



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO
DELL'INTERNO



COMUNE
DI PADOVA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

Investimenti in progetti di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale

**MISSIONE N°5 COMPONENTE N°2 INVESTIMENTO -SUBINVESTIMENTO N°2.1
CUP: H97H21000800001**

**RIQUALIFICAZIONE ED AMPLIAMENTO PARCO IRIS:
PRIMO STRALCIO**

PROGETTO ESECUTIVO

CODICE OPERA		DATA
LLPP VER 108/2021		GENNAIO 2023
DESCRIZIONE ELABORATO		NUMERO
Relazione Strutturale edificio		1.11
PROGETTISTA	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	CAPO SETTORE
Ing. Riccardo Schvarcz	Dott. Agr. Degl'Innocenti Ciro	Dott. Agr. Degl'Innocenti Ciro
		

Sommario

Normativa e documenti di riferimento	1
1 Premessa.....	2
2 Descrizione delle opere di progetto.....	3
3 Caratterizzazione del sito.....	5
3.1 Caratterizzazione geotecnica e sismica	5
4 Valutazione della sicurezza e criteri di calcolo.....	7
4.1 Valutazione della sicurezza	7
4.2 Criteri di calcolo delle azioni	7
4.2.1 Azioni variabili	7
4.2.2 Vento	9
4.2.3 Neve	11
4.2.4 Temperatura	13
4.3 Definizione dell'azione sismica.....	15
4.3.1 Classe d'uso e periodo di riferimento	15
4.3.2 Fattore di comportamento	16
4.4 Combinazioni di calcolo.....	19
5 Caratteristiche dei materiali e analisi dei carichi.....	22
5.1 Caratteristiche dei materiali	22
5.1.1 “Padiglione”	22
5.1.2 “Magazzino”	22
5.1.3 “Bar & cucine”	22
5.2 Analisi dei carichi	23
5.2.1 Pesi proprio strutturali	23
5.2.2 Pesi permanenti portati	23
5.2.3 Carichi variabili	25
6 Modello di calcolo.....	26
6.1 Definizione del modello di calcolo	26
6.2 Descrizione del metodo di calcolo della portanza	28
7 Risultati delle verifiche.....	31
7.1 “Padiglione”	31

7.2	“Magazzino”	32
7.3	“Bar & cucine”	33
8	Considerazioni finali.....	34

Normativa e documenti di riferimento

Di seguito viene riportato l'elenco della normativa e degli standard di riferimento in relazione ai contenuti della presente relazione:

-
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 (abbr. D.M. 17/01/2018). Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019. Istruzioni per l'applicazione dell' «Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Norma UNI EN 1992. Eurocodice 2: “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- Norma UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) novembre 2005. “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- Norma UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) marzo 2005. “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;

1 Premessa

Il seguente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, come definito dal paragrafo § 10.1 del D.M 17 gennaio 2018 (di seguito denominato NTC 2018), comprensiva della descrizione generale delle opere, delle caratteristiche meccaniche dei materiali e dei criteri generali di analisi e verifica adottati.

Il progetto si inserisce in un contesto di ampliamento del Parco Iris previsto dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. In particolare, l'area oggetto di questa relazione ha visto la progettazione di un'area ad uso ricettivo-ricreativo composta da tre strutture realizzate in muratura, calcestruzzo e acciaio.

Di seguito vengono riportate le analisi dei manufatti realizzati con struttura in c.a., acciaio e muratura e identificati come "Padiglione", "Magazzino" e "Bar e cucine".

2 Descrizione delle opere di progetto

I manufatti che verranno valutati nella presente relazione fanno parte di un'unica progettazione, pensata per la realizzazione di una attività commerciale di ristoro compresa di spazio per la vendita e la somministrazione di cibo e bevande, all'interno di una più ampia progettazione che coinvolge il parco con lo scopo di creare delle aree attrezzate per le diverse attività motorie praticabili (calcio, basket, calisthenics, ecc.). In particolare, i manufatti che vengono presi in considerazione, risultano tutti all'interno dell'area riservata al food & beverage e sono così suddivisi e denominati:

- “Padiglione”: struttura in acciaio riservata alla somministrazione di cibi e bevande;
- “Magazzino”: area riservata allo stoccaggio di parte del materiale in entrata e in uscita, ma anche di mezzi per la manutenzione, realizzato con una struttura mista in muratura e c.a. prefabbricato;
- “Bar e cucine”: struttura mista in muratura, c.a. e c.a. prefabbricato, utilizzata per la preparazione e la vendita di cibi e bevande, nonché ai servizi per i clienti e i dipendenti.

