

AMPLIAMENTO DELLO STABILIMENTO CONAD NORDOVEST

Viale Finzi - MODENA (MO)

**Procedimento Unico ex art. 53 della LR n. 24/2017
per l'approvazione di una variante al precedente progetto denominato
"Art. 53 LR 24/2017 – IMCO-CONAD - PdC 3493/2021"**

PROGETTISTI

POLITECNICA
building for humans

STUDIO TECNICO



RESPONSABILE DI PROGETTO

Ing.Arch. Corrado Giacobazzi

STRUTTURE e GEOTECNICA

Ing. Giorgio Poggi

Ing. Luciano Gasparini

REFERENTE RAPPORTI COMMITTEENZA

CONTRACT MANAGER

P.I. Emanuela Becchi

OPERE DI URBANIZZAZIONE, VIABILITA',

RETI e ALLACCIAMENTI

Ing. Stefano Ripari

Ing. Alessio Gori

PROGETTO ARCHITETTONICO

Ing.Arch. Corrado Giacobazzi

Arch. Stefano Maffei

PREVENZIONE INCENDI

IMPIANTI

P.I. Emanuela Becchi

P.I. Alberto Sgrilli

P.I. Roby Malverti

URBANISTICA e PAESAGGIO

RAPPORTI CON ENTI

Arch. Maria Cristina Fregni

Arch. Paola Gabrielli

ACUSTICA

Ing. Claudio Pongolini

Arch. Matteo Falcini

COMMITTENTE

IMCO s.p.a

TEAM DI PROGETTO

Dott. Guglielmo Billi, Arch. Antonio Giungo,

Ing. Sara Perini, Ing. Francesco Pollini, Arch. Giacomo Provesi

ELABORATO

PERMESSO DI COSTRUIRE

OPERE STRUTTURALI

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA DELLE STRUTTURE

PARTE D'OPERA

DISCIPLINA

DOC. E PROG.

FASE REV.

C2

OS

RT01

2B0

Cartella	File name	Prot.	Scala	Formato
04-C	C2_OS_RT01_2B0_4993_Rel tecn-ill strutture	4993	-	A4

5					
4					
3					
2					
1					
0	EMISSIONE	Maggio 2026	F. Pollini	G. Poggi	C. Giacobazzi
REV.	DESCRIZIONE	Data	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Il presente progetto è il frutto del lavoro dei professionisti associati in Politecnica. A termine di legge tutti i diritti sono riservati.
E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza autorizzazione di POLITECNICA Soc. Coop.

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	5
1.1	OGGETTO DEL NUOVO PERMESSO DI COSTRUIRE	5
1.2	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO NEL COMPARTO ESISTENTE.....	5
1.3	FINALITÀ E LIMITI DEL PRESENTE LIVELLO PROGETTUALE	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	9
4.1	DESTINAZIONE D'USO E CARATTERISTICHE GENERALI.....	9
4.2	INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO	10
4.3	SEPARAZIONE STRUTTURALE E GIUNTI	10
4.4	CONFIGURAZIONE FUNZIONALE INTERNA.....	11
4.5	MAGLIA STRUTTURALE E ORGANIZZAZIONE PLANIMETRICA.....	11
5	ORGANISMO STRUTTURALE	13
5.1	SISTEMA STRUTTURALE PREFABBRICATO PRINCIPALE.....	13
5.2	REGOLARITÀ PLANIMETRICA	13
5.3	SCHEMA RESISTENTE ALLE AZIONI VERTICALI	13
5.4	SCHEMA RESISTENTE ALLE AZIONI ORIZZONTALI	13
5.5	DISCONTINUITÀ IN ELEVAZIONE E BLOCCO CON SOLAIO INTERMEDIO.....	14
5.6	OPERE STRUTTURALI ACCESSORIE	14
5.6.1	Opere indipendenti e giuntate.....	14
5.6.2	Tettoie lungo le baie di carico	14
5.6.3	Eventuale tettoia indipendente	15
5.6.4	Scaffalature interne.....	15
5.6.5	Pavimentazione industriale e sottofondo.....	15
5.6.6	Rampe interne ed esterne	15
5.6.7	Inquadramento complessivo.....	16
6	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	17
6.1	VITA NOMINALE V_N	17
6.2	CLASSE D'USO E COEFFICIENTE D'USO C_U	17
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA V_R	17
6.4	LIVELLI PRESTAZIONALI	18
7	MATERIALI STRUTTURALI.....	19
7.1	OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO GETTATO IN OPERA.....	19

7.2	ELEMENTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO ARMATO E PRECOMPRESSO.....	19
7.3	PANNELLI PREFABBRICATI DI INVOLUCRO	20
7.4	STRUTTURE METALLICHE ACCESSORIE.....	20
7.5	PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE	20
8	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	21
8.1	RIFERIMENTI ALLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	21
8.2	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DEL SITO	21
8.3	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	23
8.4	SISTEMA FONDAZIONALE PREVISTO	24
9	PARAMETRI SISMICI DI SITO.....	25
9.1	INQUADRAMENTO SISMICO TERRITORIALE	25
9.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	25
9.3	CATEGORIA DEL SUOLO E TOPOGRAFICA	26
10	ANALISI DELLE AZIONI	28
10.1	PESI PROPRI STRUTTURALI (G1)	28
10.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)	28
10.2.1	Carichi permanenti non strutturali copertura.....	28
10.2.2	Carichi permanenti non strutturali solaio intermedio	28
10.2.3	Carichi permanenti non strutturali con sola valenza di massa sismica	28
10.3	SOVRACCARICHI VARIABILI (Qk).....	29
10.3.1	Sovraccarichi antropici copertura	29
10.3.2	Sovraccarichi antropici solaio intermedio	29
10.4	AZIONE SISMICA (E)	29
10.4.1	Stato Limite di salvaguardia della Vita Elastico	31
10.4.2	Stato Limite di salvaguardia della Vita Inelastico $q=2,00$	35
10.5	AZIONE DELLA NEVE (Qs)	39
10.5.1	CARICO NEVE AL SUOLO	39
10.5.2	COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE (unica falda).....	39
10.5.3	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	40
10.5.4	COEFFICIENTE TERMICO	40
10.5.5	CARICO NEVE SULLE COPERTURE	40
10.5.6	ACCUMULI LOCALI E VERIFICHE DI DETTAGLIO	40
10.6	AZIONE DEL VENTO (Qw)	40
10.6.1	Velocità di riferimento	41
10.6.2	Pressione cinetica di riferimento.....	42
10.6.3	Coefficiente di esposizione	42
10.6.4	Pressione di picco.....	44
11	MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE	46
11.1	IMPOSTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE.....	46
11.2	MODELLAZIONE DEGLI IMPALCATI.....	46

11.3	ELEMENTI NON MODELLATI.....	46
11.4	SUDDIVISIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	47
11.5	CASI DI CARICO	48
11.6	ANALISI STRUTTURALI ESEGUITE	48
12	CONCLUSIONI E SVILUPPI DEL PROGETTO STRUTTURALE	49

1 PREMESSA

1.1 OGGETTO DEL NUOVO PERMESSO DI COSTRUIRE

La presente relazione tecnico-strutturale è redatta ai fini del rilascio del **Permesso di Costruire** relativo al fabbricato denominato **GV04**, inserito all'interno dello stabilimento logistico **CONAD** sito in **Viale Finzi nel Comune di Modena**.

L'intervento complessivo di ampliamento del comparto logistico è stato oggetto di precedente titolo edilizio. Nel corso dello sviluppo progettuale ed esecutivo delle opere, il progetto originario ha subito alcune modifiche e aggiornamenti che hanno reso necessario procedere con un **nuovo titolo edilizio limitatamente al fabbricato GV04**, rimasto non realizzato.

Il presente documento ha pertanto carattere autonomo e costituisce il riferimento tecnico-strutturale per il nuovo procedimento autorizzativo.

1.2 INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO NEL COMPARTO ESISTENTE

Il fabbricato GV04 si inserisce all'interno di un comparto produttivo e logistico già in gran parte realizzato e attualmente in esercizio, costituente il polo logistico CONAD situato lungo **Viale Finzi** nel Comune di Modena.

L'intervento si colloca nel quadro più generale di sviluppo e potenziamento del complesso logistico esistente, finalizzato all'ottimizzazione delle attività di stoccaggio e distribuzione delle merci e all'incremento della capacità operativa del comparto.

Dal punto di vista strutturale, il nuovo edificio è progettato come organismo indipendente rispetto alle strutture esistenti. In particolare:

- l'edificio è separato dai corpi di fabbrica adiacenti mediante **giunto sismico**;
- non sono previste **connessioni strutturali rigide** o trasferimenti di carico verso le strutture esistenti;
- il comportamento statico e dinamico del fabbricato GV04 risulta pertanto **autonomo** rispetto agli altri edifici presenti nel comparto.

Le scelte progettuali adottate risultano coerenti con il sistema costruttivo e con l'impostazione strutturale già utilizzata per le opere realizzate nel complesso logistico, garantendo uniformità tecnologica e continuità prestazionale dell'intervento.

1.3 FINALITÀ E LIMITI DEL PRESENTE LIVELLO PROGETTUALE

La presente relazione definisce i criteri generali adottati per l'impostazione del progetto strutturale del fabbricato GV04 e in particolare:

- la configurazione e lo schema dell'organismo strutturale;
- i riferimenti normativi adottati;
- la vita nominale, la classe d'uso e i parametri sismici di sito;
- le azioni di progetto considerate;
- l'impostazione delle analisi strutturali preliminari;
- il sistema fondazionale e l'inquadramento geotecnico.

Le verifiche strutturali di dettaglio degli elementi prefabbricati (pilastri, travi e tegoli) saranno sviluppate nella successiva fase di **progetto esecutivo** dal produttore del sistema prefabbricato, sulla base delle azioni e dei parametri definiti nella presente relazione.

Analogamente, le opere strutturali accessorie — quali **nucleo scala, vano montacarichi, eventuali tettoie e scale esterne** — saranno oggetto di specifica progettazione esecutiva.

Il presente livello progettuale ha pertanto la finalità di:

- definire l'impostazione strutturale generale dell'edificio;
- fissare i parametri di riferimento per lo sviluppo del progetto esecutivo;
- garantire la coerenza normativa e prestazionale dell'intervento.

La relazione ha quindi **carattere preliminare** e stabilisce i criteri generali di progettazione strutturale del fabbricato GV04, rinviando alla successiva fase esecutiva la definizione di dettaglio degli elementi prefabbricati e delle fondazioni.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'area oggetto dell'intervento è situata nel **Comune di Modena**, nel settore settentrionale del territorio urbano, all'interno del comparto produttivo e logistico sviluppatosi lungo **Viale Finzi**, asse viario principale che collega il quadrante nord della città con il sistema infrastrutturale della tangenziale e con la rete viaria extraurbana.

Il contesto territoriale è caratterizzato dalla presenza prevalente di insediamenti produttivi e logistici di medie e grandi dimensioni, organizzati lungo la viabilità principale e strettamente connessi alle infrastrutture di trasporto a servizio delle attività distributive.

All'interno di tale ambito si colloca il **polo logistico CONAD**, costituito da diversi fabbricati destinati ad attività di deposito, preparazione e smistamento delle merci. Il nuovo edificio **GV04** si inserisce in continuità con il complesso logistico esistente e ne rappresenta un ampliamento funzionale.

L'area di intervento presenta morfologia sostanzialmente pianeggiante ed è già urbanizzata e infrastrutturata per attività logistiche. Il nuovo fabbricato sarà realizzato in adiacenza agli edifici esistenti del polo logistico, mantenendo tuttavia **indipendenza strutturale** rispetto ai corpi di fabbrica circostanti mediante opportuno **giunto sismico**.

Dal punto di vista funzionale, il fabbricato GV04 è destinato ad ospitare attività di **stoccaggio e movimentazione merci**, integrandosi con l'organizzazione operativa del comparto logistico esistente.

