

# Comune di Cerda

## Città Metropolitana di Palermo

**Oggetto:** Manutenzione straordinaria con adeguamento sismico della scuola materna di via Kennedy

### ELABORATO

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO STRUTTURE

Codice

# A2.1

Scala disegno

-

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione
0	Gennaio 2023	Prima Emissione	Ing. G. Macaluso	Ing. G. Macaluso	Ing. G. Macaluso

**IL PROGETTISTA**

Ing. Giuseppe Macaluso

**IL RUP**

Geom. Giuseppe Chiappone

Approvazioni





## Indice generale

<b>RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO .....</b>	<b>2</b>
• <b>DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....</b>	<b>2</b>
• <b>DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI DELLE STRUTTURE ESISTENTI.....</b>	<b>7</b>
ANALISI STORICO-CRITICA .....	7
RILIEVO .....	7
CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI.....	7
LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....	9
AZIONI.....	9
• <b>MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO .....</b>	<b>10</b>
• <b>DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO .....</b>	<b>11</b>
• <b>INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA.....</b>	<b>12</b>
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	12
REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018).....	12
MISURA DELLA SICUREZZA .....	12
MODELLI DI CALCOLO.....	13
• <b>AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....</b>	<b>15</b>
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI.....	15
DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE.....	16
AZIONE SISMICA.....	17
AZIONI DOVUTE AL VENTO .....	18
AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA .....	18
NEVE.....	18
AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI.....	19
ANALISI DEI CARICHI.....	19
COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	20
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....	21
• <b>TOLLERANZE .....</b>	<b>21</b>
• <b>DURABILITÀ .....</b>	<b>21</b>
• <b>PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO .....</b>	<b>22</b>
• <b>TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>22</b>

## RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO

**OGGETTO:** Manutenzione straordinaria con adeguamento sismico della scuola materna di via Kennedy.

**LUOGO:** Cerda, via Kennedy snc.

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente schema:

### RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	3
Categoria del Suolo	B
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto della verifica	37.90961
Longitudine del sito oggetto della verifica	13.81844

#### • DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

A seguito dell'incarico conferitomi dal Comune di Cerda nella persona del Responsabile del settore Tecnico Geom. Giuseppe Chiappone, relativo alla Progettazione Definitiva/Esecutiva ed indagini strutturali per l'intervento di "Manutenzione straordinaria con adeguamento sismico della scuola materna di via Kennedy", il sottoscritto Ing. Giuseppe Macaluso iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo al n.8353, relaziona quanto segue in merito alle attività di progettazione per l'adeguamento sismico della costruzione in oggetto.

L'edificio scolastico denominato G. Falcone sito in via Kennedy snc a Cerda adibito a scuola materna, è identificato al N.C.E.U. foglio 7 particella 922 avente le seguenti coordinate ED50: latitudine 38,0898° e longitudine 13,5145°.

L'edificio ricade in zona sismica di 2° grado per come all'allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08.05.2003.

Il complesso scolastico è costituito da un unico corpo strutturale.

La struttura è stata realizzata, come comunicatami dall'Ufficio Tecnico del comune di Cerda all'incirca nel 1970.

Il corpo strutturale individuato con il n. 1 include in sé tutti gli ambienti utili per lo svolgimento della scuola materna di cui all'oggetto. Infatti esso consta dei seguenti ambienti:

- Ingresso;
- N.6 Aule;
- Bagni maschi;
- Bagni femmine;

- n.4 ripostigli;
- Sala professori.

È costituito da un solo piano fuori terra oltre sottotetto e raggiunge la quota massima (quota terrazzo) pari a 4,14 m.

Per tale caso l'intervento, come disposto dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 8.4 e dalla sua circolare applicativa, è classificato come adeguamento strutturale.