Di seguito viene riportata una sintesi del sito in cui verranno identificate le opere brevemente descritte sopra:

Tabella 2.1 - Inquadramento geografico delle opere.

Opera	Sito di edificazione	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
“Padiglione”	“Parco Iris”, comune di Padova	45.404597	11.882613
“Magazzino”	“Parco Iris”, comune di Padova	45.404597	11.882613
“Bar e cucine”	“Parco Iris”, comune di Padova	45.404597	11.882613

Di seguito viene riportato anche l'inquadramento della struttura posizionata su estratta di mappa satellitare (Google Earth).



Figura 2.1 - Inquadramento geografico Parco Iris.

3 Caratterizzazione del sito

3.1 Caratterizzazione geotecnica e sismica

La caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del sito è stata effettuata dal Geologo Alberto Sella su incarico del Comune di Padova il giorno 29/11/2022 a cui è seguita la *“Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica nell’ambito del progetto di riqualificazione ed ampliamento del Parco Iris”* allegata alla presente relazione.

A seguito delle prove effettuate è risultato un categoria di suolo di tipo C.

Come definito anche nella relazione, a seguito delle prove penetrometriche si è andati a definire il profilo stratigrafico dell’area di progetto. Si fornisce, quindi, di seguito una schematizzazione delle caratteristiche dei terreni attraverso i principali parametri geotecnici caratteristici.

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Mo	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	1.60	C	0.9	44.4	2.0	2.0	--	--	--
2	4.80	I	--	62.8	1.8	2.1	60.4	32.7	166.8
3	5.80	C	0.3	32.7	1.8	1.8	--	--	--
4	9.40	I	--	48.5	1.8	2.1	45.0	28.7	126.5
5	12.20	C	0.6	48.0	1.9	2.0	--	--	--
6	14.20	I	--	47.2	1.8	2.1	40.2	26.9	129.8
7	15.00	C	0.7	48.4	1.9	2.0	--	--	--

Dove

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)

Per la determinazione di alcuni parametri geotecnici, la falda è stata posta alla profondità di 3.4 m dal piano campagna, e come specificato nella relazione, tale posizione della falda è da considerarsi come dato puntuale, e bisognerà tenere conto che essa potrà subire oscillazioni anche considerevoli in funzione del regime stagionale delle piogge.

A seguito dell’interpretazione stratigrafica, e facendo riferimento ai tipici valori ritrovabili in letteratura, si è deciso di utilizzare una costante di sottofondo verticale pari a 5 daN/cm³.

TERRENO	COSTANTE DI SOTTOFONDO [Kg/cm ³]
Torba leggera	0.6 ~1.2
Torba pesante	1.2 ~1.8
Terra vegetale	1.0 ~1.5
Depositi recenti	1.0 ~2.0
Sabbia di mare fina	1.5 ~2.0
Sabbia poco coerente	2.0 ~4.0
Terra molto umida	2.0 ~3.5
Terra poco umida	3.0 ~6.0
Terra secca	5.0 ~10.0
Argilla con sabbia	8.0 ~10.0
Argilla grassa	10.0 ~12.0
Sabbia compatta	8.0 ~15.0
Ghiaia con sabbia	10.0 ~25.0
Ghiaia compatta	20.0 ~30.0

Figura 3.1 - Tipici valori (Pozzati) della costante di sottofondo.

4 Valutazione della sicurezza e criteri di calcolo

4.1 Valutazione della sicurezza

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite in funzione degli Stati Limite definiti dalla normativa (NTC 2018), secondo la destinazione d'uso della struttura e la sua vita nominale come definito dal paragrafo § 2.3. della suddetta norma.

In particolare, si è andati a valutare la sicurezza nei riguardi:

- Degli Stati Limite Ultimi (SLU), in riferimento a:
 - Lo Stato Limite di resistenza degli elementi di fondazione, degli elementi di copertura e delle travi-cordolo: STR;
- Degli Stati Limite di Esercizio (SLE):
 - Lo Stato Limite di resistenza degli elementi di fondazione, degli elementi di copertura e delle travi-cordolo: STR;
- Dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):
 - Lo Stato Limite di resistenza degli elementi di fondazione, degli elementi di copertura e delle travi-cordolo: STR;
- Dello Stato Limite di Danno (SLD):
 - Lo Stato Limite di deformazione e degli Stati Limite delle tensioni e fessurazione per le opere in c.a.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli Stati Limite definiti precedentemente verrà eseguita mediante le seguenti formule:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{SLU})$$

$$C_d \geq E_d \quad (\text{SLE})$$

4.2 Criteri di calcolo delle azioni

4.2.1 Azioni variabili

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera. Si farà, quindi, riferimento alla tabella 3.1. II delle NTC 2018 per la determinazione dei sovraccarichi variabili:

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	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 e 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 aule, 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 atrii 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 e 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 e 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-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 categorie 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.

