



Finanziato
dall'Unione europea

PROVINCIA
di VARESE



Comune di Tradate

TAVOLA

01 00

P E S T O 1 0 0

CODICE ELABORATO

PROGETTO ESECUTIVO

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.

CUP C68I21000260001

PROGETTISTI
Arch. Giorgio Pala



Project Building Art s.r.l.

Project Building Art s.r.l.
Via Pavia, 22 - 00161 Roma
P. IVA/C.F. 10355621003
AMMINISTRATORE UNICO
Arch. Pasquale Barone

Ing. Giuseppe CERVAROLO



COLLABORATORI

Arch. Viola D'Ettore
Arch. Cecilia Marati
Arch. Paolo Monesi
Arch. Michele Preiti
Arch. Maria Simonetti
Ing. Ilario Greco
Ing. Rosario Ierardi
Ing. Cosimo Mellone



RUP

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO

EDIFICIO MUSEO - RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO - STATO DI FATTO
STATO DI PROGETTO

SCALA

DATA

GIUGNO 2023

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	MARZO 2023	EMISSIONE PROGETTO DEFINITIVO			
02					
03					
04					

Indice generale

RELAZIONE GENERALE	3
• DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO	3
• INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO	3
• ASSUNZIONI ALLA BASE DEL CALCOLO	5
• OBBIETTIVI GENERALI DEL PROGETTO	8
• INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA	10
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018)	10
MISURA DELLA SICUREZZA	10
MODELLI DI CALCOLO	11
• AZIONI SULLA COSTRUZIONE	13
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI	13
DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE	13
AZIONE SISMICA	15
AZIONI DOVUTE AL VENTO	15
AZIONI DOVUTE ALLA SPINTA DELLE TERRE	15
AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA	15
NEVE	16
AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI	16
COMBINAZIONI DI CALCOLO	16
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE	17
• TOLLERANZE	18
• DURABILITÀ	18
• PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO	18
• STATO DI FATTO	19
INDAGINI SVOLTE SULLA STRUTTURA E LIVELLO DI CONOSCENZA RAGGIUNTO	19
MATERIALI IMPIEGATI NEL CALCOLO	19
MODELLO DI CALCOLO	21
TIPO DI CALCOLO SVOLTO	21
• VERIFICHE	22
DIAGRAMMI DI INVILUPPO	24
INCAMICIATURA IN C.A. PILASTRI	26
DEMOLIZIONE PARETI IN MURATURA	26

RELAZIONE GENERALE

OGGETTO: DA DEFINIRE

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

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	4
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	45.71253
Longitudine del sito oggetto di edificazione	8.911572

• DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Lo studio geologico ha riguardato una zona relativamente estesa, in relazione sia al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa si colloca, sia alla complessità geologica del sito, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera. Lo studio geologico definisce i lineamenti geomorfologici della zona, la successione litostratigrafica locale, illustrando altresì i caratteri geostrutturali generali oltre allo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Nella descrizione dei caratteri geologici del sito sono definite le caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali.

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con N _{spt}	NSPT	Descrizione
2.2	5.76	7.6	Incoerente - coesivo	0	1.95	2.14	0.21	1.65	9.48	Limo Argilloso
3.4	9.16	11.79	Incoerente - coesivo	0	2.07	2.28	0.55	1.65	15.08	limo argilloso
4.6	6.63	9.91	Incoerente - coesivo	0	1.99	2.19	0.8	1.65	10.91	argilla limosa

• INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

In osservanza di quanto previsto dall'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018) e dalla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche

Relazione Generale

analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella (Tab. 3.2.II del DM2018). La zona in esame presenta una categoria di sottosuolo C:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_u > 250$ KPa nei terreni a grana fine)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. ($15 < N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_u < 250$ KPa nei terreni a grana fine)
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_u > 70$ KPa nei terreni a grana fine)
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, la categoria è T1:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ad ogni categoria di sottosuolo è associato un coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s), ed un coefficiente che modifica, nel grafico dello spettro di risposta, l'inizio del tratto a velocità costante ed andamento orizzontale (C_c):

Relazione Generale

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Gli spettri di risposta delle azioni sismiche sono stati individuati facendo riferimento ai seguenti parametri caratterizzanti l'opera:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

In riferimento alle NTC2018 è stata eseguita l'*Analisi sulla risposta sismica locale (RLS)*, gli spettri di risposta ricavati da tale analisi risultano essere di **minore intensità rispetto a quelli previsti da normativa** (D.M. 17/01/2018), per cui nel calcolo si è fatto riferimento agli spettri previsti dalle NTC 2018.

• ASSUNZIONI ALLA BASE DEL CALCOLO

1. Si assume valida l'ipotesi di impalcato rigido, dal momento che nei solai in latero-cemento è

stata verificata la presenza di una soletta armata dallo spessore di almeno 4 cm. L'armatura di tale soletta è stata considerata in entrambe le direzioni ortogonali secondo i minimi previsti dalla normativa dell'epoca di costruzione.

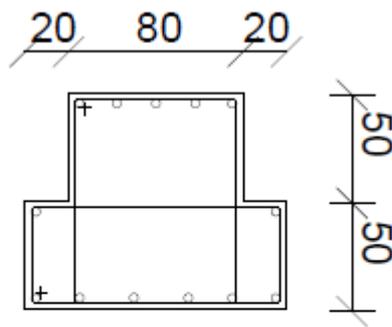
2. L'analisi dei moduli elastici, l'interazione dei carichi con le strutture di fondazione, lo studio del complesso terreno-fondazione, la disamina delle principali tabelle presenti in letteratura che vanno a definire dei range caratteristici per i moduli oggetto di studio per diverse litologie (vedasi Pozzati, Bowles, Terzaghi, Vesic...), il confronto con valori di letteratura riferiti a terreni e strutture simili per forma e caratteristiche, hanno permesso di risalire al valore di 10 kg/cm³ per il modulo di reazione verticale del terreno; tale valore può ritenersi significativo per la modellazione progettuale in oggetto e cautelativo in termini di sicurezza e previsione del comportamento del complesso terreno – fondazione.

3. Si assume che i vincoli di travi e pilastri sono del tipo incastro agli estremi. Tali vincoli sono considerati automaticamente dal programma di calcolo. Inoltre, si considera lo zero sismico come il punto da cui parte l'azione sismica, in questo caso coincidente con l'estradosso della fondazione.

La modellazione della struttura è stata effettuata sulla base di un rilievo geometrico in sito. Le proprietà meccaniche dei materiali e le armature di travi, pilastri e solai sono state assunte in accordo con i minimi valori previsti dalla normativa vigente all'epoca della costruzione. In particolare, sono state considerate le seguenti sezioni ed armature:

- ***Travi di fondazione***

Sezione a T rovescia con cls di classe C20/25 armata come riportato nella sezione seguente con barre di armatura B450C

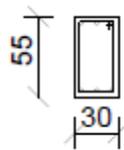


\varnothing 20 NEGLI SPIGOLI
 \varnothing 20 FERRI SUPERIORI
 \varnothing 20 FERRI INFERIORI
 STAFFE \varnothing 10 / 20 CM

Figura 1 - Armature assunte per le travi di fondazione

- *Travi in elevazione*

Sezione rettangolare 30x55 in cls C20/25 di classe armata con barre di armatura B450C riportate nella figura seguente.

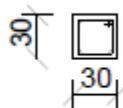


\varnothing 16 NEGLI SPIGOLI
 \varnothing 16 FERRI SUPERIORI
 \varnothing 16 FERRI INFERIORI
 STAFFE \varnothing 8 / 20 CM
 TUTTI I FILI

Figura 2 - Armature assunte per le travi in elevazione

- *Pilastrì*

Sezione rettangolare 30x30 in cls di classe C20/25 armata con barre di armatura B450C riportate nella figura seguente.