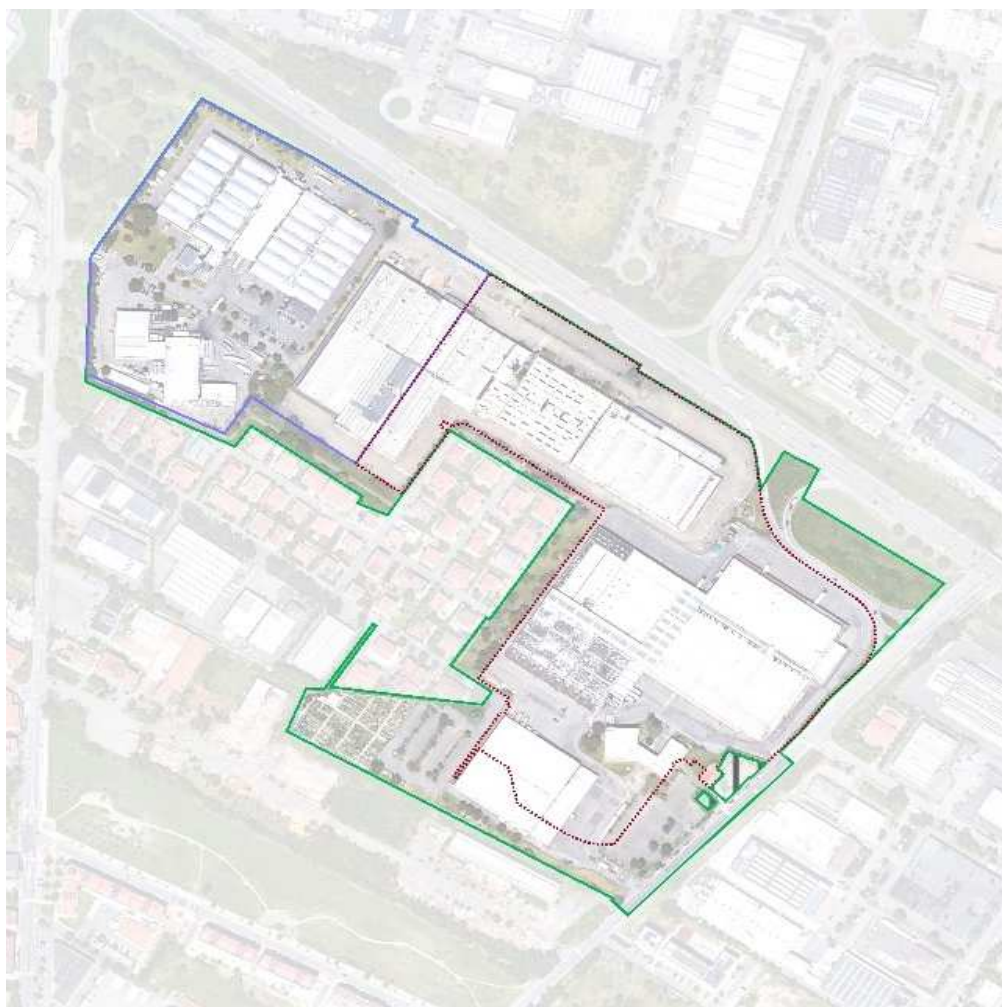


Figura 1 | Vista aerea con perimetro area Conad dello stato legittimato

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione strutturale del fabbricato GV04 è impostata nel rispetto della normativa tecnica vigente in materia di costruzioni, con particolare riferimento alle disposizioni nazionali e regionali applicabili al territorio della Regione Emilia-Romagna.

In particolare si fa riferimento a:

- **D.M. 17 gennaio 2018** – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP.** – “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Delibera di Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 1164/2018 e successive modifiche, relativa alla classificazione sismica del territorio regionale;
- Norme UNI ed Eurocodici richiamati dalle NTC 2018 per la determinazione delle azioni e la verifica degli elementi strutturali.

Per le strutture prefabbricate in calcestruzzo armato si fa inoltre specifico riferimento:

- alle prescrizioni contenute nelle NTC 2018 relative agli elementi prefabbricati strutturali;
- alle disposizioni in materia di qualificazione dei prodotti ad uso strutturale;
- ai controlli di produzione in stabilimento e alle procedure di accettazione in cantiere;
- alle Linee Guida e Istruzioni applicabili agli elementi prefabbricati in c.a. emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per quanto concerne gli aspetti geotecnici si fa riferimento al Capitolo 6 delle NTC 2018 e alla relazione geologica redatta nell’ambito dell’intervento complessivo del comparto.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 DESTINAZIONE D'USO E CARATTERISTICHE GENERALI

Il fabbricato **GV04** è destinato ad uso logistico e si inserisce nel sistema di ampliamento dello stabilimento **CONAD di Viale Finzi (Modena)**, quale edificio destinato allo **stoccaggio e alla movimentazione delle merci**.

L'edificio è configurato come **capannone prefabbricato monopiano con copertura piana**, integrato da una porzione terminale nella quale è previsto un **impalcato intermedio**.

Le principali caratteristiche dimensionali e funzionali sono le seguenti:

- sviluppo planimetrico articolato su più campate longitudinali;
- altezza alla gronda pari a circa **14,50 m**;
- copertura piana predisposta per l'installazione di **impianto fotovoltaico**;
- presenza di una **navata terminale con solaio intermedio**.

La tipologia costruttiva adottata è coerente con quella degli altri edifici presenti nel comparto ed è basata su **struttura prefabbricata in calcestruzzo armato**.

Il fabbricato è organizzato secondo una **maglia strutturale regolare costituita da telai prefabbricati**, disposti secondo l'asse longitudinale dell'edificio.

Le campate principali presentano luci dell'ordine di **15–16 m**, mentre l'interasse tra i telai è dell'ordine di **10–11 m**.

Tale configurazione è tipica degli edifici prefabbricati industriali con copertura a tegoli e consente di garantire **regolarità strutturale, rapidità costruttiva e ottimizzazione degli elementi prefabbricati**.

Al fine di rendere più chiara la configurazione planimetrica dell'edificio, si riporta di seguito uno schema generale del fabbricato.

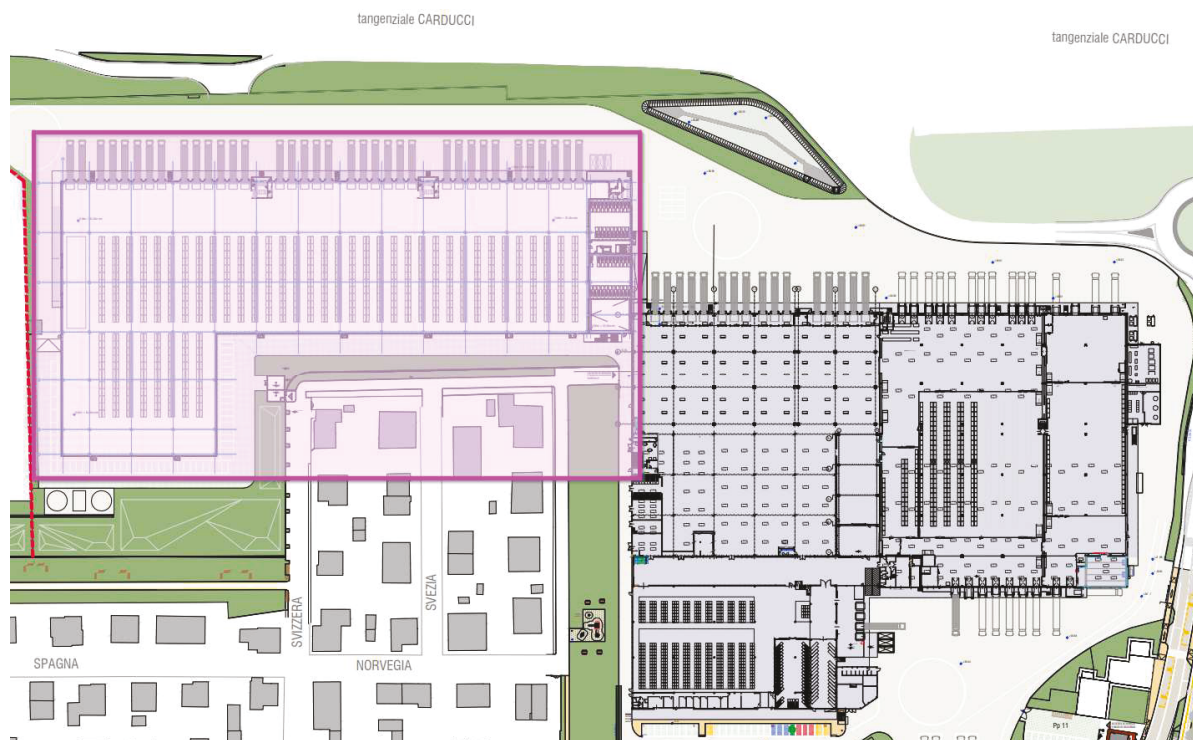


Figura 2 | Planimetria generale del fabbricato GV04

Il sistema fondazionale previsto è costituito da **plinti collegati a pali di fondazione**, come descritto nel capitolo dedicato all'inquadramento geotecnico.

4.2 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO

L'edificio presenta una **maglia strutturale regolare**, definita dal sistema prefabbricato adottato.

Le campate longitudinali si ripetono con interassi costanti, mentre in direzione trasversale la struttura è organizzata mediante una successione di **telai paralleli**.

L'altezza utile interna risulta compatibile con l'utilizzo logistico ad **alta capacità di stoccaggio**, consentendo l'installazione di sistemi di scaffalatura industriale e l'utilizzo di mezzi di movimentazione automatici.

Dal punto di vista altimetrico:

- la **quota del piano finito interno** è definita in continuità con il sistema delle pavimentazioni del comparto esistente;
- la **quota di gronda** è pari a circa **14,50 m**;
- la **copertura** è assimilabile a piana, con pendenze minime per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La configurazione altimetrica dell'edificio risulta coerente sia con le esigenze funzionali dell'attività logistica sia con l'inserimento nel contesto produttivo esistente.

A titolo illustrativo si riporta uno schema di sezione dell'edificio.

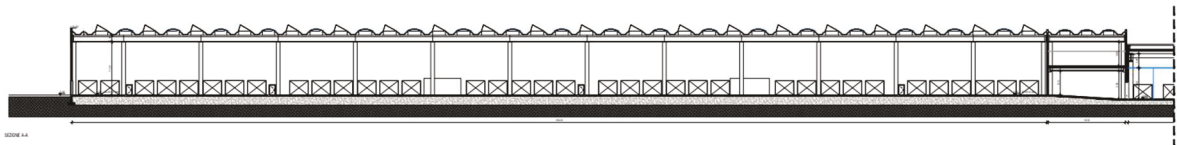


Figura 3 Sezione longitudinale

4.3 SEPARAZIONE STRUTTURALE E GIUNTI

Il fabbricato **GV04** è separato dai corpi di fabbrica adiacenti mediante **giunto sismico**, dimensionato in modo da evitare fenomeni di martellamento tra strutture in caso di evento sismico.

Non sono previste **connessioni strutturali rigide** con gli edifici limitrofi; eventuali accostamenti architettonici o impiantistici saranno realizzati nel rispetto della separazione strutturale tra i fabbricati.

La presenza del giunto consente di garantire:

- indipendenza dinamica dei diversi corpi di fabbrica;
- assenza di trasferimento di azioni orizzontali tra edifici adiacenti;
- coerenza con l'impostazione strutturale adottata per il comparto.

4.4 CONFIGURAZIONE FUNZIONALE INTERNA

L'organizzazione interna dell'edificio prevede:

- ampie superfici destinate allo stoccaggio e alla movimentazione delle merci;
- eventuale compartimentazione interna mediante pannelli prefabbricati;
- presenza, nella navata terminale, di un impalcato intermedio destinato a funzioni di servizio o logistica secondaria.

Il **nucleo scala** e il **vano montacarichi**, previsti in calcestruzzo armato, risultano strutturalmente **indipendenti rispetto al prefabbricato principale** e saranno oggetto di specifica progettazione strutturale nella successiva fase esecutiva.

4.5 MAGLIA STRUTTURALE E ORGANIZZAZIONE PLANIMETRICA

Dal punto di vista strutturale il fabbricato è organizzato secondo una **maglia regolare di telai prefabbricati in calcestruzzo armato**, disposti secondo le due direzioni principali dell'edificio.

La struttura è costituita da **campate longitudinali ripetute**, nelle quali i pilastri prefabbricati sostengono travi principali sulle quali sono appoggiati i **tegoli di copertura**.

La distribuzione planimetrica dei pilastri individua una **maglia strutturale regolare**, con passo costante nella direzione longitudinale del fabbricato e luci trasversali determinate dalla tipologia degli elementi prefabbricati di copertura.

La configurazione della maglia consente di:

- ottimizzare l'utilizzo degli elementi prefabbricati;
- garantire una distribuzione regolare delle azioni verticali e orizzontali verso le fondazioni.

A titolo illustrativo si riporta uno schema della maglia strutturale dell'edificio.