4.2.2 Vento

Il carico del vento viene determinato secondo il paragrafo § 3.3 delle NTC 2018 secondo la metodologia di seguito riportata:

4.2.2.1 Velocità di base

La velocità di base di riferimento viene determinata dall'espressione:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_a$$

Dove:

- $V_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC 2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- C_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione riportata qui sotto:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

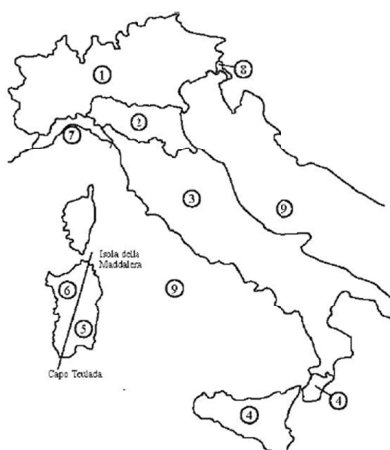
$$C_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

In cui:

- a_0, k_s sono parametri forniti dalla Tab. 3.3 delle NTC 2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito dove sorge la costruzione.

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



4.2.2.2 Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno del progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Dove:

- v_b è la velocità base di riferimento, di cui al paragrafo § 3.3.1;
- c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

4.2.2.3 Azioni statiche equivalenti

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione (§ 3.3.4).

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento (§ 3.3.4).

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

4.2.2.4 Pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

Dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al paragrafo § 3.3.6;
- c_e è il coefficiente di esposizione di cui al paragrafo § 3.3.7;
- c_p è il coefficiente di pressione di cui al paragrafo § 3.3.8;
- c_d è il coefficiente dinamico di cui al paragrafo § 3.3.9.

4.2.2.5 Azione tangente del vento

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_r c_e c_f$$

Dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al paragrafo § 3.3.6;
- c_e è il coefficiente di esposizione di cui al paragrafo § 3.3.7;
- c_f è il coefficiente d'attrito di cui al paragrafo § 3.3.8.

4.2.2.6 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

Dove:

- v_r è la velocità di riferimento del vento di cui al paragrafo § 3.3.2;
- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

4.2.2.7 Calcolo dell'azione del vento

È stata assunta una classe di esposizione "normale", classe di rugosità del terreno D (aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi) e categoria di esposizione tipo II (entroterra fino a 500 m di altitudine).

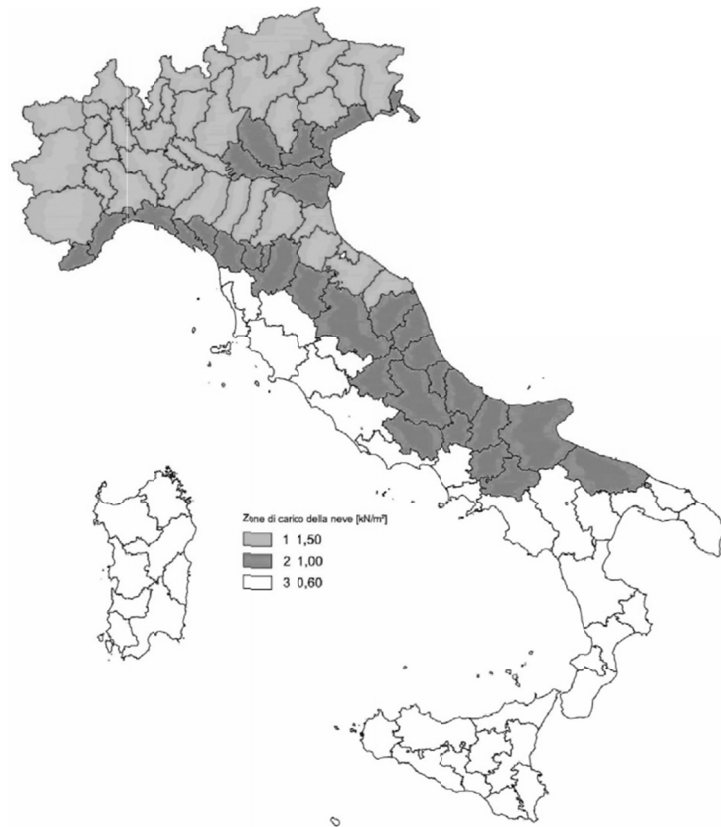
4.2.3 Neve

Il carico neve è determinato secondo il paragrafo § 3.4 delle NTC 2018. La metodologia di calcolo viene di seguito esposta:

4.2.3.1 valore di riferimento del carico della neve al suolo [§ 3.4.2 – NTC 2018]

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Dovrà essere assunto il carico neve calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni per le varie zone indicate dalla Fig. 3.4.1 delle NTC 2018.