\varnothing 14 NEGLI SPIGOLI
 \varnothing 14 FERRI SUPERIORI
 \varnothing 12 FERRI INFERIORI
 STAFFE \varnothing 8 / 25 CM
 TUTTI I FILI

Figura 3 - Armature assunte per i pilastrì

- ***Solai di interpiano***

Solai costituiti da soletta piena in c.a. di spessore 25cm costituiti da cls di classe C20/25 per i quali si è considerata la seguente analisi dei carichi:

Carico permanente	200 kg/mq
Carico Accidentale	500 kg/mq

- ***Solai di copertura***

Solai costituiti da soletta piena in c.a. di spessore 25cm costituiti da cls di classe C20/25 per i quali si è considerata la seguente analisi dei carichi:

Carico permanente	300 kg/mq
Carico Accidentale	50 kg/mq

- ***Solai di copertura con abbaini***

Solai con la seguente analisi dei carichi

Carico permanente	50 kg/mq
Peso Proprio	100 kg/mq
Carico Accidentale	50 kg/mq

- ***Muratura***

Muratura in mattoni pieni con le seguenti caratteristiche:

Fm	26 kg/cm²
T₀	0.5 kg/cm²
Fv0	1.3 kg/cm²
E	15000 kg/cm²
G	5000 kg/cm²
W	1800 kg/cm³

- **OBBIETTIVI GENERALI DEL PROGETTO**

Il complesso strutturale in esame è oggetto di interventi di adeguamento sismico.

La NTC2018, al paragrafo 8.4.3. descrive gli interventi di adeguamento sismico, riportando quanto

segue:

“L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.
- e) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere $\zeta_E \geq 1,0$. Nei casi c) ed e) si può assumere $\zeta_E \geq 0,80$.

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta alla realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.”

Trattandosi di un edificio ricadente in classe d'uso IV non ricadente nei casi a), b), d) si intende raggiunta la condizione di adeguamento sismico al raggiungimento di un valore di ζ_E , a seguito degli interventi, pari almeno a 0,8.

Pertanto, gli interventi che saranno considerati nel prosieguo, verranno progettati affinché gli indici di sicurezza delle strutture presenti raggiungano il valore di 0,8.

• **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 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.

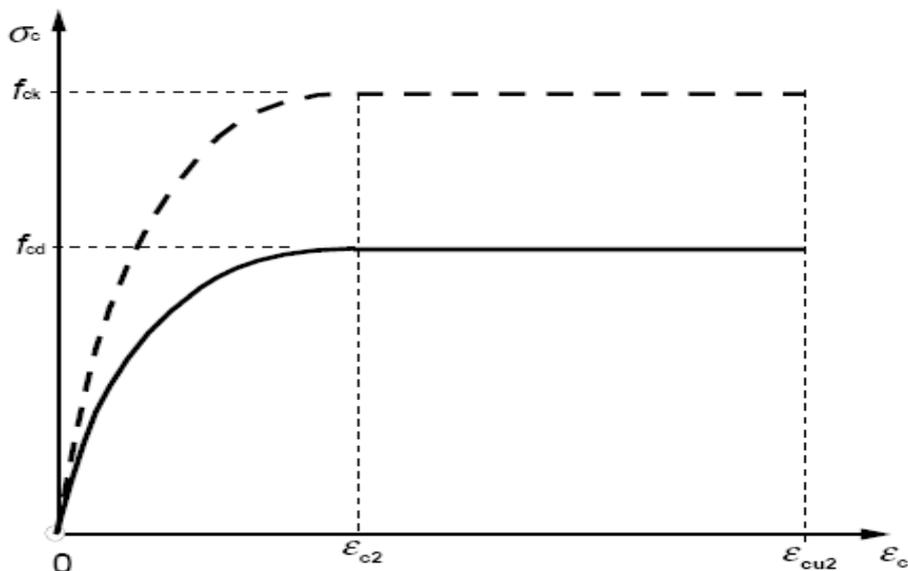
MODELLI DI CALCOLO

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 21 gennaio 2019, n. 7 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:



• **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 dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 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

Relazione Generale

azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- 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 ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici 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
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥4,00	≥4,00	≥2,00
D	Ambienti ad uso commerciale Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F – G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti) Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti	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.

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 21 gennaio 2019 n. 7. 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 SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre sui setti è calcolata, se attivata la sola condizione statica, utilizzando un principio di spinta a riposo, ottenuto riducendo del 40% i valori degli angoli di attrito del terreno ed applicando la formula di Muller-Breslau. Se viene attivata la spinta sismica invece si adotta il criterio di spinta attiva, utilizzando la formulazione di Coulomb.

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;

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

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], 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.

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 caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- 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 γ_{Gi} e γ_{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:

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
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 ≤ 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 ≤ 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 γ_{Gi} e γ_{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 ≤ 150 mm ± 5 mm
Per dimensioni ≤ 400 mm ± 15 mm
Per dimensioni ≥ 2500 mm ± 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 azioni pari a quelle di esercizio.

• **STATO DI FATTO**

INDAGINI SVOLTE SULLA STRUTTURA E LIVELLO DI CONOSCENZA RAGGIUNTO

Il rilievo geometrico ha permesso di ricavare le sezioni di travi e pilastri utilizzate nel calcolo. In particolare sono state adottate le seguenti sezioni:

- Pilastri quadrati 30x30
- Travi rettangolari 30x55

Le proprietà meccaniche dei materiali costituenti travi, pilastri, solai e murature sono state assunte in accordo con i minimi valori previsti dalla normativa vigente all'epoca della costruzione.

In particolare, sono stati assunti i seguenti materiali:

- **Travi di fondazione:** CLS C20/25, Armature B450C;
- **Pilastri:** CLS C20/25, Armature B450C;
- **Travi in elevazione:** CLS C20/25, Armature B450C;
- **Muratura in mattoni pieni e malta di calce:** le caratteristiche della muratura sono state ricavate dalla tabella C8.5.I della Circolare 7/2019.

Sulla base della fase conoscitiva, si è giunti alla conclusione che il livello di conoscenza per la struttura in esame è di tipo **LC1**, con fattore di confidenza **FC=1.35**.

MATERIALI IMPIEGATI NEL CALCOLO

In accordo con il livello di conoscenza, le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti gli elementi strutturali dell'immobile, sono state assunte in accordo con i valori minimi previsti dalla normativa vigente all'epoca della costruzione, in particolare:

- **Muratura in mattoni pieni e malta di calce:** le caratteristiche della muratura sono state ricavate dalla tabella C8.5.I della Circolare 7/2019.

MURATURA IN MATTONI PIENI E MALTA DI CALCE				
MATERIALE DI BASE				
fm (kg/cmq)	τ_0 (kg/cmq)	E (kg/cmq)	G (kg/cmq)	γ (kg/cmq)
26.00	0.50	15000	5000	1800

Relazione Generale

- **Pilastri:** CLS C20/25, Armature B450C;

CLS C20/25				
MATERIALE DI BASE				
fck(kg/cmq)	Rck (kg/cmq)	E (kg/cmq)	fctk (kg/cmq)	γ (kg/cmq)
200.00	250.00	30000	15.50	2400

- **Travi in elevazione:** CLS C20/25, Armature B450C;

CLS C20/25				
MATERIALE DI BASE				
fck(kg/cmq)	Rck (kg/cmq)	E (kg/cmq)	fctk (kg/cmq)	γ (kg/cmq)
200.00	250.00	30000	15.50	2400