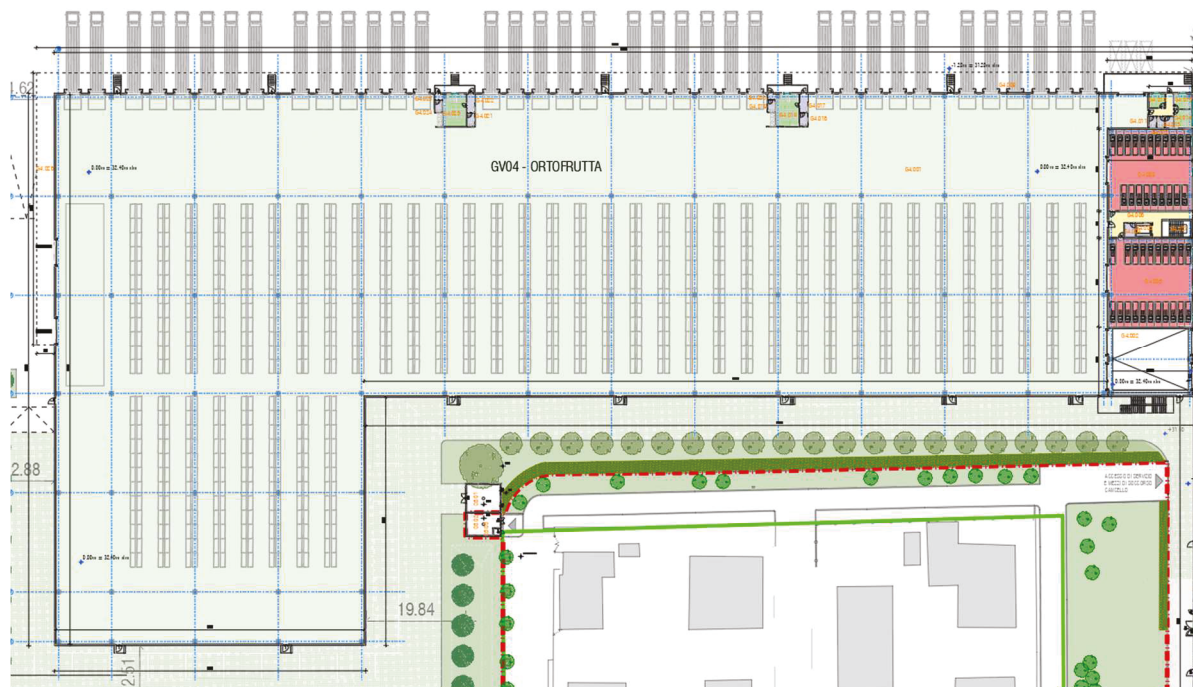


Figura 4 | Maglia pilastri | GV04

Nella parte terminale dell'edificio è inoltre presente una **navata con solaio intermedio**, che comporta una diversa distribuzione delle masse e delle rigidezze rispetto al corpo principale.

Per tale motivo tale porzione dell'edificio è **separata strutturalmente mediante giunto** dal resto del fabbricato.

La disposizione planimetrica della struttura presenta inoltre una **rientranza nel blocco principale**; tale configurazione non determina particolari criticità dal punto di vista sismico in quanto la copertura non è assimilabile ad un **diaframma rigido nel proprio piano** e pertanto non induce significativi effetti torsionali globali.

5 ORGANISMO STRUTTURALE

5.1 SISTEMA STRUTTURALE PREFABBRICATO PRINCIPALE

Il fabbricato GV04 è realizzato mediante sistema prefabbricato in calcestruzzo armato, costituito da:

- pilastri prefabbricati in c.a.;
- travi principali prefabbricate;
- tegoli prefabbricati di copertura;
- eventuali elementi integrativi in opera per completamento dei nodi e dei collegamenti.

La struttura si configura come un insieme di telai piani ripetuti lungo lo sviluppo longitudinale dell'edificio, con comportamento globale riconducibile a sistema a telai con pilastri incastrati alla base e fondati su plinti su pali.

La configurazione strutturale adottata privilegia la regolarità della maglia strutturale e la chiarezza del percorso delle azioni verso le fondazioni, al fine di garantire un comportamento globale prevedibile e robusto nei confronti delle azioni sismiche.

Il dimensionamento degli elementi prefabbricati e dei relativi collegamenti sarà sviluppato in collaborazione con il produttore del sistema prefabbricato nell'ambito del progetto esecutivo.

5.2 REGOLARITÀ PLANIMETRICA

A livello planimetrico l'edificio presenta una **rientranza nel blocco principale**, che costituisce una discontinuità geometrica rispetto alla configurazione rettangolare regolare.

Tale configurazione rappresenta una potenziale **irregolarità in pianta** ai sensi delle NTC 2018.

Tuttavia:

- la copertura prefabbricata non è assimilata a diaframma infinitamente rigido nel proprio piano;
- la ripartizione delle azioni orizzontali tra i telai avviene in funzione della rigidezza effettiva del sistema di copertura e dei collegamenti;
- la distribuzione delle masse rimane sostanzialmente uniforme.

Alla luce di tali considerazioni, la rientranza planimetrica risulta **gestibile dal punto di vista strutturale**, non generando concentrazioni torsionali significative, come verificato nelle analisi preliminari.

5.3 SCHEMA RESISTENTE ALLE AZIONI VERTICALI

Le azioni verticali sono trasferite secondo il seguente schema:

copertura → tegoli → travi principali → pilastri → fondazioni → terreno.

I pilastri risultano sollecitati prevalentemente a presso-flessione, in funzione delle combinazioni di carico.

5.4 SCHEMA RESISTENTE ALLE AZIONI ORIZZONTALI

Le azioni orizzontali (vento e sisma) sono assorbite dal sistema a telai prefabbricati.

Il meccanismo resistente è basato su:

- rigidezza flessionale dei pilastri;
- continuità dei collegamenti trave-pilastro;
- vincolo di incastro alla base mediante sistema armatubo.

In assenza di controventi metallici o pareti strutturali solidali, il comportamento globale è riconducibile a telai con base incastrata.

La copertura contribuisce alla distribuzione delle azioni orizzontali tra i telai, compatibilmente con la rigidezza effettiva del sistema.

La copertura non è stata assimilata ad un diaframma rigido nel proprio piano, in quanto costituita da elementi prefabbricati semplicemente appoggiati e privi di un comportamento collaborante nel piano.

5.5 DISCONTINUITÀ IN ELEVAZIONE E BLOCCO CON SOLAIO INTERMEDIO

Nell'ultima navata è prevista una porzione comprendente un solaio intermedio.

Per evitare possibili irregolarità in elevazione e garantire un comportamento sismico più regolare, la porzione di edificio comprendente il solaio intermedio è stata separata dal corpo principale mediante giunto strutturale.

Infatti la presenza del piano intermedio introdurrebbe una **discontinuità di massa e rigidità in altezza**, configurando una possibile **irregolarità in elevazione** ai sensi delle NTC 2018.

Al fine di evitare tale condizione, il blocco con solaio intermedio è strutturalmente separato dal corpo principale mediante **giunto**, garantendo:

- indipendenza dinamica tra le due porzioni;
- eliminazione della discontinuità in altezza nell'organismo strutturale principale;
- comportamento più regolare ai fini sismici.

Ai fini dello studio preliminare, le due porzioni sono state modellate separatamente.

5.6 OPERE STRUTTURALI ACCESSORIE

5.6.1 Opere indipendenti e giuntate

Sono previste le seguenti opere strutturali, che saranno **strutturalmente indipendenti** dal sistema prefabbricato principale:

- scala interna;
- scala esterna;
- vano montacarichi.

Tali elementi saranno separati mediante giunto strutturale dal corpo principale, evitando collegamenti rigidi che possano alterare il comportamento globale dell'edificio in condizioni statiche o sismiche.

La loro progettazione sarà sviluppata in fase esecutiva con modellazione autonoma e verifiche dedicate.

5.6.2 Tettoie lungo le baie di carico

Lungo le baie di carico sono previste tettoie di protezione analoghe a quelle già realizzate nel comparto.

Tali tettoie saranno **collegate alla struttura prefabbricata principale**, costituendone ampliamento funzionale.

Dal punto di vista strutturale:

- non risultano elementi dimensionanti per la risposta globale dell'edificio;
- non modificano in modo significativo la distribuzione delle masse e delle rigidezze;
- non sono state modellate esplicitamente nello studio preliminare.

Nel dimensionamento preliminare dei pilastri e delle fondazioni si è comunque tenuto conto in modo convenzionale della loro presenza, attraverso l'incremento dei carichi permanenti e delle azioni locali.

La definizione strutturale di dettaglio sarà sviluppata in fase esecutiva.

5.6.3 Eventuale tettoia indipendente

È prevista la possibile realizzazione di una tettoia di ampia larghezza, per la quale, in ragione delle dimensioni e delle caratteristiche geometriche, si prevede configurazione strutturalmente indipendente rispetto al fabbricato principale.

La soluzione definitiva sarà definita in fase esecutiva.

5.6.4 Scaffalature interne

All'interno dell'edificio è prevista installazione di scaffalature metalliche di significativa estensione planimetrica.

Tali elementi:

- costituiscono carico permanente o variabile di esercizio;
- non sono strutturalmente solidali al sistema prefabbricato;
- non contribuiscono alla rigidezza globale del fabbricato.

Il loro peso è considerato nei carichi di progetto; la progettazione delle scaffalature, ove richiesto, sarà sviluppata separatamente secondo normativa di settore.

5.6.5 Pavimentazione industriale e sottofondo

È prevista realizzazione di pavimentazione industriale su sottofondo idoneamente preparato.

La pavimentazione:

- non svolge funzione strutturale ai fini della risposta globale dell'edificio;
- non è modellata come elemento resistente alle azioni orizzontali;
- sarà progettata in fase esecutiva in funzione dei carichi di esercizio e delle caratteristiche del sottofondo.

5.6.6 Rampe interne ed esterne

Sono previste rampe per il superamento dei dislivelli:

- una esterna;
- una interna.

Tali opere, di rilevanza strutturale locale, saranno oggetto di progettazione esecutiva dedicata.

5.6.7 Inquadramento complessivo

Le opere sopra descritte sono considerate **di rilevanza strutturale secondaria rispetto all'organismo prefabbricato principale**.

Esse non modificano l'impostazione globale del sistema resistente, né risultano dimensionanti ai fini delle verifiche preliminari condotte per il fabbricato GV04.

La loro progettazione strutturale di dettaglio sarà sviluppata in fase esecutiva nel rispetto delle azioni e dei parametri definiti nella presente relazione.

6 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Ai sensi del §2.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), la definizione dell'azione sismica di progetto è funzione della vita nominale dell'opera e della classe d'uso assegnata alla costruzione.

Tali parametri costituiscono il riferimento per la determinazione del periodo di riferimento dell'azione sismica e, conseguentemente, dei parametri di pericolosità del sito.

6.1 VITA NOMINALE | V_N

La vita nominale è definita come il numero di anni nel quale l'opera deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata, garantendo i livelli di sicurezza previsti dalla normativa, purché soggetta a manutenzione ordinaria.

Il fabbricato GV04 è destinato ad attività logistica e produttiva ordinaria.

In coerenza con la Tabella 2.4.I delle NTC 2018, si assume:

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

Tale valore risulta coerente con edifici industriali e logistici ordinari, non aventi carattere strategico.

6.2 CLASSE D'USO E COEFFICIENTE D'USO | C_U

La classe d'uso è determinata in funzione delle conseguenze di un eventuale collasso o malfunzionamento dell'opera.

Il fabbricato GV04:

- non è destinato a funzioni strategiche ai fini della protezione civile;
- non rientra tra le opere rilevanti per la gestione dell'emergenza;
- non è destinato ad affollamenti eccezionali o funzioni pubbliche critiche.

Si assume pertanto: **Classe d'Uso II**.

Alla Classe d'Uso II corrisponde il coefficiente d'uso:

$$C_U = 1,00$$

La scelta risulta coerente con quanto già adottato per il comparto nel precedente titolo edilizio.

6.3 PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA | V_R

Il periodo di riferimento dell'azione sismica è definito come:

$$V_R = V_N C_U$$

Sostituendo i valori adottati:

$$V_R = 50 \cdot 1,00 = 50 \text{ anni}$$

Il periodo di riferimento V_R di 50 anni è utilizzato per la determinazione:

- del periodo di ritorno dell'azione sismica in riferimento agli Stati Limite indagati;
- dei parametri di pericolosità sismica del sito (a_g , F_0 , T_c^*);
- degli spettri elastici di progetto.