Nell'ambito dello stesso incarico il sottoscritto ha valutato a priori, per la struttura esistente, il grado di sicurezza strutturale, come è possibile rilevare dalla tavola A.2.2 "Relazione sulla vulnerabilità sismica", effettuando tutte le operazioni individuati al capitolo 8 della NTC 2018, tra cui: Analisi storico critica, Rilievo geometrico strutturale e Indagini strutturali.

Dopo aver analizzato la vulnerabilità sismica della struttura, è stata redatta la scheda di vulnerabilità di I e II livello.

Dall'analisi di vulnerabilità sismica è stato desunto un indice di rischio per SLV pari a 0,109, di molto inferiore a 1, e pertanto segnale inequivocabile che la struttura necessita di adeguamento strutturale.

Affinché l'edificio esistente possa ritenersi adeguato sismicamente secondo le NTC 2018, il livello di sicurezza da raggiungere sarà pari a  $\zeta_E \geq 1$ .

Il coefficiente  $\zeta_E$  è definito al paragrafo C.8.3 della Circolare n.7 del 21/01/2019, come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento ecc.). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di  $\zeta_E$ , salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo  $a_g S$ .

La struttura in oggetto è ad una elevazione fuori terra. La copertura è piana su tre livelli diversi, il primo a quota 4,07 m, il secondo a quota 3,73 m e il terzo a quota 4,54 m tutti misurati rispetto allo spiccatto delle fondazioni.

Il solaio di copertura è di tipo gettato in opera in latero cemento dello spessore complessivo pari a 28 cm (24+4). Le pensiline che costeggiano l'intera struttura sono realizzate con solaio in latero cemento delle stesse caratteristiche del solaio di copertura.

Tutti i pilastri in c.a. della struttura hanno sezione quadrata di lato 30 cm, mentre le travi in c.a. hanno sezione rettangolari di dimensioni pari a 30 x 60 cm. Sono altresì presenti diverse travi "a spessore" delle dimensioni pari a 60 x 28 cm.

Le fondazioni come è stato accertato da indagini in sito sono del tipo a travi rovesce con sezione a quadrata con base e altezza pari a 50 cm.

### **INTERVENTI DI ADEGUAMENTO**

Per poter adeguare sismicamente la struttura adibita a scuola secondo la norma attuale D.M. 17/01/2018 sarà dunque necessario procedere con un insieme sistematico di opere che miglioreranno il comportamento delle strutture.

In particolare si sono delineate le seguenti linee d'intervento:

- 1) aumento della capacità di resistenza/duttilità dei pilastri;
- 2) aumento della capacità di resistenza/duttilità dei nodi;

Gli interventi di adeguamento che dovranno essere realizzati sono di seguito indicati.

### **1) Incamiciatura metallica pilastri.**

Tutti i pilastri sono armati in quantità e disposizione non adeguata alle vigenti gerarchie di resistenza, poiché dotati di staffature molto diradate ed insufficiente rigidità. Per ovviare a tali carenze, oltre che per favorire le lavorazioni contenendo gli ispessimenti, i pilastri perimetrali e d'angolo saranno calastrellati con elementi metallici di irrigidimento. Anche i relativi nodi perimetrali e d'angolo saranno confinati con piatti metallici saldati ai calastrelli e tassellati meccanicamente al nodo cementizio.

In particolare l'intervento consiste nell'applicare, dopo aver portato a vivo il calcestruzzo, degli angolari metallici agli spigoli dei pilastri, saldando tra questi dei piatti. Di seguito si precisano le fasi da eseguire:

1. Puntellamento delle strutture interessate, se necessario
2. Demolizione del vecchio intonaco mettendo a vivo il cls
3. Se presenti fessure, pulizia accurata delle fessure con getto d'acqua
4. Stuccatura delle fessure con resina epossidica o malta cementizia antiritiro
5. Realizzazione di fori per il posizionamento dei tirafondi
6. Pulizia e abbondante umidificazione (ma non saturazione) della superficie del supporto
7. Fissaggio degli angolari mediante resina epossidica o malta cementizia antiritiro
8. Saldatura dei piatti sugli angolari
9. Protezione delle lamiere mediante trattamento anticorrosione a rapida essiccazione
10. Applicazione primo strato di malta tixotropica per riempire i vuoti tra i piatti e gli angolari
11. Applicazione di rete metallica porta intonaco o fermogetto nervata e stirata
12. Applicazione di secondo strato malta tixotropica per il ricoprimento totale dell'incamiciatura metallica
13. Rimozione delle eventuali puntellature