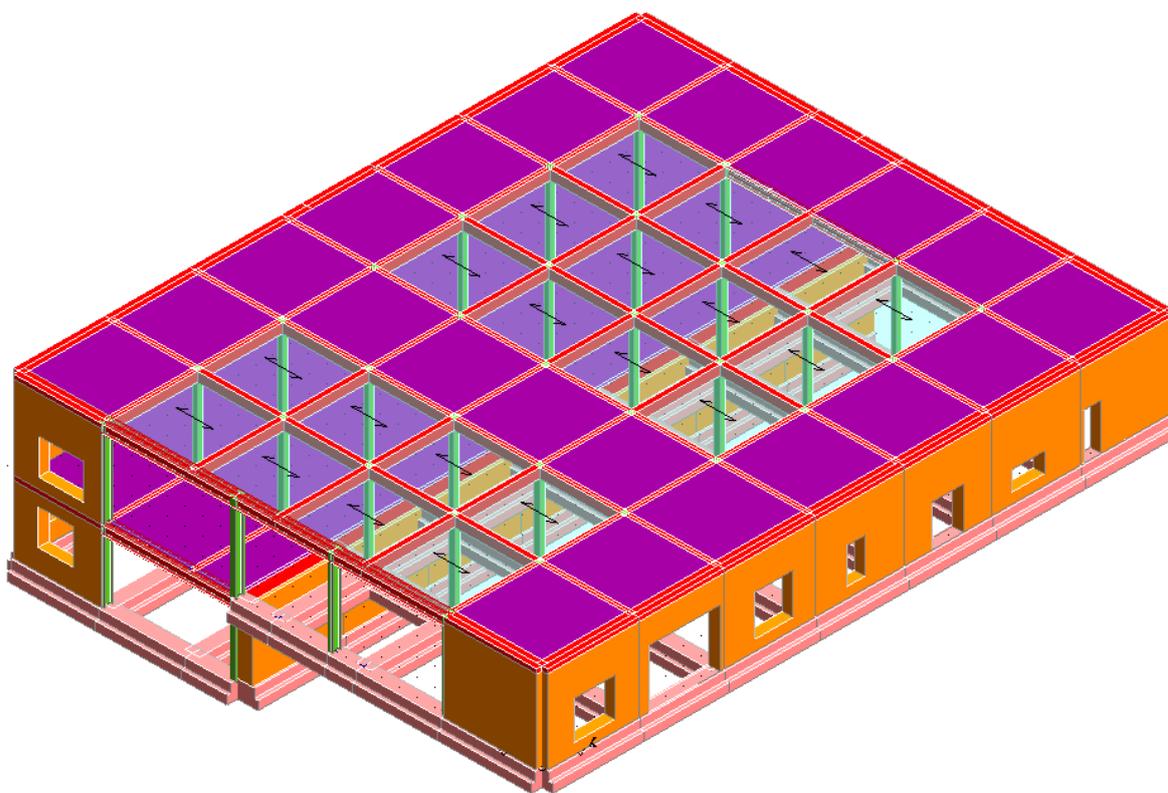
- **Travi di fondazione:** CLS C20/25, Armature B450C;

CLS C20/25				
MATERIALE DI BASE				
fck(kg/cmq)	Rck (kg/cmq)	E (kg/cmq)	fctk (kg/cmq)	γ (kg/cmq)
200.00	250.00	30000	15.50	2400

- Acciaio B450C

ACCIAIO B450C		
MATERIALE DI BASE		
fy (kg/cmq)	ft (kg/cmq)	E (kg/cmq)
4500.00	5400.00	2100000

MODELLO DI CALCOLO



TIPO DI CALCOLO SVOLTO

Per l'edificio in esame è stata condotta un'analisi dinamica lineare, la quale rappresenta una procedura convenzionale di valutazione degli effetti dell'azione sismica e viene effettuata con riferimento alla determinazione dei modi di vibrazione della struttura considerata in campo elastico.

L'analisi deve prendere in considerazione tutti i modi di vibrazione che forniscono un contributo significativo alla risposta dinamica della struttura. A tal proposito è utile sottolineare che la norma vigente (cfr. § 7.3.3.1) impone che debbano essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. Questo criterio si considera soddisfatto se la somma delle masse modali efficaci, per tutti i modi considerati, ammonta ad una percentuale significativa della struttura (85%) oppure se si

considerano tutti i modi con massa partecipante superiore ad una percentuale minima (5%). A ciascuno dei modi di vibrazione individuati, viene associato un coefficiente di partecipazione che, a sua volta, in relazione allo spettro di progetto, permette di valutare i vettori massimi delle forze statiche equivalenti relative ai vari modi.

Il valore massimo probabile E di un qualsiasi effetto (spostamento, sollecitazione, ecc.) è dato da formule di derivazione statistica. Le combinazioni più usate delle risposte sismiche per ottenere i valori massimi degli effetti sono: SRSS (radice quadrata della somma dei quadrati delle risposte modali E_i , square root sum of square) e CQC (combinazione quadratica completa, complete quadratic combination).

• VERIFICHE

Il calcolo allo stato di fatto della struttura oggetto dell'adeguamento ha permesso di valutare le carenze strutturali. Si riportano le colormap delle verifiche in elevazione e in fondazione.