6.4 LIVELLI PRESTAZIONALI

Le verifiche strutturali saranno sviluppate con riferimento agli stati limite previsti dalle NTC 2018, in particolare:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV);

La definizione dei parametri sismici di sito e degli spettri di risposta è sviluppata nel capitolo successivo.

7 MATERIALI STRUTTURALI

I materiali strutturali previsti per la realizzazione del fabbricato GV04 saranno conformi alle prescrizioni del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) e alle normative vigenti in materia di qualificazione dei prodotti ad uso strutturale.

Le classi definitive dei materiali saranno determinate in fase di progetto esecutivo in funzione delle verifiche strutturali e delle condizioni ambientali, nel rispetto dei requisiti minimi normativi e della vita nominale dell'opera (50 anni).

7.1 OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO GETTATO IN OPERA

Le opere di fondazione (plinti, cordoli di collegamento e pali trivellati) saranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera.

È prevista una classe di resistenza del calcestruzzo non inferiore a:

C28/35

La classe di esposizione sarà definita in fase esecutiva in funzione delle condizioni ambientali effettive, nel rispetto dei requisiti di durabilità previsti dalle NTC 2018.

Le armature saranno realizzate con:

Acciaio B450C

conforme alle prescrizioni normative vigenti.

7.2 ELEMENTI PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO ARMATO E PRECOMPRESSO

Il sistema strutturale prefabbricato sarà costituito da:

- pilastri in calcestruzzo armato;
- travi principali di copertura;
- tegoli alari di copertura;
- tegoli prefabbricati del solaio intermedio;
- pannelli prefabbricati di involucro laterale.

Gli elementi verticali (pilastri) saranno realizzati in calcestruzzo armato ordinario.

Gli elementi orizzontali di maggiore luce (travi principali, tegoli di copertura e tegoli di solaio) potranno essere realizzati in calcestruzzo armato e/o **calcestruzzo armato precompresso**, mediante impiego di armature di precompressione (trefoli aderenti o sistemi equivalenti), in funzione delle scelte progettuali del produttore.

L'eventuale ricorso alla precompressione consente:

- ottimizzazione delle sezioni resistenti;
- controllo delle deformazioni in esercizio;
- limitazione della fessurazione;
- migliore comportamento per grandi luci.

Le classi di resistenza del calcestruzzo prefabbricato e le caratteristiche delle armature (ordinarie e di precompressione) saranno definite in fase di progetto esecutivo sulla base:

- delle sollecitazioni derivanti dalle azioni di progetto;
- delle verifiche agli stati limite ultimi ed esercizio;
- dei requisiti di durabilità;

- della classe di duttilità adottata per l'azione sismica.

La progettazione esecutiva dovrà garantire la conformità alle prescrizioni delle NTC 2018 relative alle strutture prefabbricate in calcestruzzo armato e precompresso, inclusi i requisiti per i collegamenti tra elementi.

Gli elementi prefabbricati di copertura e di solaio potranno essere realizzati in calcestruzzo armato precompresso mediante trefoli aderenti o non aderenti, secondo le soluzioni tecnologiche adottate dal produttore.

7.3 PANNELLI PREFABBRICATI DI INVOLUCRO

I pannelli prefabbricati di involucro laterale saranno dimensionati in funzione:

- delle azioni del vento;
- dei carichi locali;
- delle esigenze di stabilità propria.

Essi non sono considerati elementi primari del sistema resistente globale, salvo diversa definizione in fase esecutiva.

Le modalità di collegamento alla struttura principale saranno progettate in modo da garantire:

- adeguata trasmissione delle azioni;
- compatibilità deformativa;
- sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e del vento.

7.4 STRUTTURE METALLICHE ACCESSORIE

Eventuali opere strutturali accessorie in acciaio (scale esterne, tettoie, elementi secondari) saranno realizzate con acciai strutturali conformi alle norme vigenti.

Le classi di resistenza e i trattamenti protettivi saranno definiti in fase esecutiva in funzione delle condizioni ambientali e delle verifiche strutturali.

7.5 PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE

La pavimentazione industriale interna e il relativo sottofondo saranno oggetto di progettazione esecutiva dedicata.

La pavimentazione non è considerata elemento resistente ai fini della risposta globale dell'edificio alle azioni orizzontali.

8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

8.1 RIFERIMENTI ALLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Il fabbricato GV04 si inserisce all'interno del comparto logistico esistente situato in **Viale Finzi nel Comune di Modena**.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito sono descritte nella **Relazione Geologica e Geotecnica redatta nell'ambito del precedente titolo edilizio relativo alla realizzazione e ampliamento del comparto logistico**, alla quale si fa riferimento per l'inquadramento del sottosuolo e per la definizione del modello geotecnico di riferimento.

Le indagini eseguite nel sito comprendono prove penetrometriche e ricostruzioni stratigrafiche finalizzate alla caratterizzazione dei terreni di fondazione.

In particolare, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- numero 8 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU;
- numero 2 prove penetrometriche statiche con dilatometro Marchetti DMT;
- numero 2 sondaggi a carotaggio continuo.

La scelta, e soprattutto il numero delle prove è stato determinato in funzione dell'estensione e delle dimensioni del sito di progetto.

Di seguito si riporta un'immagine dell'area con la localizzazione delle prove.



Per la presentazione e la rielaborazione dei risultati, si rimanda alla relazione specialistica geologica.

8.2 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DEL SITO

Sulla base delle indagini geotecniche disponibili è stata definita una stratigrafia di riferimento rappresentativa delle condizioni del sottosuolo nel comparto.

Il terreno è costituito da depositi alluvionali tipici della pianura modenese, caratterizzati da alternanze di terreni fini e livelli granulari.

La stratigrafia e i parametri geotecnici riportati di seguito sono stati utilizzati come riferimento per le analisi preliminari del comparto.

Unità AL1 da p.c. a -3.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 100 \div 60 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 22 \div 16 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL2 da -3.0 m a -11.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.3 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 60 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 9 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL3 da -11.0 m a -15.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.3 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 60 \div 75 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 6 \div 10 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL4 da -15.0 m a -17.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 25$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 75 \div 100 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 10 \div 24 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL5 da -17.0 m a -21.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 25$	angolo di resistenza al taglio

$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 60 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 14 \div 7 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL6 da -21.0 m a -24.0 m – Argilla limosa

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 25$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 80 \div 100 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 10 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità GS da -24.0 m a -30.0 m da p.c. – Ghiaie sabbiose

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_{oper.} = 70 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AL7 da -30 m a -40.0 m – Argille limose

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 26$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 100 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$M = 15 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

La falda di progetto si assume a -1.0 m da p.c..

I terreni superficiali risultano prevalentemente costituiti da **limi e argille limose con intercalazioni sabbiose**, con caratteristiche di consistenza e addensamento variabili.

8.3 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

La stratigrafia sopra descritta è stata utilizzata per definire un **modello geotecnico di riferimento** rappresentativo delle condizioni del sito.

Tale modello costituisce la base per l'impostazione preliminare delle fondazioni e per la definizione delle condizioni di risposta sismica locale.

In particolare, sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e dinamiche dei terreni, il sito è stato ricondotto alla **categoria di sottosuolo C** ai fini della definizione dell'azione sismica, come illustrato nel capitolo dedicato ai parametri sismici di sito.

8.4 SISTEMA FONDAZIONALE PREVISTO

In relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni e ai carichi trasmessi dalla struttura prefabbricata, è previsto un sistema fondazionale costituito da **plinti su pali trivellati**.

In questa fase preliminare si è ipotizzato l'impiego di **pali realizzati mediante tecnologia CFA (Continuous Flight Auger)**, soluzione comunemente adottata in contesti geotecnici analoghi.

La scelta definitiva della tecnologia esecutiva dei pali potrà tuttavia essere definita in fase di **progetto esecutivo**, in funzione delle condizioni operative di cantiere e delle valutazioni dell'impresa esecutrice, fermo restando il rispetto delle prestazioni geotecniche richieste dal progetto.

La progettazione geotecnica di dettaglio delle fondazioni, comprensiva della definizione delle lunghezze dei pali e delle verifiche di capacità portante e cedimento, sarà sviluppata nell'ambito del **progetto esecutivo strutturale**.

9 PARAMETRI SISMICI DI SITO

9.1 INQUADRAMENTO SISMICO TERRITORIALE

Il fabbricato GV04 è ubicato nel Comune di Modena, territorio classificato in **zona sismica 3** ai sensi della classificazione regionale vigente.

Le coordinate geografiche del sito sono:

- Longitudine: 10,9354°
- Latitudine: 44,6652°

La determinazione dell'azione sismica di progetto è effettuata secondo quanto previsto dal §3.2 delle NTC 2018, in funzione:

- delle coordinate del sito;
- della vita nominale e della classe d'uso adottate ($V_R = 50$ anni);
- delle condizioni di sottosuolo.

9.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Per le coordinate sopra indicate e per il periodo di riferimento **VR = 50 anni**, i parametri di pericolosità sismica sono determinati secondo le mappe ufficiali e le procedure previste dalle NTC 2018.

In particolare sono individuati:

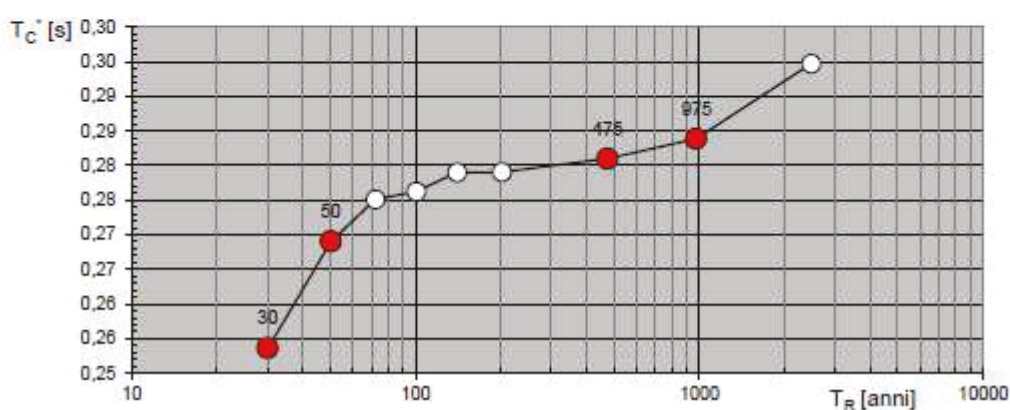
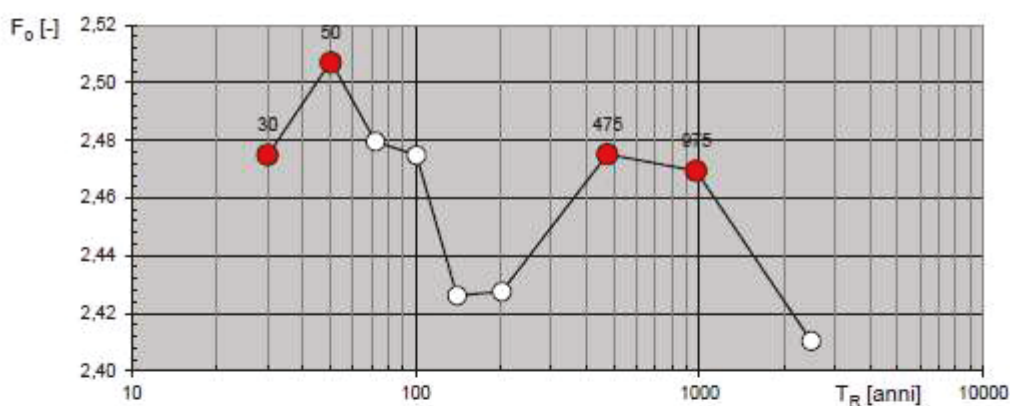
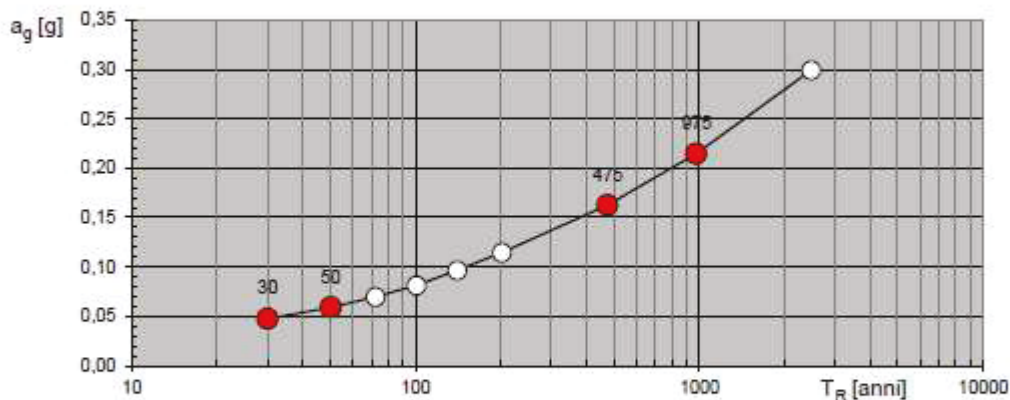
- **a_g** accelerazione orizzontale massima al sito su suolo di riferimento rigido;
- **F_0** fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione;
- **T_c^*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Tali valori costituiscono la base per la definizione dello spettro elastico.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,048	2,475	0,254
SLD	50	0,059	2,507	0,269
SLV	475	0,163	2,475	0,281
SLC	975	0,215	2,469	0,284

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



9.3 CATEGORIA DEL SUOLO E TOPOGRAFICA

Ai fini della determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica locale, sono individuati i parametri:

- C categoria del suolo di fondazione;
- T1 categoria topografica.