Con tale intervento si riescono a raggiungere i due obiettivi prefissati nel paragrafo precedente, e cioè quello di aumentare la capacità di resistenza e duttilità dei pilastri e aumentare la capacità di resistenza e duttilità dei nodi.

Si rimanda agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale degli interventi.

### **2) Altri interventi strutturali – Allargamento nodi di fondazioni perimetrali**

Le fondazioni della struttura esistente, costituite da travi rovesce di sezione quadrata con lato pari a 50 cm, risultano avere una sporgenza rispetto al filo del pilastro di soli 5 cm, pertanto nasce l'esigenza

di ringrossare i nodi perimetrali delle fondazioni al fine di poter ancorare le incamiciature metalliche che verranno realizzate in tutti i pilastri, come descritto nel punto precedente. Il ringrosso della fondazione in prossimità dei nodi perimetrali della struttura, sarà di 20 cm per l'intera altezza della fondazione (50 cm).

Si rimanda agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale degli interventi.

## **VERIFICHE FONDAZIONI**

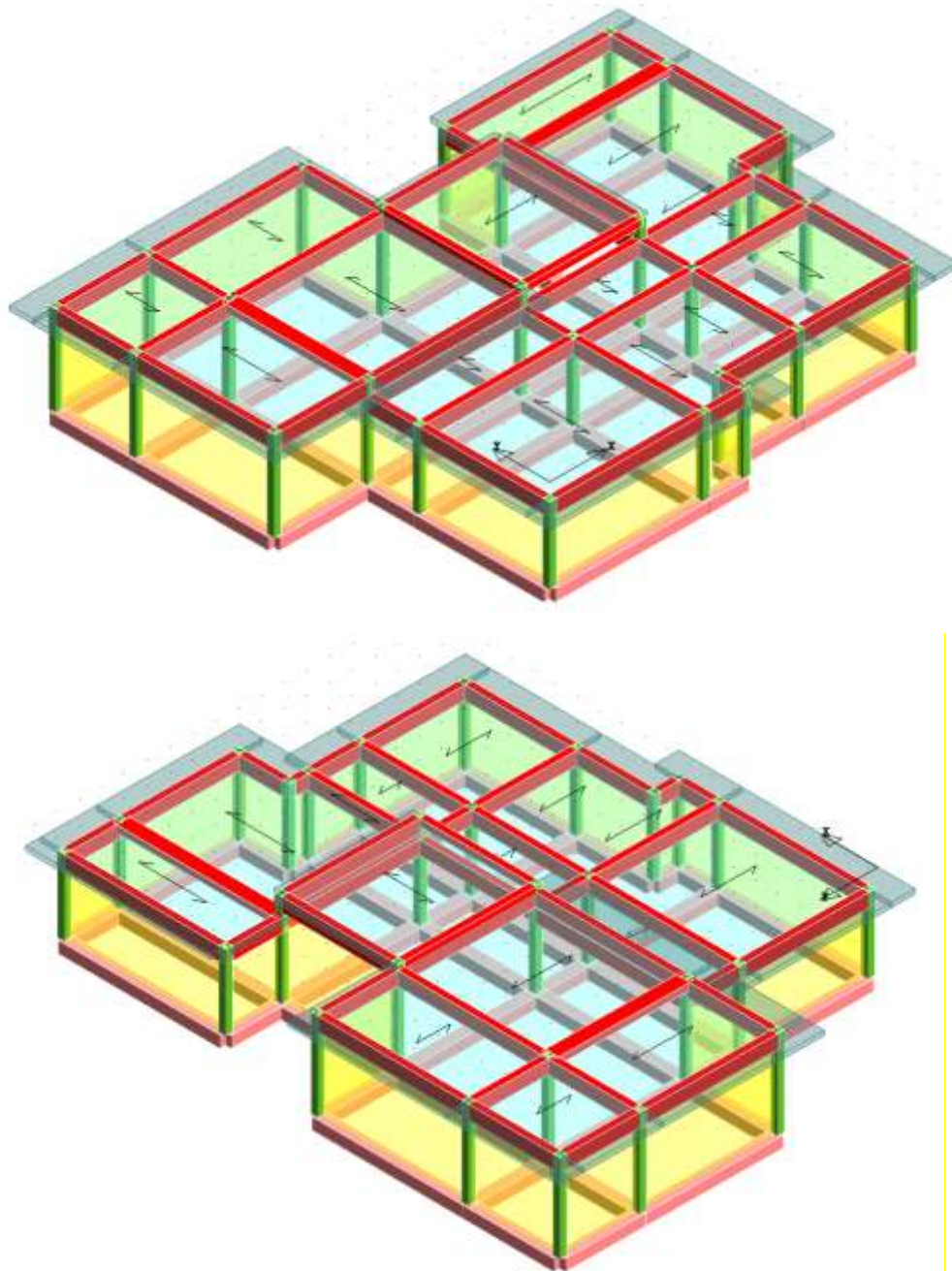
**Le verifiche del sistema di fondazione sono state effettuate nonostante non sussistono le condizioni riportate al par. 8.3 della DM. 17/01/2018.**