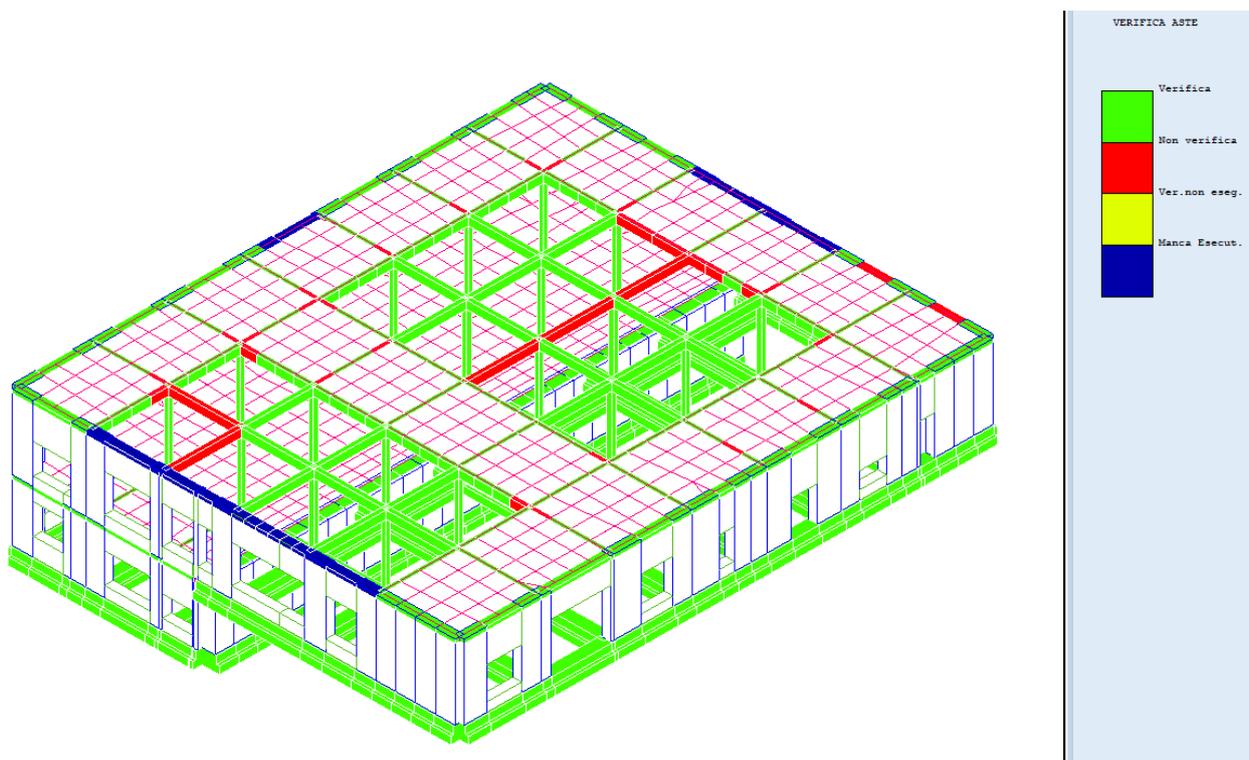


Figura 4 - Verifiche in elevazione

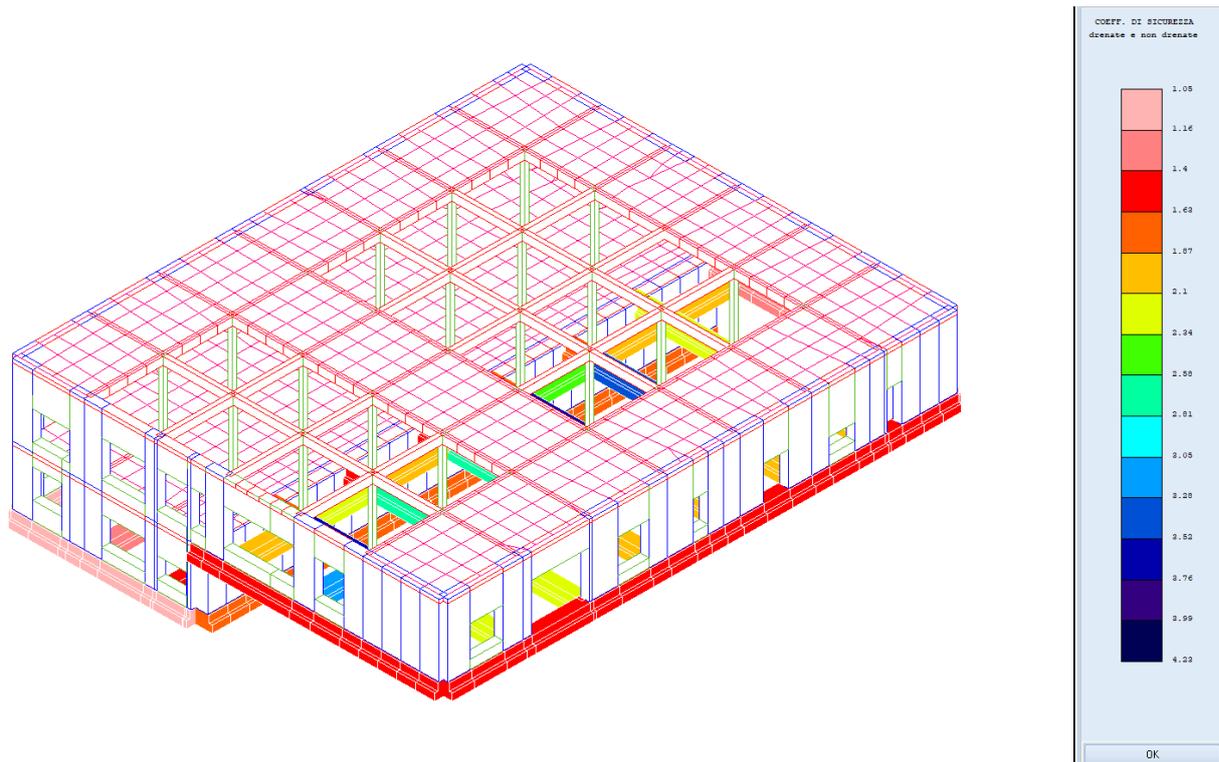


Figura 5 - Verifiche della portanza delle travi di fondazione

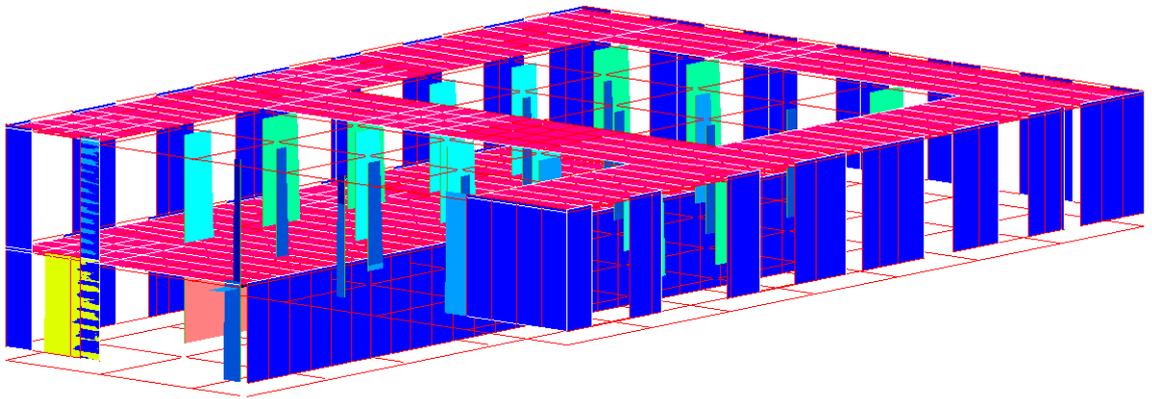
L'analisi della struttura è stata effettuata tramite un'analisi dinamica dalla quale sono stati ricavati i coefficienti di sicurezza a taglio e flessione.

Tabellina riassuntiva dei coefficienti di sicurezza

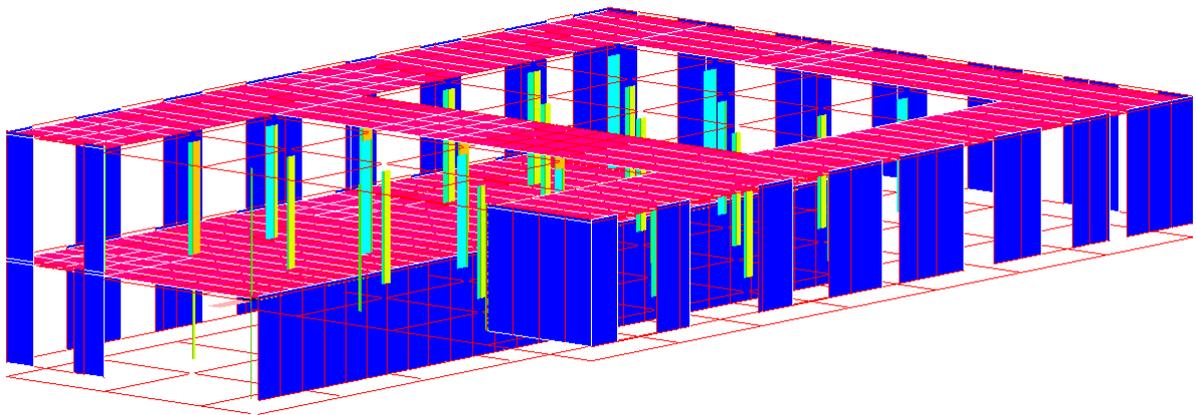
	VALORE	STATUS
Coeff. di sicurezza Flessione	0.00	VERIFICATO
Coeff. di sicurezza Taglio	0.00	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	1.02	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	15.4	VERIFICATO