Tali parametri, ricavati dalle tabelle normative per il sito e la categoria di sottosuolo adottata, non entrano direttamente nella formulazione dello spettro, ma consentono la determinazione dei coefficienti:

- **S_s** (coefficiente di amplificazione stratigrafica);
- **S_T** (coefficiente di amplificazione topografica).

Nel caso in esame, non essendo presenti condizioni topografiche particolari (pendenze significative o creste), il coefficiente topografico può essere assunto unitario.

I coefficienti di amplificazione così determinati sono utilizzati nella costruzione dello spettro elastico di riferimento.

10 ANALISI DELLE AZIONI

Le azioni considerate nella progettazione del fabbricato GV04 sono determinate in conformità al Capitolo 3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Le azioni comprendono:

- carichi permanenti strutturali;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarichi variabili;
- azione della neve;
- azione del vento;
- azione sismica.

10.1 PESI PROPRI STRUTTURALI (G1)

Il peso proprio degli elementi strutturali modellati è valutato sulla base delle caratteristiche geometriche e dei pesi specifici dei materiali costituenti.

Il software tiene in conto di questa azione a partire dal peso di volume del materiale.

$$\gamma_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

Nel caso del **solaio intermedio**, costituito da tegoli prefabbricati con **caldana collaborante**, il contributo del getto integrativo non modellato direttamente è stato considerato mediante applicazione di un carico permanente distribuito aggiuntivo.

- $g_{1.1} = 3,50 \text{ kN/m}^2$ Solaio intermedio in tegoli prefabbricati + getto di completamento

10.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

I carichi permanenti non strutturali comprendono gli elementi che gravano sulla struttura senza contribuire alla resistenza dell'organismo strutturale.

Poiché il fabbricato GV04 è costituito da due porzioni con configurazione differente — una parte monopiano e una parte comprendente un solaio intermedio — i carichi permanenti non strutturali sono distinti come segue.

10.2.1 Carichi permanenti non strutturali copertura

- $g_{2.1} = 0,80 \text{ kN/m}^2$ Coppelle di copertura | Shed
- $g_{2.2} = 0,15 \text{ kN/m}^2$ Finiture
- $g_{2.3} = 0,20 \text{ kN/m}^2$ Impianto fotovoltaico
- $g_{2.4} = 0,05 \text{ kN/m}^2$ Residuo | Impianti

10.2.2 Carichi permanenti non strutturali solaio intermedio

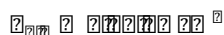
- $g_{2.5} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ Pavimentazione

10.2.3 Carichi permanenti non strutturali con sola valenza di massa sismica

I pannelli prefabbricati di involucro laterale costituiscono elementi di chiusura dell'edificio collegati alla struttura principale.

Nel modello strutturale preliminare il peso di tali elementi è stato considerato principalmente ai fini della **determinazione delle masse sismiche**, mediante assegnazione di masse distribuite ai nodi strutturali corrispondenti.

Tale scelta consente una rappresentazione più realistica della distribuzione delle masse dell'edificio ai fini della risposta dinamica.



10.3 SOVRACCARICHI VARIABILI (Q_k)

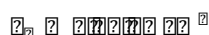
I sovraccarichi variabili antropici sono determinati in funzione della destinazione d'uso degli impalcati, in conformità alle prescrizioni delle NTC 2018 e delle norme europee di riferimento.

Nel caso del fabbricato GV04 si distinguono le seguenti situazioni.

10.3.1 Sovraccarichi antropici copertura

La copertura del fabbricato non è destinata ad utilizzo ordinario ma è accessibile esclusivamente per operazioni di manutenzione e gestione degli impianti.

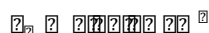
In accordo con la classificazione dell'Eurocodice EN 1991-1-1, tale condizione corrisponde alla **categoria H**, per la quale è previsto un sovraccarico caratteristico pari a:



Tale azione non viene tuttavia considerata contemporaneamente all'azione della neve, in quanto le operazioni di manutenzione non vengono effettuate in presenza di copertura innevata. Pertanto, ai fini del dimensionamento degli elementi di copertura, il carico di manutenzione risulta **sostituito dall'azione della neve**, trattata nel paragrafo successivo.

10.3.2 Sovraccarichi antropici solaio intermedio

Nel blocco terminale dell'edificio è presente un impalcato intermedio realizzato mediante tegoli prefabbricati con soletta collaborante. Per tale impalcato è stato assunto un sovraccarico variabile corrispondente alla **categoria C1**, relativo ad ambienti suscettibili di affollamento ordinario, pari a:



Il valore adottato costituisce riferimento per il dimensionamento preliminare degli elementi strutturali e potrà essere ulteriormente verificato in fase di progetto esecutivo in funzione della configurazione definitiva degli spazi.

10.4 AZIONE SISMICA (E)

L'azione sismica di progetto è definita sulla base dei parametri di pericolosità sismica del sito riportati nel Capitolo 6, determinati in funzione delle coordinate geografiche dell'intervento, della vita nominale dell'opera e della classe d'uso adottata.

Lo spettro elastico di riferimento è costruito secondo le prescrizioni del §3.2 delle NTC 2018, utilizzando i parametri di pericolosità sismica e i coefficienti di amplificazione stratigrafica relativi al sito in esame. Gli **spettri di risposta utilizzati nelle analisi** sono pertanto quelli derivanti dalle espressioni normative delle NTC 2018 per gli stati limite considerati.

Ai fini della valutazione della risposta globale dell'edificio, le analisi strutturali sono impostate mediante **analisi dinamica modale con spettro di risposta**, applicata nelle due direzioni principali della struttura.

Le **masse sismiche** sono determinate considerando:

- il peso proprio degli elementi strutturali;
- i principali carichi permanenti non strutturali;
- la quota parte dei carichi variabili prevista dalla normativa.

Nel modello strutturale preliminare il contributo dei **pannelli prefabbricati di involucro laterale** è stato considerato principalmente ai fini della determinazione delle masse sismiche, mediante assegnazione di masse equivalenti distribuite.

Per la definizione dello spettro di progetto è stato adottato un **fattore di comportamento**

$$q = 2,0$$

coerente con una **classe di duttilità bassa**, in accordo con la tipologia strutturale prevista, costituita da telai prefabbricati in calcestruzzo armato con pilastri incastrati alla base.

Tale scelta consente una valutazione cautelativa del comportamento sismico della struttura. In fase di progetto esecutivo, sulla base delle azioni definitive e dei dettagli costruttivi dei collegamenti tra elementi prefabbricati, potrà essere valutata l'adozione di comportamento **non dissipativo**, qualora ritenuto più coerente con la configurazione strutturale effettiva.

La porzione di edificio comprendente il **solaio intermedio** è separata dal corpo principale mediante **giunto strutturale**, al fine di evitare irregolarità in elevazione e garantire un comportamento più regolare del sistema resistente. Analogamente, gli elementi strutturali accessori quali **scala e vano montacarichi** sono previsti indipendenti e giuntati rispetto alla struttura prefabbricata principale.

Le combinazioni delle azioni comprendenti l'azione sismica sono definite secondo le prescrizioni del Capitolo 2 delle NTC 2018. In particolare, l'azione sismica è combinata con i carichi permanenti e con le quote dei carichi variabili previste dai coefficienti di combinazione stabiliti dalla normativa.

10.4.1 Stato Limite di salvaguardia della Vita | Elastico

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C [info](#)
 $S_S =$ 1,459
 $C_C =$ 1,596 [info](#)

Categoria topografica T1 [info](#)
 $h/H =$ 0,000
 $S_T =$ 1,000 [info](#)

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)
 $\xi =$ 5 % $\eta =$ 1,000 [info](#)

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)
 $q_0 =$ 1
 Regol. in altezza si [info](#)

Compon. verticale

Spettro di progetto
 $q =$ 1
 $\eta =$ 1,000 [info](#)

Elaborazioni

[Grafici spettri di risposta](#)
[Parametri e punti spettri di risposta](#)

$S_{d,o} [g]$

$S_{d,v} [g]$

$S_e [g]$

$\xi = 5\%$

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: **SLV**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,163 g
F_o	2,475
T_C	0,281 s
S_S	1,459
C_C	1,596
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,459
η	1,000
T_B	0,150 s
T_C	0,449 s
T_D	2,250 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

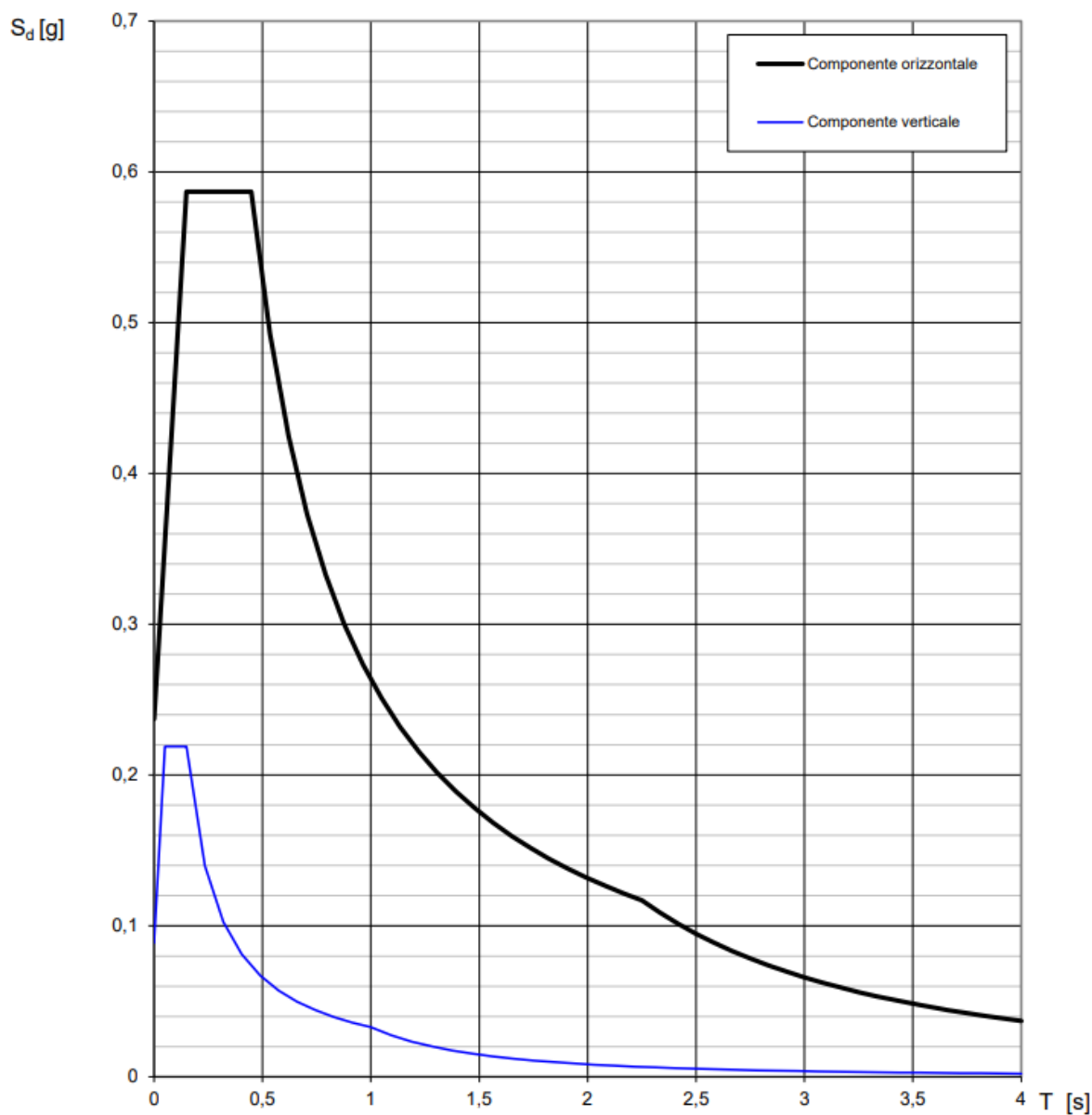
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,237
$T_B \leftarrow$	0,150	0,587
$T_C \leftarrow$	0,449	0,587
	0,534	0,493
	0,620	0,425
	0,706	0,373
	0,792	0,333
	0,878	0,300
	0,963	0,273
	1,049	0,251
	1,135	0,232
	1,221	0,216
	1,307	0,202
	1,392	0,189
	1,478	0,178
	1,564	0,168
	1,650	0,160
	1,736	0,152
	1,821	0,145
	1,907	0,138
	1,993	0,132
	2,079	0,127
	2,165	0,122
$T_D \leftarrow$	2,250	0,117
	2,334	0,109
	2,417	0,101
	2,500	0,095
	2,584	0,089
	2,667	0,083
	2,750	0,078
	2,834	0,074
	2,917	0,070
	3,000	0,066
	3,084	0,062
	3,167	0,059
	3,250	0,056
	3,333	0,053
	3,417	0,051
	3,500	0,048
	3,583	0,046
	3,667	0,044
	3,750	0,042
	3,833	0,040
	3,917	0,039
	4,000	0,037

