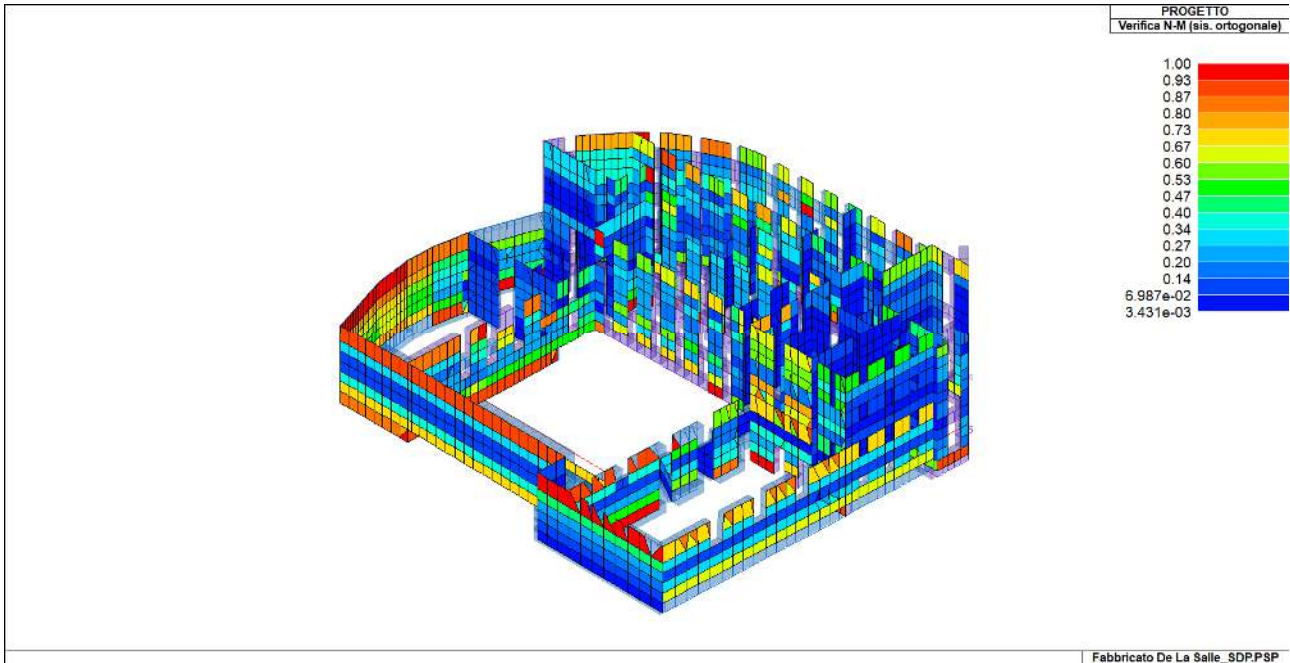


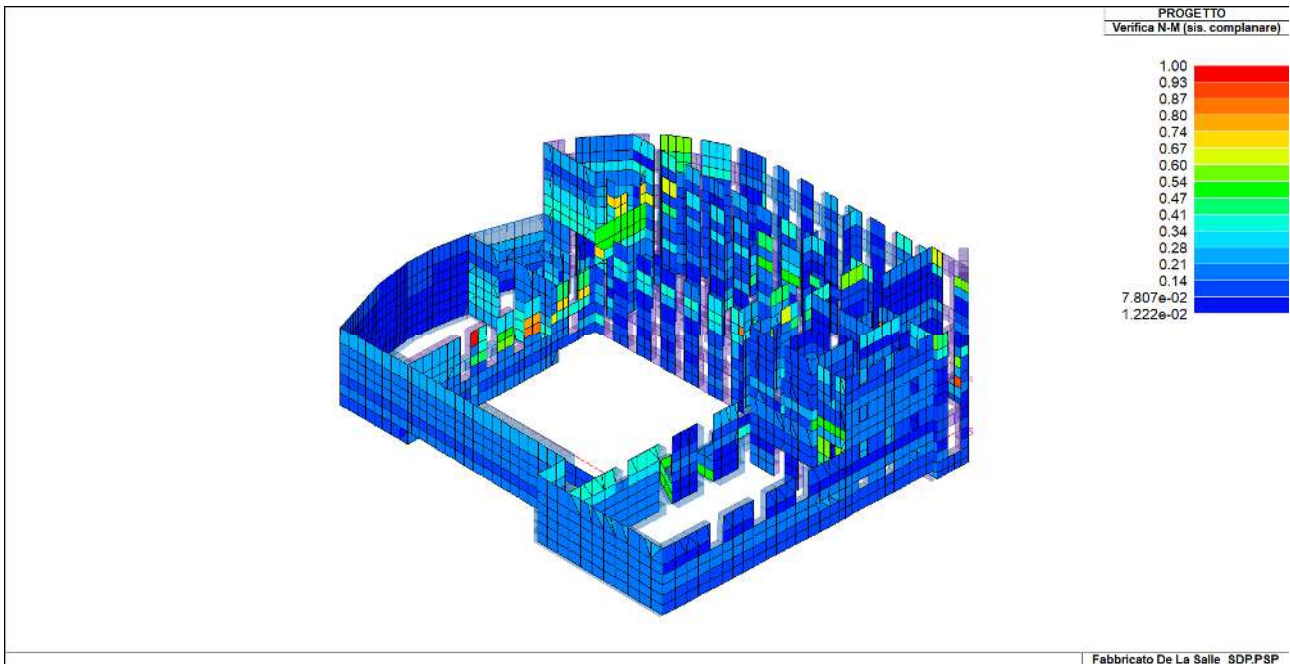
Fig. 5

In **Fig. 6** la visualizzazione, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente fuori dal piano del muro effettuato per tutte le combinazioni (NTC 2018 **par. 7.8.2.2.3**); se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta.



**Fig. 6**

In **Fig. 7** la visualizzazione, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per tutte le combinazioni (NTC 2018 **par. 7.8.2.2.1**); se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta.



**Fig. 7**



In **Fig. 8** la visualizzazione del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni; se il valore risulta  $< 1$  la verifica è soddisfatta. Per edifici esistenti il programma usa la formula [7.8.3] (criterio di Mohr-Coulomb) oppure la formula [C.8.7.1.16] (Taglio per **fessurazione diagonale** Turnšek e Cacovic) o la formula [C.8.7.1.17] (Taglio per **fessurazione diagonale attraverso i giunti di malta** Mann e Müller) in base alle scelte effettuate nei criteri di progetto.