DIAGRAMMI DI INVILUPPO

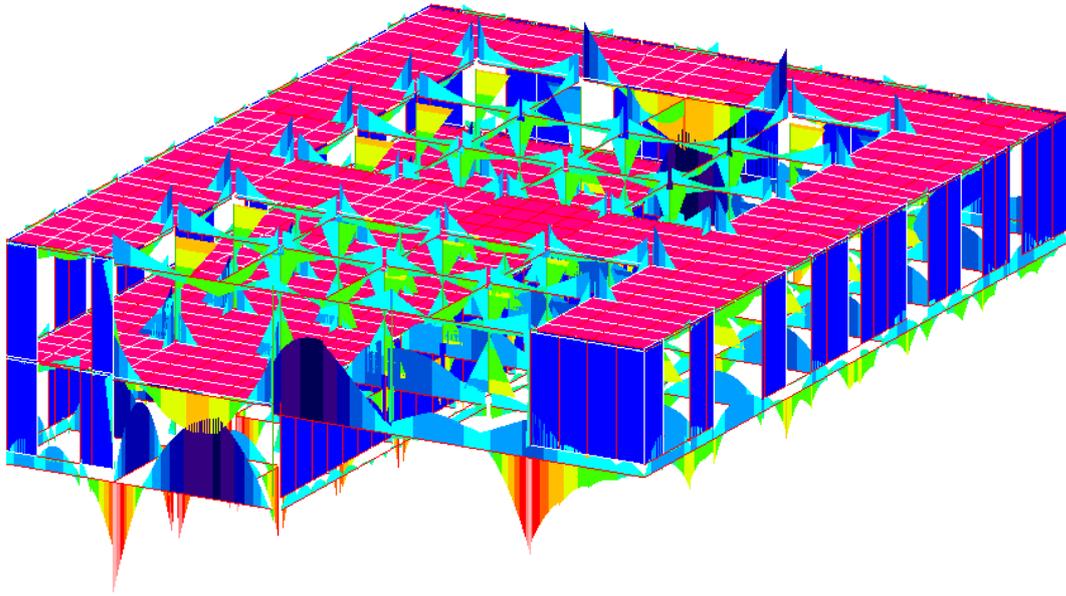
1. N



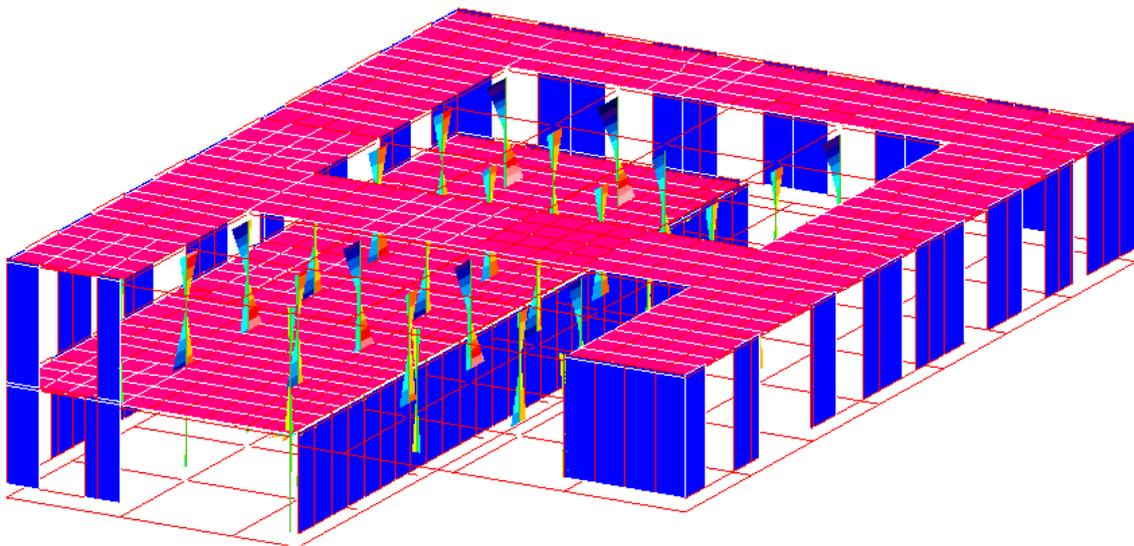
2. Tx



3. Ty



4. My



INCAMICIATURA IN C.A. PILASTRI

Su alcuni pilastri è stata inserita l'incamiciatura in c.a.

Tale intervento è realizzato mediante il "ringrosso" della sezione tramite l'aumento delle dimensioni originali e l'aggiunta di armature longitudinali e staffe. L'intervento consente di:

- aumentare la capacità portante
- aumentare la resistenza alla flessione e/o al taglio
- aumentare la capacità di deformazione

L'aumento della capacità portante ai carichi verticali avviene mediante il fenomeno del "confinamento" del calcestruzzo dell'elemento originario. In questo caso, sia la presenza del nuovo calcestruzzo (sicuramente di caratteristiche migliori di quello esistente) che la presenza delle staffe aggiuntive conferisce una pressione laterale che si oppone alla dilatazione sotto carichi assiali.

L'intervento in progetto presenta le seguenti caratteristiche:

- materiali utilizzati: calcestruzzo C25/30 e acciaio B450C
- ringrosso di 10 cm in ogni lato libero;
- ferri longitudinali: $\phi 18$
- staffe: $\phi 8/15$.

DEMOLIZIONE PARETI IN MURATURA

La struttura sarà interessata dalla demolizione di alcune pareti in muratura per la realizzazione di nuove aperture. Il rinforzo della parte di struttura interessata dalla demolizione sarà effettuato tramite la realizzazione di telai in acciaio. In particolare si realizzano due telai :

Telaio 1: il telaio sarà realizzato tra i fili 9-65-33-49 e sarà costituito da pilastri HEA450 e travi 2*HEA450. La geometria e l'inquadramento del telaio nella maglia strutturale esistente è riportato nell'elaborato "*PE.ST.05.02 Edificio Museo – Carpenteria quota +4.95 – Stato di Progetto*".

Telaio 2: il telaio sarà realizzato tra i fili 23-47 tramite una trave HE500 collegata ai pilastri esistenti in c.a. di sezione 30x30 i quali saranno inoltre oggetto di incamiciatura dunque diventeranno di sezione 50x50. La geometria e l'inquadramento del telaio nella maglia strutturale esistente è riportato nell'elaborato "*PE.ST.05.02 Edificio Museo – Carpenteria quota +4.95 – Stato di Progetto*".



Finanziato
dall'Unione europea

PROVINCIA
di VARESE



Comune di Tradate

TAVOLA

01 00a

P E S T O 1 0 0

CODICE ELABORATO

PROGETTO ESECUTIVO

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.

CUP C68I21000260001

PROGETTISTI
Arch. Giorgio Pala



Project Building Art s.r.l.

Project Building Art s.r.l.
Via Pavia, 22 - 00161 Roma
P. IVA/C.F. 10355621003
AMMINISTRATORE UNICO
Arch. Pasquale Barone

Ing. Giuseppe CERVAROLO



COLLABORATORI

Arch. Viola D'Ettore
Arch. Cecilia Marati
Arch. Paolo Monesi
Arch. Michele Preiti
Arch. Maria Simonetti
Ing. Ilario Greco
Ing. Rosario Ierardi
Ing. Cosimo Mellone



RUP

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO

EDIFICIO MUSEO - RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO - STATO DI PROGETTO

SCALA

DATA

GIUGNO 2023

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	MARZO 2023	EMISSIONE PROGETTO DEFINITIVO			
02					
03					
04					

Indice generale

RELAZIONE GENERALE	4
• DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO	4
• INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA	4
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018).....	4
MISURA DELLA SICUREZZA	5
MODELLI DI CALCOLO.....	5
• AZIONI SULLA COSTRUZIONE	7
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI.....	8
DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE.....	8
AZIONE SISMICA.....	10
AZIONI DOVUTE AL VENTO	10
AZIONI DOVUTE ALLA SPINTA DELLE TERRE.....	10
AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA	10
NEVE.....	11
AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI.....	11
COMBINAZIONI DI CALCOLO	11
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE	12
• TOLLERANZE	13
• DURABILITÀ	13
• PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO	13
• VERIFICHE	14
• DEMOLIZIONE PARETI IN MURATURA	15
• CALCOLO DEI NODI	15
TELAIO 1	15
PARTICOLARE 1 – NODO DI FONDAZIONE.....	15
PARTICOLARE 2 – NODO PILASTRO - TRAVE	17
TELAIO 2	19
PARTICOLARE 5 – NODO TRAVE - PILASTRO	19

RELAZIONE GENERALE

OGGETTO: Adeguamento museo
Stato di progetto

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

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	4
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	45.71253
Longitudine del sito oggetto di edificazione	8.911572

- **DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di TRADATE

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Marco Cinotti

- **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
 Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 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 quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