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

10.4.2 Stato Limite di salvaguardia della Vita | Inelastico | $q=2,00$

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
 LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE
 PROVINCIA
 COMUNE

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
 FASE 1
 FASE 2
 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
SLD - $P_{VR} = 63\%$	50

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - ■ - - - Strategia scelta

INTRO
 FASE 1
 FASE 2
 FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C [info](#)

Categoria topografica T1 [info](#)

$S_s =$ 1,459 [info](#)

$C_c =$ 1,596 [info](#)

$h/H =$ 0,000 [info](#)

$S_T =$ 1,000 [info](#)

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento ξ (%) 5 [info](#)

Fattore q_0 2 [info](#)

$\eta =$ 1,000 [info](#)

Regol. in altezza si [info](#)

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1 [info](#)

$\eta =$ 1,000 [info](#)

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta [→](#)

Parametri e punti spettri di risposta [→](#)

$S_{d,o}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: **SLV**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,163 g
F_o	2,475
T_c	0,281 s
S_s	1,459
C_c	1,596
S_T	1,000
q	2,000

Parametri dipendenti

S	1,459
η	0,500
T_B	0,150 s
T_C	0,449 s
T_D	2,250 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

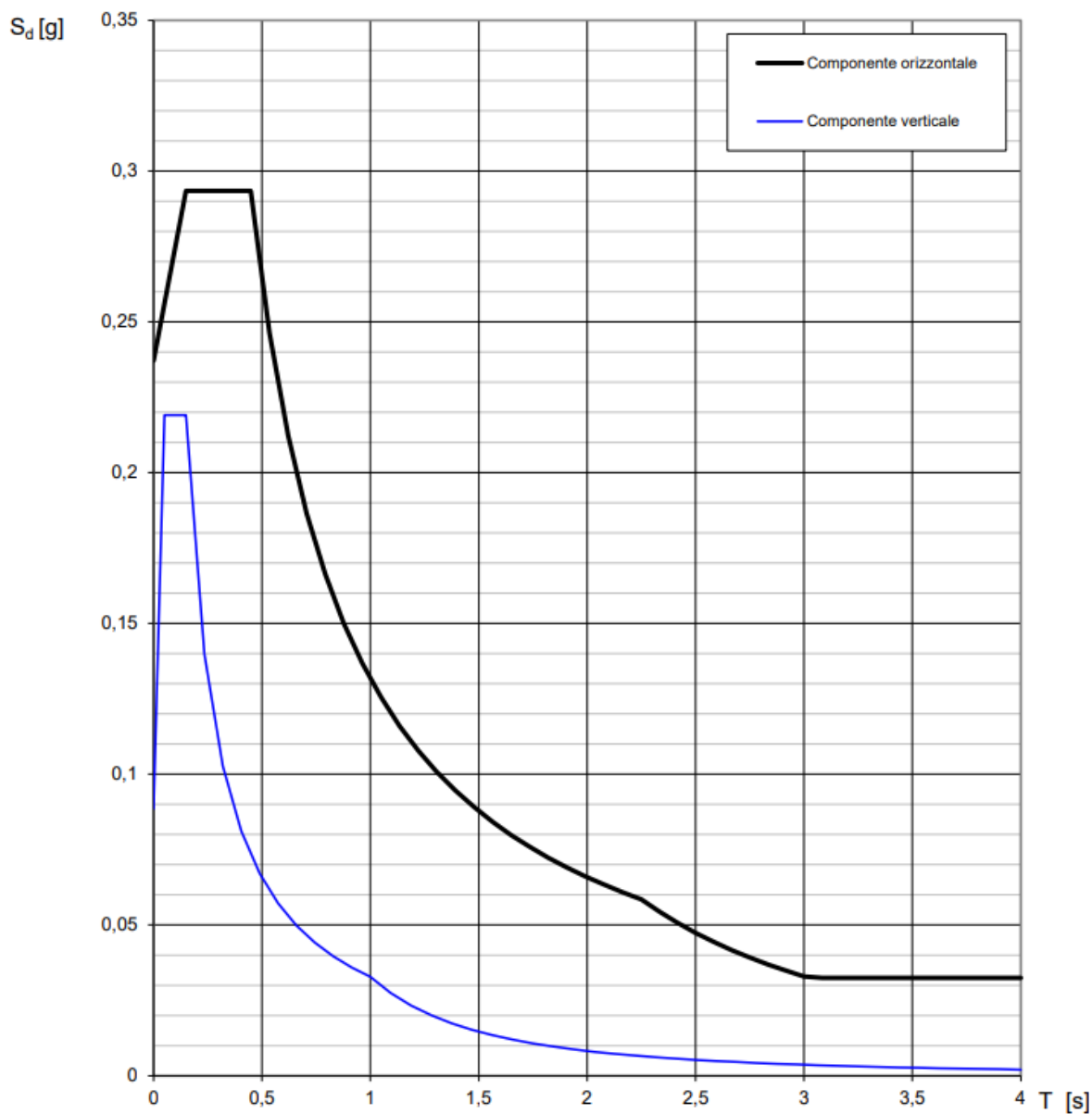
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,237
$T_B \leftarrow$	0,150	0,294
$T_C \leftarrow$	0,449	0,294
	0,534	0,246
	0,620	0,212
	0,706	0,186
	0,792	0,166
	0,878	0,150
	0,963	0,137
	1,049	0,125
	1,135	0,116
	1,221	0,108
	1,307	0,101
	1,392	0,095
	1,478	0,089
	1,564	0,084
	1,650	0,080
	1,736	0,076
	1,821	0,072
	1,907	0,069
	1,993	0,066
	2,079	0,063
	2,165	0,061
$T_D \leftarrow$	2,250	0,059
	2,334	0,054
	2,417	0,051
	2,500	0,047
	2,584	0,044
	2,667	0,042
	2,750	0,039
	2,834	0,037
	2,917	0,035
	3,000	0,033
	3,084	0,033
	3,167	0,033
	3,250	0,033
	3,333	0,033
	3,417	0,033
	3,500	0,033
	3,583	0,033
	3,667	0,033
	3,750	0,033
	3,833	0,033
	3,917	0,033
	4,000	0,033

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

10.5 AZIONE DELLA NEVE (Qs)

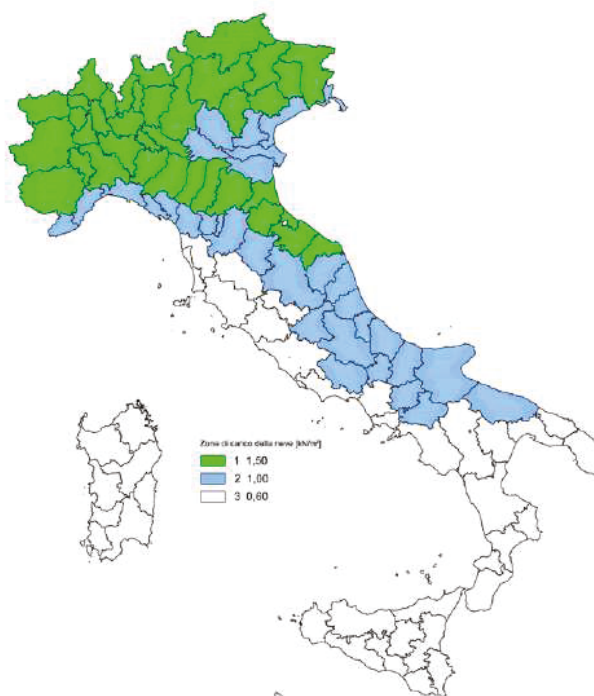
Si riporta il calcolo del carico neve in ottemperanza alle NTC-18. La formula con cui si calcola l'entità dell'azione è la seguente:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_T$$

Dove:

- q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;
- C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;
- C_T è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

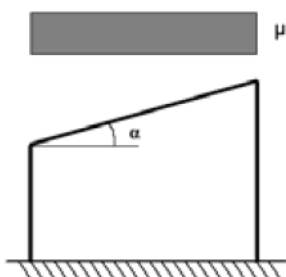
10.5.1 CARICO NEVE AL SUOLO



- Zona I-Mediterranea zona di carico della neve (Modena);
- $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ valore caratteristico dell'azione (as $\leq 200 \text{ m s.l.m.}$)

10.5.2 COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE (unica falda)

Per coperture ad unica falda, la condizione di carico da considerare è la seguente:



Il coefficiente di forma si definisce utilizzando la tabella 3.4.II.

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

- $\mu_i = 0,80$ inclinazione delle coperture $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$;

10.5.3 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione si definisce a partire dalla tabella 3.4.I.

- $C_{E1} = 1,00$ coefficiente di esposizione aree meno sensibili all'accumulo;

10.5.4 COEFFICIENTE TERMICO

Trovandosi in assenza di studi specifici, si utilizza un valore unitario del coefficiente in oggetto.

- $C_T = 1,00$ coefficiente termico.

10.5.5 CARICO NEVE SULLE COPERTURE

Sostituendo i valori, si ottiene:

$$q_s = 1,50 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

10.5.6 ACCUMULI LOCALI E VERIFICHE DI DETTAGLIO

Si evidenzia che, in fase di progetto esecutivo, dovranno essere valutate eventuali condizioni di **accumulo locale di neve**, in particolare:

- in presenza di tegoli alari o elementi emergenti rispetto al piano di copertura, qualora confermati nella configurazione definitiva;
- in corrispondenza di discontinuità altimetriche o pannelli prefabbricati che emergano rispetto al piano di falda;
- nelle zone di possibile ristagno dovute a variazioni geometriche locali.

La valutazione di tali accumuli dovrà essere condotta secondo le indicazioni del §3.4.3 delle NTC 2018, applicando i coefficienti di forma specifici per accumulo da ostacolo o da variazione di quota.

Il progetto esecutivo del sistema prefabbricato dovrà pertanto verificare gli elementi di copertura e i collegamenti anche in presenza di tali condizioni locali, oltre che rispetto al carico uniforme sopra determinato.

10.6 AZIONE DEL VENTO (Q_w)

La valutazione dell'azione del vento sul fabbricato GV04 è stata impostata in conformità alle **Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018)** e alla **Circolare 21.01.2019 n. 7**, con riferimento al §3.3 relativo alle azioni del vento sulle costruzioni.

Il fabbricato è un edificio prefabbricato monopiano di altezza alla gronda pari a circa 14,50 m, con sviluppo planimetrico esteso e copertura assimilabile a piana. Ai fini del presente livello progettuale si è proceduto alla determinazione analitica del **profilo della pressione cinetica di picco $q_p(z)$** in funzione della quota.