Infatti non è stata riscontrata nessuna di queste condizioni

- nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.

**Le verifiche del sistema di fondazione hanno avuto esito positivo, pertanto non è stato necessario alcun intervento di adeguamento nelle fondazioni.**

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





• **DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI DELLE STRUTTURE ESISTENTI**

Come previsto al paragrafo 8.5 del D.M. 17.01.2018 nelle strutture esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale atteso, tenendo conto delle indicazioni di cui ai paragrafi 8.5.1, 8.5.2, 8.5.3, 8.5.4, e 8.5.5.

ANALISI STORICO-CRITICA

L'analisi storico critica è stata trattata nella fase iniziale della progettazione, ed è riportata nella Tavola A2.2 "Relazione sulla vulnerabilità sismica" al paragrafo 2.

Si riportano di seguito le principali informazioni.

L'edificio ricade in zona sismica di 2° grado per come all'allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08.05.2003.

Il complesso scolastico è costituito da un unico corpo strutturale.

La struttura è stato realizzato, come comunicatami dall'Ufficio Tecnico del comune di Cerda all'incirca nel 1970 e non sono stati reperiti i progetti originali.

RILIEVO

Come previsto al paragrafo 8.5.2 delle NTC 2018 è stato effettuato il rilievo dell'immobile nella fase iniziale della progettazione, e le fasi sono stati enunciate nella Tavola A2.2 "Relazione sulla vulnerabilità sismica" al paragrafo 3.

Si riportano di seguito le principali informazioni.

La struttura in oggetto è ad una elevazione fuori terra. La copertura è piana su tre livelli diversi, il primo a quota 4,07 m, il secondo a quota 3,73 m e il terzo a quota 4,54 m tutti misurati rispetto allo spiccato delle fondazioni.

Il solaio di copertura è di tipo gettato in opera in latero cemento dello spessore complessivo pari a 28 cm (24+4). Le pensiline che costeggiano l'intera struttura sono realizzate con solaio in latero cemento delle stesse caratteristiche del solaio di copertura.

Tutti i pilastri in c.a. della struttura hanno sezione quadrata di lato 30 cm, mentre le travi in c.a. hanno sezione rettangolari di dimensioni pari a 30 x 60 cm. Sono altresì presenti diverse travi "a spessore" delle dimensioni pari a 60 x 28 cm.