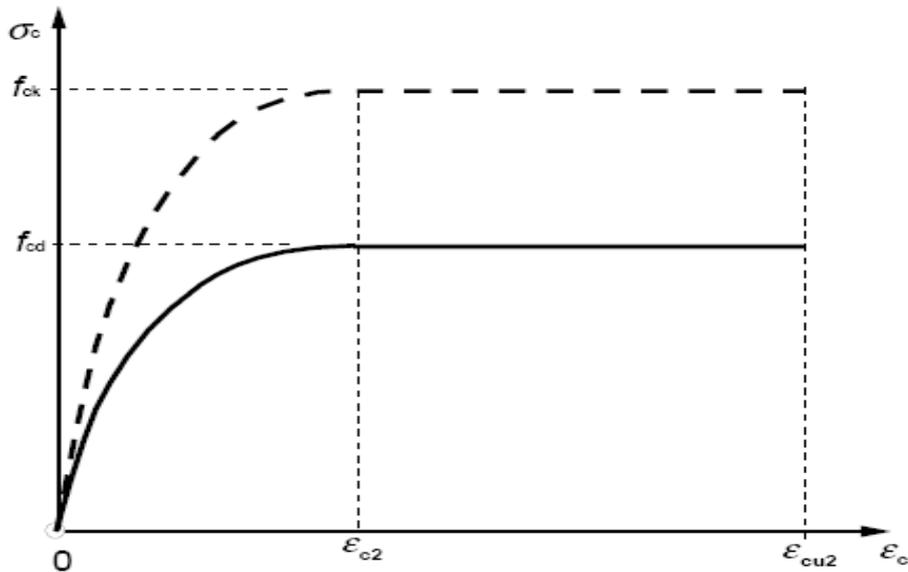
MODELLI DI CALCOLO

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 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

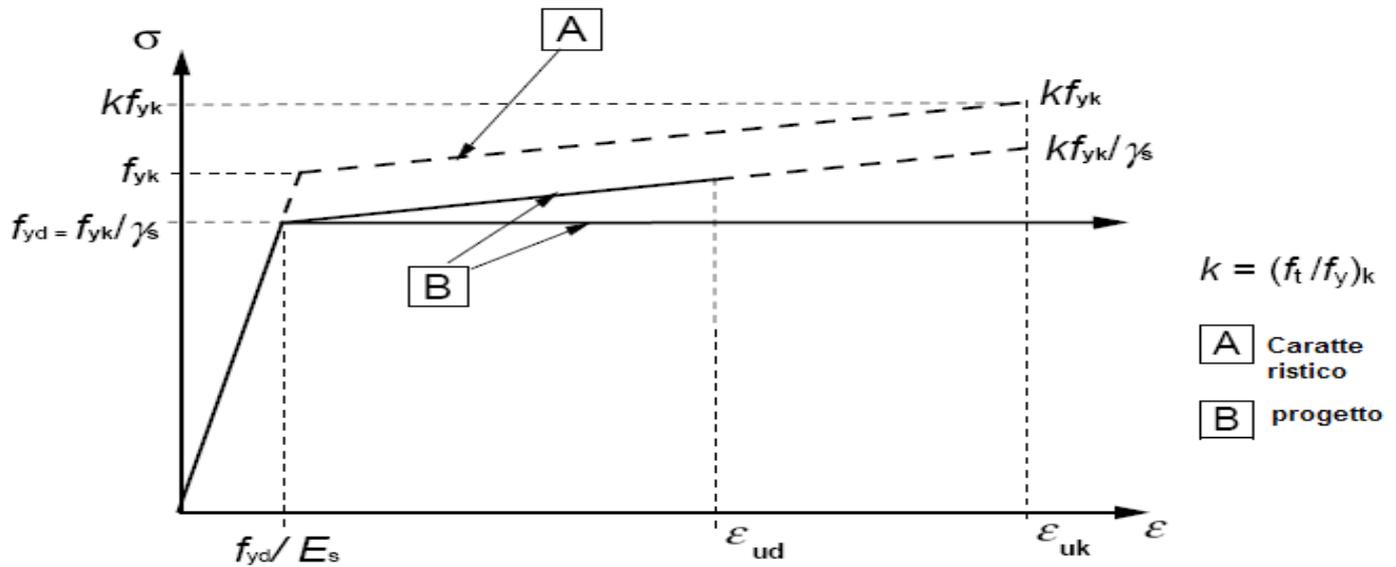
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



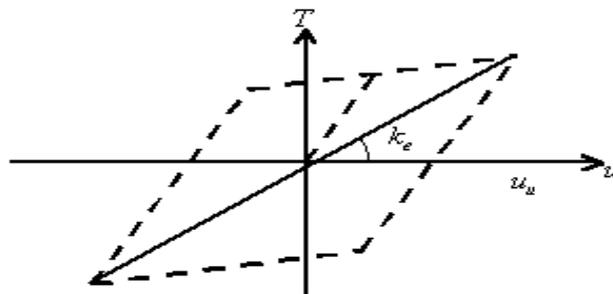
Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore ε_{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 dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 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/m²]

Relazione Generale

- 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 ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici 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
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥4,00	≥4,00	≥2,00
D	Ambienti ad uso commerciale Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F – G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti) Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti	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.

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 21 gennaio 2019 n. 7. 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 SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre sui setti è calcolata, se attivata la sola condizione statica, utilizzando un principio di spinta a riposo, ottenuto riducendo del 40% i valori degli angoli di attrito del terreno ed applicando la formula di Muller-Breslau. Se viene attivata la spinta sismica invece si adotta il criterio di spinta attiva, utilizzando la formulazione di Coulomb.

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;

μ_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^2], 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.

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 caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- 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 γ_{Gi} e γ_{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 ψ_{2j} 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:

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
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 ≤ 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 ≤ 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 γ_{Gi} e γ_{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 ≤ 150 mm ± 5 mm
Per dimensioni ≤ 400 mm ± 15 mm
Per dimensioni ≥ 2500 mm ± 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.

• VERIFICHE

Gli interventi di incamiciatura dei pilastri effettuati sulla struttura hanno permesso di raggiungere il soddisfacimento di tutte le verifiche di tutti gli elementi strutturali. Si riportano le colormap delle verifiche in elevazione e in fondazione.