Sono stati quindi definiti:

- la velocità base di riferimento del vento per il sito di Modena;
- la pressione cinetica di riferimento;
- il coefficiente di esposizione $c_e(z)$, funzione della categoria di esposizione del terreno e dell'altezza dal suolo;
- il profilo verticale della pressione di picco secondo la relazione normativa:

$$q_p(z) = \left(\frac{1}{2} \rho v_r^2 \right) c_e(z)$$

dove ρ è la densità dell'aria assunta pari a 1,25 kg/m³.

La categoria di esposizione del sito è stata individuata in coerenza con il contesto produttivo-industriale dell'area, assumendo condizioni topografiche ordinarie (coefficiente topografico unitario).

Il risultato della procedura è la definizione del **diagramma di $q_p(z)$** lungo l'altezza dell'edificio, che costituisce il riferimento per la successiva determinazione delle pressioni aerodinamiche sulle superfici verticali e di copertura.

In questa fase preliminare, considerata la tipologia strutturale (telaio prefabbricato con pilastri incastrati alla base) e l'altezza dell'edificio, si è ritenuto che **l'azione sismica risulti verosimilmente più dimensionante ai fini del comportamento globale della struttura**. Le analisi preliminari sono pertanto state orientate principalmente alla valutazione della risposta sismica.

L'azione del vento non viene tuttavia trascurata: il profilo di pressione $q_p(z)$ qui definito costituisce parametro di progetto vincolante.

In fase di progetto esecutivo del sistema prefabbricato:

- l'azione del vento dovrà essere applicata alle superfici dell'edificio secondo le NTC 2018;
- dovranno essere utilizzati i coefficienti aerodinamici pertinenti alla tipologia di copertura e alle pareti verticali;
- le combinazioni di carico dovranno essere sviluppate secondo quanto prescritto al §2.5 delle NTC 2018.

Il soggetto incaricato dello sviluppo del progetto esecutivo del prefabbricato dovrà pertanto assumere come base il profilo $q_p(z)$ determinato nella presente relazione.

10.6.1 Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r si ottiene dal prodotto della velocità base di riferimento v_b per il coefficiente di ritorno c_r , attraverso la seguente formula:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove

$$c_r = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Nel caso specifico, considerando un periodo di ritorno T_R pari a 50 anni, si fa assumere al coefficiente di ritorno c_r un valore unitario. Conseguentemente si ha la corrispondenza diretta tra v_r e v_b .

A sua volta la velocità base di riferimento v_b si ottiene dal prodotto tra la velocità base di riferimento a livello del mare $v_{b,0}$ ed il coefficiente di altitudine c_a :

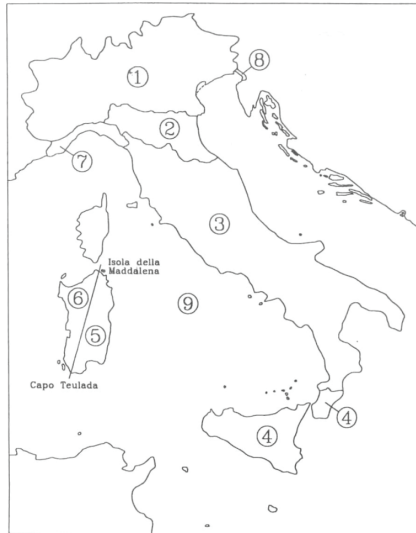
$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove

$$c_a = \begin{cases} 1, & \text{per } a_s < a_0 \\ 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} + 1 \right), & \text{per } a_s \geq a_0 \end{cases}$$

I dati di input sono i seguenti:

- Regione del sito di progetto: **Emilia Romagna**
- Altitudine sito di progetto as: **30 m s.l.m.**



Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

$$v_r = v_{b,0} \cdot c_a \cdot c_r = 25,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25,0 \frac{m}{s}$$

10.6.2 Pressione cinetica di riferimento

Di conseguenza, la pressione cinetica di riferimento è pari a:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (25,0)^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

10.6.3 Coefficiente di esposizione

Si fissano i seguenti dati di input:

- Classe di rugosità del terreno: c

- Altitudine sito di progetto a_s : 30 m s.l.m.
- Distanza dal mare > 30 km

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Il coefficiente di esposizione – in funzione della quota rispetto al suolo - si definisce tramite la seguente relazione:

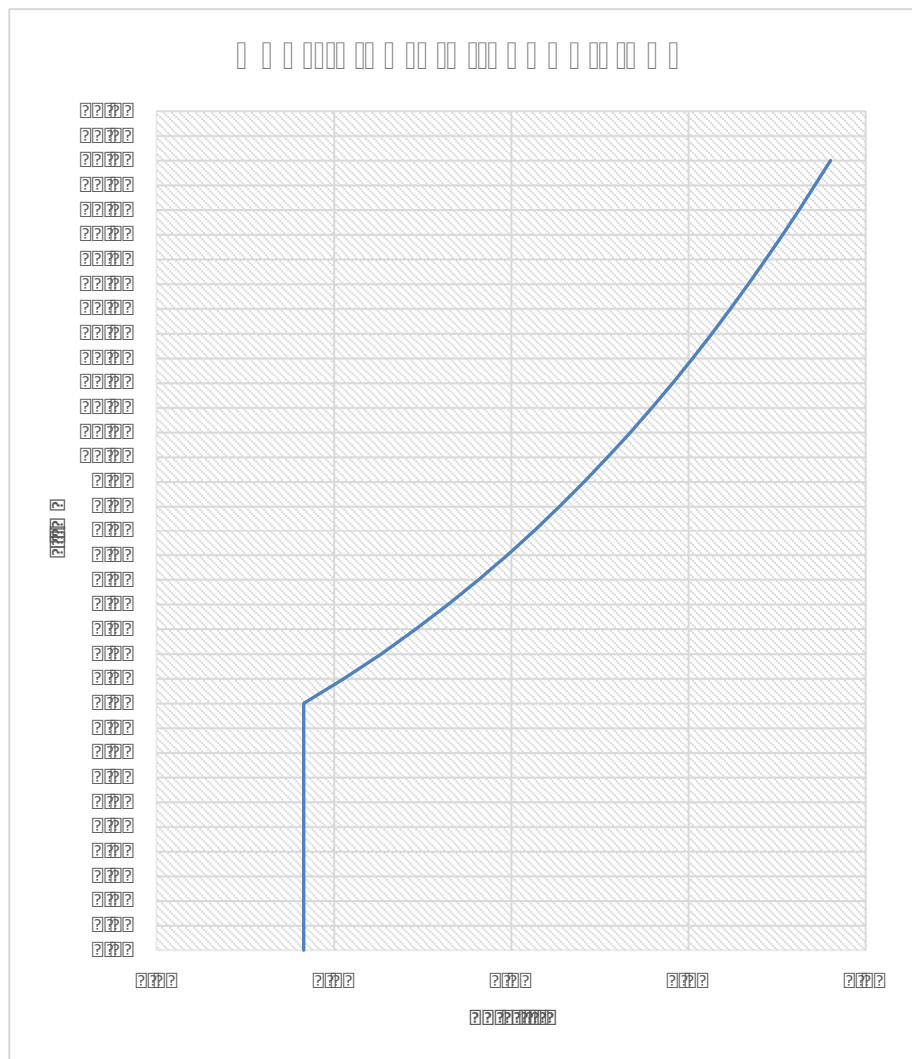
$$c_e(z) = \begin{cases} k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)], & \text{per } z \geq z_{min} \\ c_e(z_{min}), & \text{per } z < z_{min} \end{cases}$$

Dove il coefficiente c_t può assumere valore unitario.

Riassumendo:

$$k_r = 0,20 \quad z_0 = 0,10 \text{ m} \quad z_{min} = 5,00 \text{ m} \quad c_t = 1,00$$

Z (m)	c _e (-)
0,00	1,71
0,50	1,71
1,00	1,71
1,50	1,71
2,00	1,71
2,50	1,71
3,00	1,71
3,50	1,71
4,00	1,71
4,50	1,71
5,00	1,71
5,50	1,76
6,00	1,82
6,50	1,87
7,00	1,91
7,50	1,95
8,00	2,00
8,50	2,03
9,00	2,07
9,50	2,10
10,00	2,14
10,50	2,17
11,00	2,20
11,50	2,23
12,00	2,26
12,50	2,28
13,00	2,31
13,50	2,34
14,00	2,36
14,50	2,38
15,00	2,41
15,50	2,43
16,00	2,45

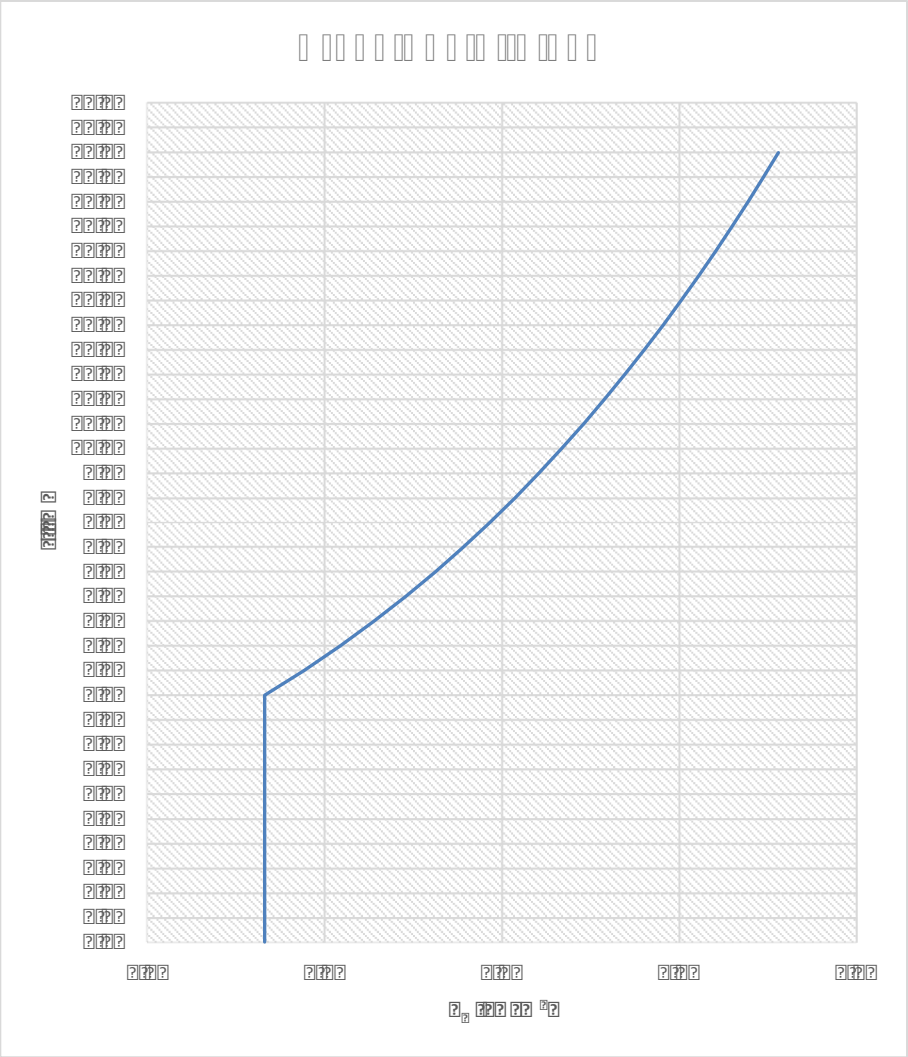


10.6.4 Pressione di picco

La pressione cinetica di picco $q_p(z)$ si definisce come:

$$q_p(z) = q_s(z) \cdot C_{pe}$$

Z (m)	qp (kN/m²)
0,00	0,67
0,50	0,67
1,00	0,67
1,50	0,67
2,00	0,67
2,50	0,67
3,00	0,67
3,50	0,67
4,00	0,67
4,50	0,67
5,00	0,67
5,50	0,69
6,00	0,71
6,50	0,73
7,00	0,75
7,50	0,76
8,00	0,78
8,50	0,79
9,00	0,81
9,50	0,82
10,00	0,83
10,50	0,85
11,00	0,86
11,50	0,87
12,00	0,88
12,50	0,89
13,00	0,90
13,50	0,91
14,00	0,92
14,50	0,93
15,00	0,94
15,50	0,95
16,00	0,96



11 MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE

11.1 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE

Ai fini della valutazione preliminare del comportamento strutturale del fabbricato GV04 sono stati sviluppati modelli tridimensionali agli elementi finiti, mediante modellazione dell'organismo strutturale principale.