Le fondazioni come è stato accertato da indagini in sito sono del tipo a travi rovesce con sezione a quadrata con base e altezza pari a 50 cm.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Per la caratterizzazione meccanica delle strutture esistenti è stata effettuato prima un piano di indagine, come riportato al paragrafo 4 della Tav. A2.2, e poi sulla base di questo, sono state effettuate le indagini in sito e di laboratorio. I risultati delle indagini effettuate sono riportate al paragrafo 5 della Tav. A2.2. Dai risultati ottenuti è stato possibile desumere le resistenze dei materiali utilizzati

per la valutazione di vulnerabilità sismica dell'edificio.

Di seguito si riportano le resistenze ottenute nei vari metodi e la Resistenza media ottenuta.

<b>Carotaggi</b>	<b>Sclerometriche</b>				
resistenza media da carotaggi a compr. cubica in sito <b>R<sub>mis</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]	resistenza media da sclerometrica a compr. cubica <b>R<sub>cm</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]	resistenza media a compr. cubica in sito <b>R<sub>cmis</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]	resistenza media a compr. Cilindrica in sito <b>f<sub>cmis</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]	modulo elastico lineare medio <b>E<sub>cm</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]	resistenza media a trazione cilindrica <b>f<sub>ctm</sub></b> [N/mm <sup>2</sup> ]
8,96	11,45	10,20	8,47	20.929,73	1,25

Per gli acciai verranno utilizzati le medie dei valori ottenute dalle prove di trazioni delle barre di armatura prelevati in sito.

Di seguito si riportano i valori ottenuti e le medie calcolate.

<b>Sigla Campione</b>	<b>Ubicazione</b>	<b>Tipo di barra</b>	<b>Diametro nominale [mm]</b>	<b>Tensione di snervamento [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Tensione di rottura [N/mm<sup>2</sup>]</b>
F1	Piano Terra - Pilastro	Liscia	16	432,10	598,06
F2	Piano Terra - Pilastro	Liscia	16	436,33	558,84
<b>Media</b>				<b>434,22</b>	<b>578,45</b>

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti, determinate secondo le modalità indicate al paragrafo 8.5.3 della NTC 2018, divise per i fattori di confidenza corrispondenti al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi fragili, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza corrispondenti al livello di conoscenza raggiunto. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio anche per gli elementi duttili vanno valutate con il coefficiente dei materiali  $\gamma_S$ .

Nel caso in esame  $FC=1,2$  pertanto si ha:

<b>ELEMENTI DUTTILI</b>		
<b>Resistenza CLS [MPa]</b>	<b>Tensione di snerv. Acciaio [MPa]</b>	<b>Tensione di rott. Acciaio [MPa]</b>
7,05	314,65	419,17

<b>ELEMENTI FRAGILI</b>		
<b>Resistenza CLS [MPa]</b>	<b>Tensione di snerv. Acciaio [MPa]</b>	<b>Tensione di rott. Acciaio [MPa]</b>
4,70	314,65	419,17

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, è stato individuato il livello di conoscenza dei diversi parametri coinvolti nel modello e sono stati definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza.

Per il caso in esame, vista la conoscenza totale della struttura esistente, è stato scelto un livello di conoscenza LC2.

Per tale livello di conoscenza il Fattore di confidenza associato (vedi tabella C8.5.IV della circolare) è pari a  $FC = 1,20$ .

Dalla tabella C8.5.IV della circolare si riscontra inoltre, che si possono utilizzare tutti i metodi di analisi. Per la struttura in esame è stata utilizzata l'Analisi Statica non lineare (Push-over)

AZIONI

I valori delle azioni e le loro combinazioni che sono state considerate nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite al capitolo 3 del D.M. 17.01.2018, meglio precisato nei successivi paragrafi.