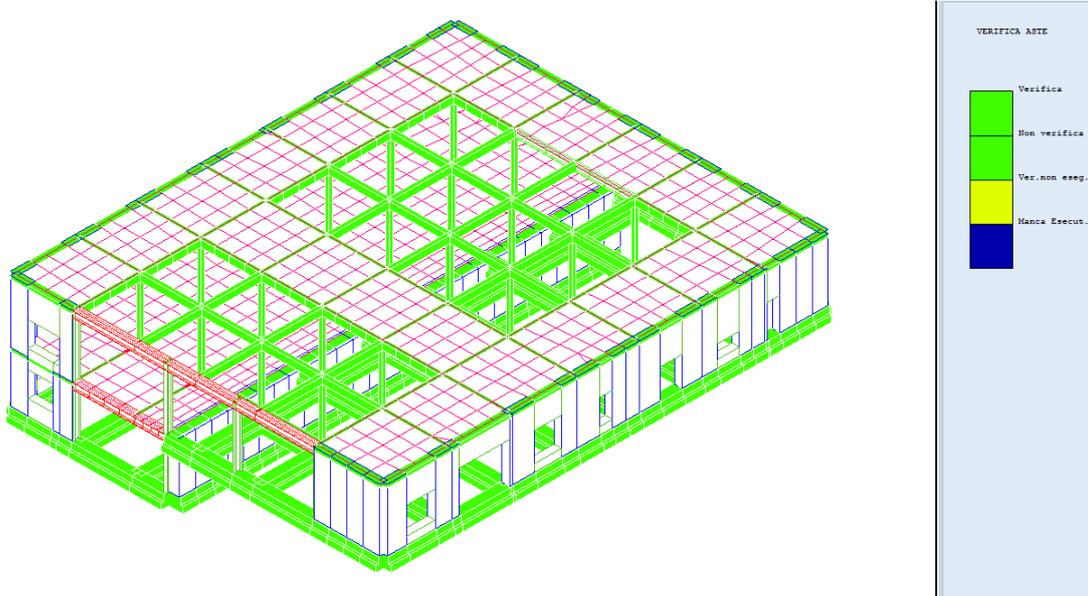


Figura 1 - Verifiche degli elementi strutturali

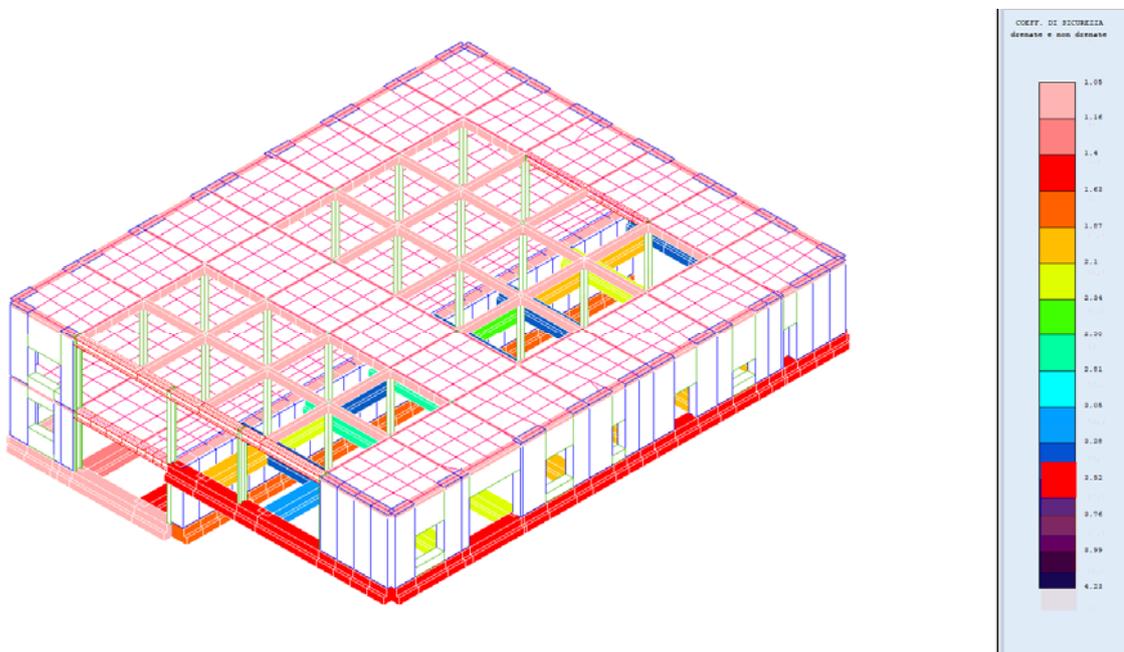


Figura 2 - Verifiche della portanza delle travi in fondazione

L'analisi della struttura è stata effettuata tramite un'analisi dinamica dalla quale sono stati ricavati i

coefficienti di sicurezza a taglio e flessione a seguito degli interventi previsti.

Tabellina riassuntiva dei coefficienti di sicurezza

	VALORE	STATUS
Coeff. di sicurezza Flessione	1.01	VERIFICATO
Coeff. di sicurezza Taglio	1.02	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	1.02	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	15.4	VERIFICATO

• **DEMOLIZIONE PARETI IN MURATURA**

La struttura sarà interessata dalla demolizione di alcune pareti in muratura per la realizzazione di nuove aperture. Il rinforzo della parte di struttura interessata dalla demolizione sarà effettuato tramite la realizzazione di telai in acciaio. In particolare si realizzano due telai :

Telaio 1: il telaio sarà realizzato tra i fili 9-65-33-49 e sarà costituito da pilastri HEA450 e travi 2*HEA450. La geometria e l'inquadramento del telaio nella maglia strutturale esistente è riportato nell'elaborato "*PE.ST.05.02 Edificio Museo – Carpenteria quota +4.95 – Stato di Progetto*".

Telaio 2: il telaio sarà realizzato tra i fili 23-47 tramite una trave HE500 collegata ai pilastri esistenti in c.a. di sezione 30x30 i quali saranno inoltre oggetto di incamicatura dunque diventeranno di sezione 50x50. La geometria e l'inquadramento del telaio nella maglia strutturale esistente è riportato nell'elaborato "*PE.ST.05.02 Edificio Museo – Carpenteria quota +4.95 – Stato di Progetto*".

• **CALCOLO DEI NODI**

Si riporta il calcolo dei nodi di telai.

Telaio 1

NODO PILASTRO - FONDAZIONE

Il collegamento viene realizzato saldando alla base del ritto una piastra in acciaio predisposta con 8 fori e collegando quest'ultima alla fondazione in cemento armato mediante appositi tirafondi.

Dati

- **Profilato**..... : **HEA450 - S235**
 Tensione normale di progetto : 2238.1 daN/cm²

Relazione Generale

- **Piastra di Base**..... : **S235**
Tensione normale di progetto : 2238.1 daN/cm²

La fondazione messa a disposizione del dimensionamento del collegamento ha forma prismatica con :

Larghezza..... : 80 cm
Lunghezza..... : 100 cm
Altezza..... : 100 cm

Tensione normale di progetto del calcestruzzo..... : 113.3 daN/cm²
Tensione normale di progetto della Piastra di base..... : 2238.1 daN/cm²
Tensione normale di progetto dei tirafondi..... : 5760.0 daN/cm²
Tensione tangenziale di progetto dei tirafondi..... : 3840.0 daN/cm²

- Sollecitazioni esterne.

Sforzo normale..... : 60000.0 daN
(trazione)
Taglio lungo la direzione della base del profilato..... : 6000.0 daN
Taglio lungo la direzione dell'altezza del profilato... : 30000.0 daN

Risultati del Calcolo

La tensione massima agente sul calcestruzzo della fondazione e sui tirafondi viene calcolata assimilando la sezione di contatto ad una sezione in cemento armato soggetta Sforzo Normale Centrato ove le armature sono costituite dai tirafondi stessi.

I bulloni sollecitati a trazione devono essere in grado di resistere agli sforzi corrispondenti e devono, inoltre, avere lunghezza tale da trasferire per aderenza lo sforzo al conglomerato.

Dimensione della piastra di base.

La piastra ha la forma rettangolare con la base parallela alla base del profilato.

- Base della piastra..... : 475 mm
- Altezza della piastra..... : 690 mm
- Spessore della piastra..... : 20 mm

- Tensione normale massima di calcolo nel calcestruzzo : 0.0 daN/cm²
- Tensione normale di progetto nel calcestruzzo..... : 113.3 daN/cm²

Verifica con esito positivo.

Non sono necessarie apposite nervature di irrigidimento per la verifica dello spessore della piastra o della saldatura.

Nervature della piastra annegate nel calcestruzzo.

... non richieste

Saldature di collegamento Piastra-Ritto.

- Spessore delle saldature..... : 5 mm
- Spessore utile delle saldature (sezione di gola).... : 3.54 mm
- Tensione di calcolo massima sulle saldature..... : 1386.8 daN/cm²
- Tensione normale di progetto sulle saldature..... : 2238.1 daN/cm²

NB: Le saldature calcolate vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio S235 e lo

Relazione Generale

spessore della lamiera minore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E52 di classi di qualità 3 o 4

Tirafondi

- Numero dei tirafondi..... : 8
- Diametro dei tirafondi..... : 20 mm
- Diametro dei fori sulla piastra di base..... : 21.0 mm

Coordinate dei fori espresse relativamente al sistema di riferimento posto nell'angolo in basso a sinistra della piastra di base :

	x (mm)	y (mm)
- Foro 1	44.0	90.0
- Foro 2	431.0	90.0
- Foro 3	44.0	600.0
- Foro 4	431.0	600.0
- Foro 5	237.5	90.0
- Foro 6	44.0	345.0
- Foro 7	431.0	345.0
- Foro 8	237.5	600.0

- Resistenza a trazione dei tirafondi Ft,Rd..... : 14112.0 daN
- Resistenza a punzonamento della piastra Bp,Rd..... : 43429.4 daN
- Trazione massima sui tirafondi..... : 9617.1 daN

Verifica con esito positivo.