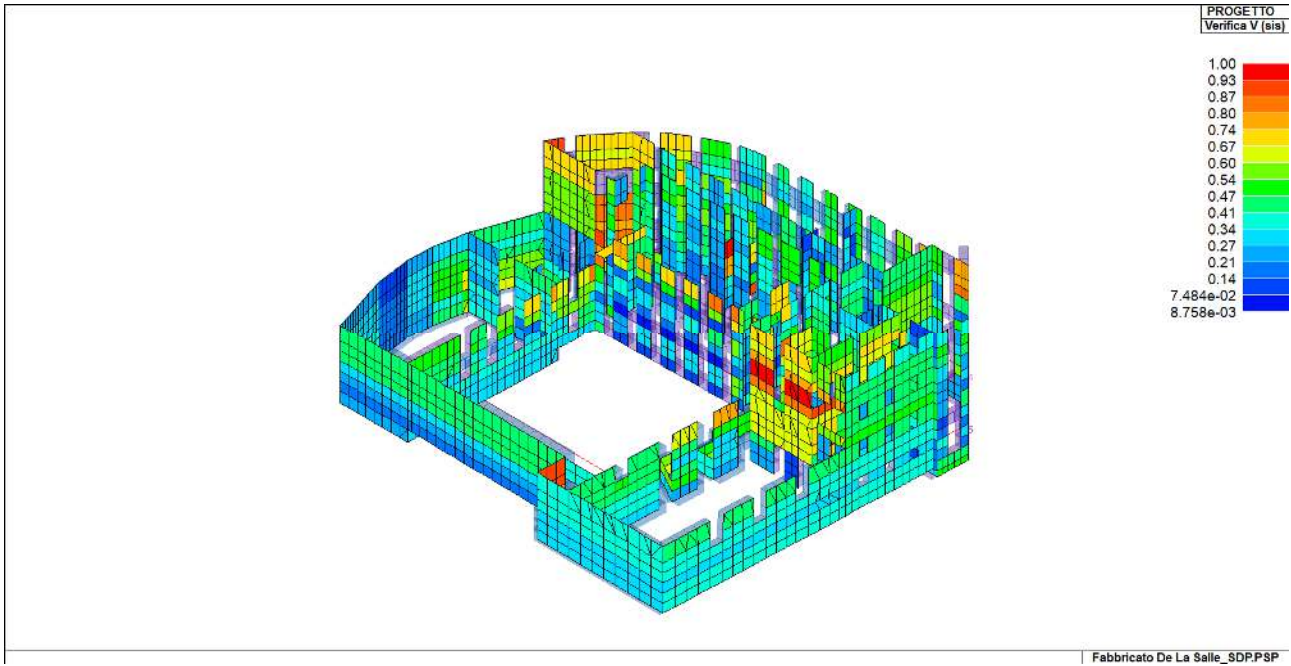


Fig. 8

Per quanto concerne le risultanze delle verifiche e del progetto degli altri elementi strutturali non evidenziati qui per snellezza di relazione, si rinvia alla Relazione di Calcolo Strutturale, allegata al presente documento.



## 9. Conclusioni.

La presente relazione di calcolo strutturale è stata redatta per la progettazione esecutiva, degli "Interventi di Messa in sicurezza statico/sismica dell'Istituto Giovanni Battista De La Salle", sito in Napoli alla Via S.G. Battista De La Salle, meglio identificato in catasto al al **Foglio 7. P.IIIa 247.**

La progettazione dei nuovi interventi e la verifica per miglioramento statico/sismico dell'edificio di cui sopra, si sono basate su uno studio preliminare condotto sullo stesso, a valle dei saggi e delle prove in situ condotte dalla **Società Tecnolab srl** Aut. Min. N. 9442/2012 R.309/2015 – Certificato UNI EN ISO 9001:2008 EA35 O.N. Re 350/11M/127 D.Mise 12/03/2015..

Al § 2 della presente relazione si sono riportate la descrizione storica, il piano di indagini ed i risultati delle prove in situ condotte per l'edificio in oggetto oltre alle analisi numeriche e le verifiche dello **stato di fatto** nella sua consistenza odierna, evidenziando **la non idoneità statica** della costruzione e di seguito una **vulnerabilità sismica del 100%.**

Al § 3 si sono commentati i risultati delle analisi di vulnerabilità e si è tracciato il quadro generale degli interventi stimati utili al fine del miglioramento statico/sismico delle strutture alla normativa attuale.

Al § 4, infine, si sono condotte le analisi di verifica per l'edificio nella sua nuova configurazione strutturale, introducendo numericamente nel modello dello **stato di progetto** quegli interventi solo descritti qualitativamente al capitolo precedente. Si sottolinea che l'azione sismica applicata all'edificio in esame nel suo Stato di Progetto, si presenta con  $\zeta_E=0,35$ , gli interventi proposti rientrano nel p.to §.8.4.2 delle NTC 2018, rientrando de facto nelle condizioni di Miglioramento Sismico del Fabbricato.

Le verifiche condotte ai sensi e per gli effetti delle N.T.C. 2018 e relativa circolare esplicativa, così come richiamate nelle premesse al § 1, risultano soddisfatte per l'edificio in questione, sulla base degli interventi programmati al § 3 e verificati numericamente al § 4, per cui è possibile asserire che il Fabbricato denominato Istituto G.B. De La Salle così come rappresentato nel suo **stato di progetto risulta adeguato staticamente e migliorato sismicamente ad un valore  $\zeta_E=0,35$  della normativa cogente.**


Si rinvia alle tavole rappresentanti lo stato di fatto e di progetto, per i dettagli del caso.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto.

Avellino, Ottobre 2020

I progettisti.

Ing. C. Tuozzolo



The image shows a circular professional stamp of the engineer. The text inside the stamp reads: "ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AVELLINO", "DOTT. ING. CANIO TUOZZOLO", "ISCRITTO AL N. 2011", "SETTE. CIVILE E AMBIENTALE INDUSTRIALE-INFORMAZIONE", and "SEZIONE A". To the right of the stamp is a handwritten signature in blue ink that appears to read "C. Tuozzolo".