• **MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO**

Per la realizzazione di tutte le parti delle opere in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

**CALCESTRUZZO tipo C25/30**

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 25.0 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media cilindrica	$f_{cm} = 33.0 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 31.476 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di poisson	0,20
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1,5$
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$
Resistenza cilindrica di calcolo	$f_{cd} = 14.16 \text{ N/mm}^2$

**ACCIAIO per cemento armato ad aderenza migliorata tipo Acciaio B450C**

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450,00 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540,00 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$

**ACCIAIO per carpenteria metallica S235**

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 210.000 \text{ N/mm}^2$

• **DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

Sono state effettuate (vedasi relazione Geologica) per la valutazione della velocità delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ), delle indagini di tipo non invasivo, in particolare si è utilizzato il metodo MASW, che consente di classificare il sottosuolo di **categoria C** [*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*]

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei tabulati di calcolo, nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

n.	Descrizione	Spess. [m]	$\gamma$ peso [kg/mc]	$\phi'$ [grd]	$c'$ [kg/cmq]	$c_u$ [kg/cmq]
1	Argille limose e argille alterate	4,50	1.865	37°	0,17	1,00
2	Argilliti limose sane	Ind.	1.889	30°	0,15	0,80

• **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;  
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori

utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;

la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

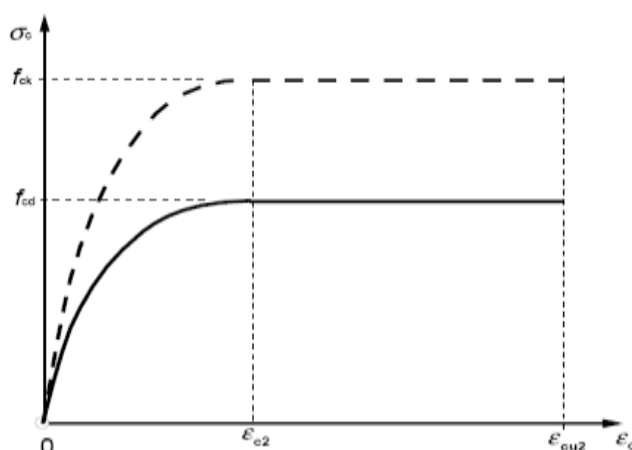
### MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

**Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.**

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

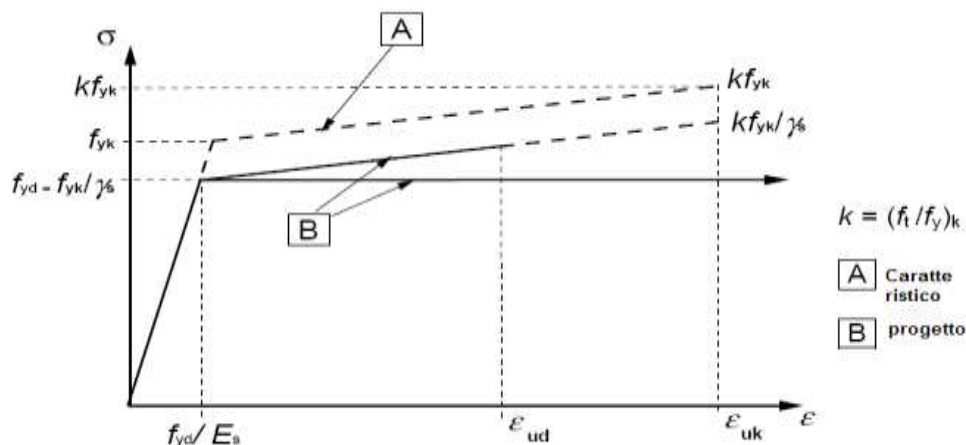
Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



**Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.**

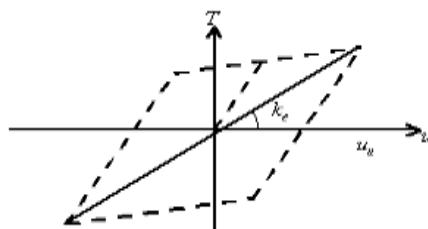
Il valore  $\varepsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di

confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



**Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.**

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



**Legame costitutivo per gli isolatori.**

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.