- Tensione tangenziale di progetto dei tirafondi..... : 3840.0 daN/cm²
- Tensione tangenziale di calcolo dei tirafondi..... : 1217.3 daN/cm²

Verifica con esito positivo.

Ancoraggio affidato a barre diritte

Barra utilizzata per tirafondi : ad aderenza migliorata

- Aderenza calcestruzzo - barra : 23.2 daN/cm²
- Lunghezza di ancoraggio minima : 660 mm
- Lunghezza di ancoraggio assunta : 660 mm
- Resistenza ad estrazione della barra : 9624.7 daN
- Trazione di calcolo max su Tirafondo : 9617.1 daN

Verifica a Rifollamento.

- Spessore Piastra di base : 20 mm
- Larghezza foro per Tirafondo : 21.0 mm
- Tensione normale di riferimento della piastra : 2238.1 daN/cm²
- Tensione tangenziale di riferimento dei Tirafondi .. : 3840.0 daN/cm²
- Costante di rifollamento : 1.0
- Azione di calcolo per rifollamento : 3824.3 daN
- Resistenza a rifollamento [Fb,Rd] : 7161.9 daN
- Verifica a Rifollamento effettuata con esito POSITIVO.

NODO PILASTRO – TRAVE

Il collegamento viene realizzato tramite una flangia saldata contemporaneamente alla trave e alla colonna.

Dati

1.	Colonna.....	:	HEA450 - S235
	- Tensione normale di progetto del profilato.....	:	2238.1 daN/cm ²
2.	Trave.....	:	HEA450 - S235
	- Tensione normale di progetto del profilato.....	:	2238.1 daN/cm ²
3.	Flangia.....	:	S235
	- Tensione normale di progetto della flangia di collegamento.....	:	2238.1 daN/cm ²
4.	Bulloni classe.....	:	8.8
	- Diametro utilizzato per i Bulloni.....	:	14 mm
	- Tensione normale di progetto dei Bulloni.....	:	5760.0 daN/cm ²
	- Tensione tangenziale di progetto dei Bulloni.....	:	3840.0 daN/cm ²
5.	Sollecitazioni esterne.		
	- Trave 1		
	- Sforzo normale.....	:	0.0 daN
	- Taglio lungo la direzione dell'anima della trave	:	8000.0 daN
	- Momento flettente relativo alla trave.....	:	9000.0 daNm
	- Trave 2		
	- Sforzo normale.....	:	0.0 daN
	- Taglio lungo la direzione dell'anima della trave	:	8000.0 daN
	- Momento flettente relativo alla trave.....	:	9000.0 daNm
	- Azioni di calcolo (con riferimento alla trave inclinata)		
	- Sforzo normale.....	:	0.0 daN
	- Taglio.....	:	16000.0 daN
	- Momento flettente.....	:	0.0 daNm

Risultati del Calcolo

1.	Dimensioni della flangia di collegamento.		
	- Base.....	:	320 mm
	- Altezza.....	:	460 mm
	- Spessore.....	:	15 mm
	- Tensione normale max sulla flangia.....	:	0.00 daN/cm ²
	- Tensione di rifollamento max sulla flangia.....	:	0.00 daN/cm ²
	- Tensione di rifollamento max sulla Trave.....	:	0.00 daN/cm ²
2.	Bulloni.		
	- Non Richiesti.		
3.a	Saldatura Colonna-Flangia.		
	- Saldatura a cordone d'angolo lungo tutto il perimetro del profilato con spessore reale.....	:	8 mm
	- Tensione ideale max lungo la saldatura dell'anima...	:	661.92 daN/cm ²
	- Tensione ideale max lungo la saldatura dell'ala.....	:	818.19 daN/cm ²

NB: Le saldature calcolate vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio S235 e lo spessore della lamiera maggiore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E52 di classe 4B

3.b Saldatura Nervature.

- Saldatura a cordone d'angolo lungo tutto il perimetro delle nervature con spessore reale..... : 8 mm

NB: Le saldature calcolate vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio S235 e lo spessore della lamiera minore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E52 di classe 4B

3.c Saldatura Trave-Flangia.

- Saldatura a cordone d'angolo lungo tutto il perimetro del profilato con spessore reale..... : 12 mm
 - Tensione ideale max lungo la saldatura..... : 1812.38 daN/cm²

NB: Le saldature calcolate vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio S235 e lo spessore della lamiera maggiore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E52 di classe 4B

4. Nervature irrigidentanti.

Tali irrigidimenti sono stati predisposti all'interno della trave e in corrispondenza delle ali della colonna; hanno spessore pari al minimo valore tra lo spessore dell'ala della colonna e lo spessore dell'ala della trave.

Telaio 2

NODO TRAVE HEA500 – PILASTRO IN CA

Il collegamento viene realizzato tramite una flangia saldata alla trave e fissata all'elemento in cls a mezzo di bulloni ancorati. L'efficienza statica e la rigidezza del nodo si manifestano nella sua capacità di trasferire le forze di trazione e di compressione provenienti dalla trave, oltre agli sforzi di taglio.

Dati

1. Elemento in CLS.

Calcestruzzo..... : C25/30 Rbk
 Tensione normale di progetto..... : 141.7 daN/cm²

2. Trave..... : HEA500 - S235

- Tensione normale di progetto del profilato..... : 2238.10 daN/cm²

3. Flangia..... : S235

- Tensione normale di progetto della flangia di collegamento..... : 2238.10 daN/cm²
 - Spessore..... : 8 mm

4. Bulloni classe..... : 8.8

- Diametro utilizzato per i Bulloni..... : 14 mm
 - Tensione normale di progetto dei Bulloni..... : 5760.00 daN/cm²
 - Tensione tangenziale di progetto dei Bulloni..... : 3840.00 daN/cm²

5. Sollecitazioni esterne.

- Sforzo normale..... : 0.00 daN
- Taglio lungo la direzione dell'anima della trave..... : -13150.90 daN
- Momento flettente relativo alla trave..... : 0.00 daNm

Risultati del Calcolo

1. Dimensioni della flangia di collegamento.

- Base..... : 300 mm
- altezza..... : 530 mm
- spessore..... : 8 mm
- Tensione normale max sulla flangia..... : 0.00 daN/cm²
- Tensione di rifollamento max sulla flangia..... : 2935.47 daN/cm²
- Tensione di rifollamento max sulla colonna..... : 0.00 daN/cm²

2. Bulloni.

- Numero dei bulloni..... : 4
- Diametro dei fori praticati..... : 15.00 mm

I bulloni saranno posizionati secondo un sistema di riferimento cartesiano con origine posto nell'angolo in basso a sinistra della flangia. L'asse X risulta parallelo alla base della flangia mentre l'asse y risulta parallelo all'altezza.

Con tali presupposti le coordinate dei centri dei fori saranno:

	x (mm)	y (mm)	Azione totale (daN)
Bullone 1	28.00	92.00	3287.73
Bullone 2	28.00	438.00	3287.73
Bullone 3	272.00	92.00	3287.73
Bullone 4	272.00	438.00	3287.73

- Sollecitazione tangenziale massima sul bullone..... : 2135.75 daN/cm²
- Sollecitazione normale massima sul bullone..... : 0.00 daN/cm²

3. Saldatura Trave-Flangia.

- Saldatura a cordone d'angolo lungo tutto il perimetro del profilato con spessore reale..... : 5 mm
- Tensione ideale max lungo la saldatura dell'anima.... : 16.86 daN/cm²
- Tensione ideale max lungo la saldatura dell'ala..... : 16.86 daN/cm²

NB: Le saldature calcolate vanno intese ad arco con elettrodi rivestiti. Gli elettrodi impiegati dovranno essere del tipo omologato secondo le norme UNI 5132. Essendo il tipo di acciaio S235 e lo spessore della lamiera minore di 30 mm si adotteranno elettrodi di tipo E52 di classi di qualità 3 o 4