Gli elementi strutturali prefabbricati principali sono stati modellati mediante **elementi di tipo frame**, in grado di rappresentare il comportamento a flessione, taglio e sforzo normale dei singoli componenti.

In particolare sono stati modellati:

- pilastri prefabbricati in calcestruzzo armato;
- travi principali di copertura;
- tegoli prefabbricati di copertura;
- tegoli prefabbricati del solaio intermedio.

I pilastri sono stati assunti **incastrati alla base**, in coerenza con il sistema fondazionale previsto costituito da **plinti su pali realizzati mediante sistema armatubo**.

Le sezioni degli elementi strutturali modellati sono state assunte sulla base delle indicazioni preliminari del produttore del sistema prefabbricato.

11.2 MODELLAZIONE DEGLI IMPALCATI

Le coperture dell'edificio sono state modellate mediante **aree di carico** applicate agli elementi strutturali sottostanti.

Dal punto di vista della rigidità nel piano, la copertura è stata considerata **piano flessibile**, in quanto costituita da elementi prefabbricati semplicemente appoggiati e privi di un comportamento di diaframma rigido.

Diversamente, nel blocco terminale dell'edificio è presente un **solaio intermedio** realizzato mediante tegoli prefabbricati con **soletta collaborante in calcestruzzo**.

In ragione della presenza della soletta collaborante, tale impalcato è stato modellato come **piano rigido nel proprio piano**, al fine di rappresentare correttamente la distribuzione delle azioni orizzontali tra i diversi elementi resistenti.

11.3 ELEMENTI NON MODELLATI

Nel modello strutturale preliminare non sono stati esplicitamente modellati alcuni elementi secondari o di completamento dell'edificio, tra cui:

- pannelli prefabbricati di involucro laterale;
- elementi di copertura secondari quali coppelle e shed;
- tettoie a servizio delle baie di carico;
- elementi accessori quali scale e vano montacarichi.

Il contributo di tali elementi è stato tuttavia considerato, ove pertinente, nella definizione dei **carichi permanenti e delle masse sismiche**.

In particolare, il peso dei pannelli prefabbricati di involucro laterale è stato introdotto nel modello principalmente ai fini della determinazione delle **masse sismiche**, mediante assegnazione di masse equivalenti distribuite.

La progettazione dettagliata di tali opere accessorie sarà sviluppata in fase di **progetto esecutivo**.

11.4 SUDDIVISIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

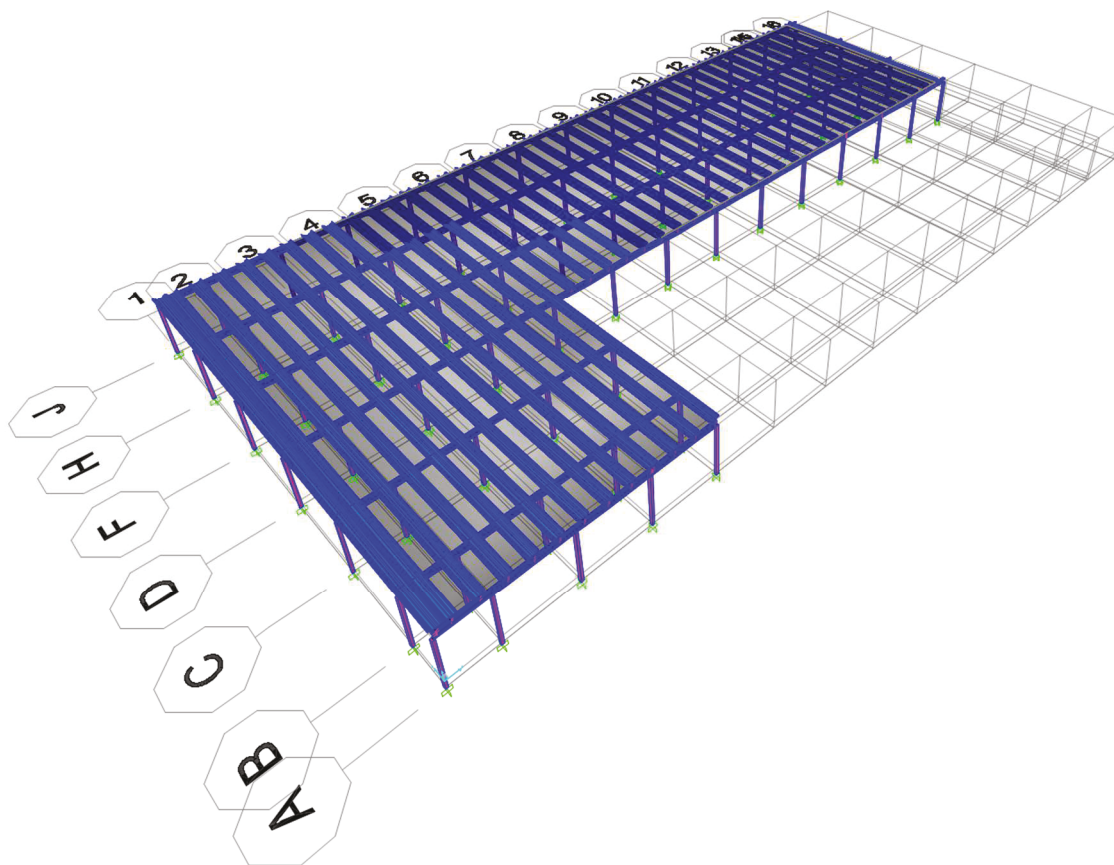
Il fabbricato GV04 presenta due porzioni strutturalmente distinte:

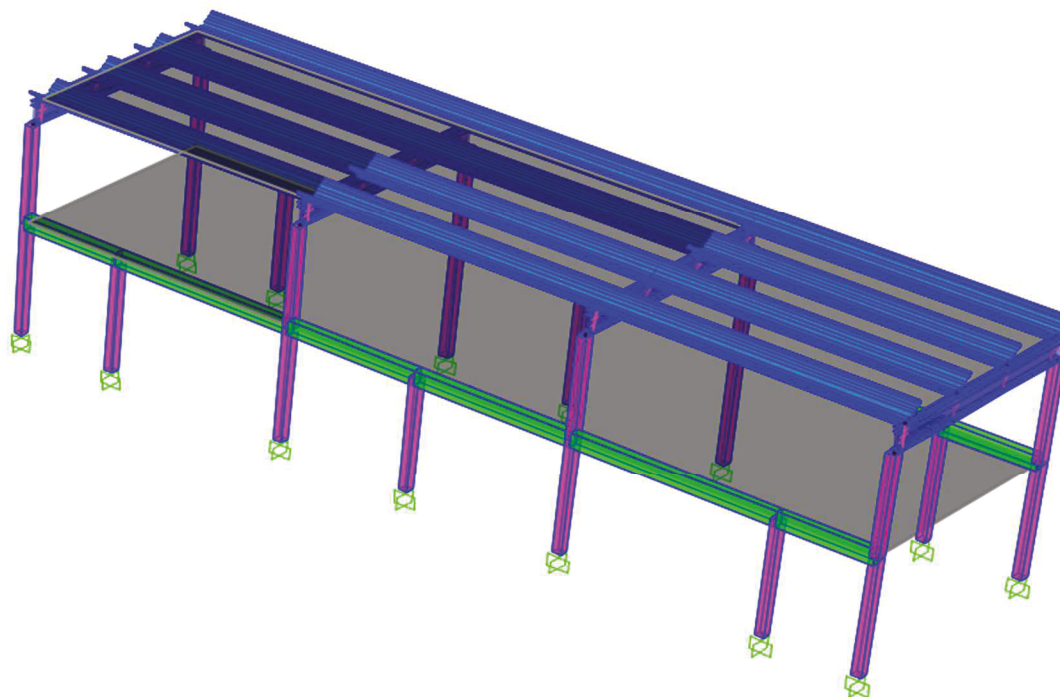
- un **blocco principale monopiano**, caratterizzato dalla sola copertura;
- un **blocco terminale comprendente un solaio intermedio**, con diversa distribuzione delle masse e delle rigidezze.

Per tale motivo sono stati sviluppati **due modelli di calcolo distinti**, al fine di rappresentare in modo più realistico il comportamento delle due porzioni dell'edificio.

La separazione tra le due parti è realizzata mediante **giunto strutturale**, che consente di evitare irregolarità in elevazione e di garantire un comportamento sismico più regolare del corpo principale.

Nelle figure seguenti sono riportate le rappresentazioni dei modelli strutturali utilizzati per le analisi.





11.5 CASI DI CARICO

Nel modello strutturale sono stati considerati i principali casi di carico previsti dalla normativa vigente, tra cui:

- **G1** – carichi permanenti strutturali (peso proprio degli elementi strutturali);
- **G2** – carichi permanenti non strutturali;
- **Q** – sovraccarichi variabili;
- **S** – azione della neve;
- **E** – azione sismica nelle due direzioni principali.

Le combinazioni di carico sono state definite secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

11.6 ANALISI STRUTTURALI ESEGUITE

Sui modelli strutturali descritti sono state eseguite le seguenti tipologie di analisi:

- **analisi statica lineare**, per la valutazione degli effetti delle azioni verticali;
- **analisi modale**, finalizzata alla determinazione delle forme modali e dei periodi propri della struttura;
- **analisi sismica mediante spettro di risposta**, applicata nelle due direzioni principali dell'edificio.

Le analisi sono state condotte utilizzando gli spettri di risposta definiti secondo le prescrizioni delle NTC 2018.

I modelli sviluppati consentono una valutazione affidabile del comportamento globale della struttura e costituiscono la base per il successivo sviluppo del progetto esecutivo.

12 CONCLUSIONI E SVILUPPI DEL PROGETTO STRUTTURALE

La presente relazione tecnica illustra i criteri generali adottati per l'impostazione del progetto strutturale del nuovo fabbricato logistico denominato **GV04**, da realizzarsi all'interno del comparto logistico esistente sito in Viale Finzi nel Comune di Modena.

Nel documento sono stati definiti:

- l'organismo strutturale del fabbricato;
- i materiali strutturali previsti;
- le condizioni geologiche e geotecniche del sito;
- i parametri sismici di riferimento;
- le azioni di progetto considerate;
- i criteri di modellazione e analisi della struttura.

Il sistema strutturale previsto è costituito da una **struttura prefabbricata in calcestruzzo armato**, organizzata secondo telai con pilastri incastrati alla base e travi prefabbricate di copertura sulle quali sono appoggiati tegoli prefabbricati.

Il fabbricato è stato suddiviso in due corpi strutturalmente indipendenti mediante **giunto strutturale**, al fine di garantire un comportamento più regolare nei confronti dell'azione sismica e di evitare irregolarità in elevazione dovute alla presenza del solaio intermedio nella navata terminale.

Le analisi strutturali preliminari sono state eseguite mediante modelli tridimensionali agli elementi finiti, considerando le azioni previste dalla normativa vigente e adottando spettri di risposta definiti secondo le **NTC 2018**.

La presente relazione ha carattere **preliminare** ed è finalizzata alla definizione dell'impostazione strutturale dell'opera nell'ambito del procedimento di Permesso di Costruire.

Il **progetto esecutivo strutturale** definirà in modo dettagliato:

- il dimensionamento degli elementi prefabbricati e dei relativi collegamenti;
- la progettazione geotecnica delle fondazioni su pali;
- la verifica delle strutture accessorie (scale, vano montacarichi, tettoie);
- la definizione delle opere di completamento quali pavimentazioni industriali, rampe e sistemi di scaffalatura.

In tale fase saranno inoltre sviluppate le verifiche strutturali complete agli stati limite previsti dalla normativa vigente.

Il progetto strutturale è stato sviluppato con riferimento al livello di definizione richiesto per il Permesso di Costruire, definendo lo schema strutturale generale dell'edificio, le azioni di progetto e i criteri di modellazione utilizzati per le verifiche preliminari.

Il sistema strutturale adottato, costituito da telai prefabbricati in calcestruzzo armato con copertura a tegoli, risulta coerente con la tipologia edilizia prevista e con le esigenze funzionali dell'edificio.

Le verifiche condotte evidenziano la fattibilità strutturale dell'intervento.

La definizione dettagliata degli elementi prefabbricati, delle connessioni strutturali, delle fondazioni e delle opere accessorie sarà sviluppata nella successiva fase di progettazione esecutiva.