• **AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

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%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dlla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

**DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE**

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti       $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati                               $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari                                       $H_k$  [kN/m]

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Categ.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b>			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b>			
	Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento.</b>			
	Cat. C1 – Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 – Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 – Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sporte relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b>			
	Cat. D1 – Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 – Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie	5,00	5,00	2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b>			
	Cat. E1 – Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	> 6,00	6,00	1,00*
	Cat. E2 – Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	-	-	-
F – G	<b>Rimesse e parcheggi.</b>			
	Cat. F – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso	-	-	-
H	<b>Coperture e sottotetti.</b>			
	Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 – Coperture praticabili	Secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 – Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	-	-	-

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la struttura in esame si hanno i seguenti parametri sismici:

<b>Vita Nominale</b>	<b>50</b>
<b>Classe d'Uso</b>	<b>3</b>
<b>Categoria del Suolo</b>	<b>C</b>
<b>Categoria Topografica</b>	<b>1</b>
<b>Latitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>37.90961</b>
<b>Longitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>13.81844</b>

	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>
<b>S<sub>s</sub></b>	1,20	1,20
<b>S<sub>T</sub></b>	1,00	1,00
<b>S</b>	1,20	1,20
<b>C<sub>c</sub></b>	1,4280	1,3923
<b>T<sub>c</sub></b>	0,3873	0,4286

Pericolosità sismica di base su sottosuolo di tipo A

	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>
<b>a<sub>g</sub></b>	0,074 g	0,192 g
<b>T*<sub>c</sub></b>	0,2712	0,3078
<b>F<sub>0</sub></b>	2,3414	2,4034
<b>T*<sub>D</sub></b>	1,8978	2,3718

*Coefficiente di amplificazione di sottosuolo, coefficiente Cc e periodo Tc su sottosuolo rilevato*

	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>
<b>S<sub>s</sub></b>	1,20	1,20
<b>S<sub>τ</sub></b>	1,00	1,00
<b>S</b>	1,20	1,20
<b>C<sub>c</sub></b>	1,4280	1,3923
<b>T<sub>c</sub></b>	0,3873	0,4286

*Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica*

	<b>a<sub>g</sub> S [g]</b>	<b>TRD [anni]</b>
<b>SLV</b>	0,2304	712
<b>SLD</b>	0,0888	75

### AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

### AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

### NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

**AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI**

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

**ANALISI DEI CARICHI**

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del **Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2008** (G. U. 20 febbraio 2018, n. 42 - Suppl.Ord.) “Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni”

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

**Solaio Copertura**

<b>n.4</b>		
<b>Peso Proprio</b>	Solaio in latero cemento Soletta 4 cm Laterizi h 24 cm Travetto b 14 cm e interasse 50 cm	<b>300 Kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Sovraccarico Permanente</b>	Massetto pendenze	<b>100 Kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Sovraccarico accidentale</b> <i>Copertura non accessibile, Categoria H</i>		<b>50 Kg/m<sup>2</sup></b>
Neve		<b>60 Kg/m<sup>2</sup></b>

**Tamponamento**

<b>n. 2</b>		
<b>Peso Proprio</b>	Forato da 25 cm + intonaco	<b>248 Kg/mq</b>

**COMBINAZIONI DI CALCOLO**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_2 j$  sono riportati nella Tabella 2.5.I..

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

**COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

<b>Categoria/Azione variabile</b>	<b><math>\psi_{0i}</math></b>	<b><math>\psi_{1i}</math></b>	<b><math>\psi_{2i}</math></b>
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

*Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione*

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

• **TOLLERANZE**

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro  $-5$  mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni  $\leq 150$ mm  $\pm 5$  mm

Per dimensioni  $\leq 400$  mm  $\pm 15$  mm

Per dimensioni  $\geq 2500$  mm  $\pm 30$  mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

• **DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La

definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

- **PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

- **TABULATI DI CALCOLO**

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.

**Il Progettista delle Strutture**  
Ing. Giuseppe Macaluso