L'opera in progetto è sita in Provincia di Padova, quindi in zona II.

Nelle espressioni seguenti, l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Zona II

Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:

$$q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2 \qquad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1.35[1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \qquad a_s \geq 200 \text{ m}$$

4.2.3.2 Coefficiente di forma delle coperture [§ 3.4.3 – NTC 2018]

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura, dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito dove sorge la costruzione.

Valori nominali del coefficiente di forma μ_1 delle coperture ad una o a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II delle NTC 2018. Essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale, risulta:

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

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

4.2.3.3 Coefficiente di esposizione [§ 3.4.4 – NTC 2018]

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti in Tab. 3.4.I delle NTC 2018 per diverse classi di esposizione. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

4.2.3.4 Coefficiente termico [§ 3.4.1 – NTC 2018]

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura.

In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto $C_t = 1$.

4.2.4 Temperatura

La variazione di temperatura è determinata con riferimento al paragrafo § 3.5 delle NTC2018, la cui metodologia di calcolo verrà esposta di seguito.

Variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali.

4.2.4.1 Temperatura dell'aria esterna [§ 3.5.2 – NTC 2018]

La temperatura dell'aria esterna, T_{est} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

T_{max} o T_{min} dovranno essere calcolati in base alle espressioni riportate di seguito, per le varie zone indicate nella figura sottostante.



Nelle espressioni seguenti T_{max} o T_{min} sono espressi in °C. L'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata l'opera.

L'opera ricade totalmente nella Provincia di Padova (zona I).

$$T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$$

$$T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$$

4.2.4.2 Temperatura dell'aria interna [§ 3.5.3 – NTC 2018]

In mancanza di più precise valutazioni, legate alla tipologia della costruzione ed alla sua destinazione d'uso, la temperatura dell'aria interna, T_{int} , può essere assunta pari a 20 °C.

4.2.4.3 Azioni termiche sugli edifici [§ 3.5.5 – NTC 2018]

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018, qui sotto riportata:

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

4.2.4.4 Effetti delle azioni termiche [§ 3.5.7 – NTC 2018]

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente α_T riportati in Tab. 3.5.III delle NTC2018, e qui sotto riportata:

Tab. 3.5.III - Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente

Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 + 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 + 70

4.3 Definizione dell'azione sismica

La valutazione dell'azione sismica è effettuata ai sensi del paragrafo § 3.2 delle NTC 2018 e successivi sottoparagrafi. L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali:

- Componente orizzontale X;
- Componente orizzontale Y;
- Componente verticale Z.

Le varie componenti sono da considerarsi tra loro indipendenti, ed in particolare, le due componenti ortogonali che descrivono il moto orizzontale sono state caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

Come definito dalla normativa, per la determinazione dell'azione sismica sono stati considerati i seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali realizzate a partire dai seguenti parametri, sono definite a partire da ciascuna delle probabilità di superamento P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R .

4.3.1 Classe d'uso e periodo di riferimento

L'opera in oggetto non risulta essere di importanza strategica. Per tale motivo è stata assegnata una Vita Nominale (V_N) pari a 50 anni.

La Classe d'Uso, come definito dal paragrafo § 2.4. delle NTC 2018, risulta essere la Classe d'Uso II. Il coefficiente d'uso C_U risulta quindi essere pari a 1.0. Il valore del periodo di riferimento V_R viene quindi definito dalla seguente formula:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

V_R risulta quindi essere pari a 50 anni.

4.3.2 Fattore di comportamento

L'opera oggetto di progettazione, come descritto in precedenza, può essere suddivisa in tre edifici indipendenti tra di loro. Per tale motivo il comportamento strutturale verrà definito per ogni singola struttura:

- “Padiglione”: struttura realizzata in acciaio e ipotizzata con comportamento strutturale dissipativo con Classe di Duttività Alta (CD “B”);
- “Magazzino”: struttura realizzata in muratura ordinaria e ipotizzata con comportamento strutturale non dissipativo;
- “Bar & cucine”: struttura mista realizzata in c.a. e muratura, ipotizzata con comportamento strutturale dissipativo con Classe di Duttività Media (CD “B”).

Come definito dal paragrafo § 7.2.2, la costruzione si definisce con *comportamento strutturale non dissipativo* se “nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico”.

Viceversa, si definisce *comportamento strutturale dissipativo* se “nella valutazione della domanda un numero elevato di membrature e /o collegamenti evolvono in campo plastico, mentre la restante parte della struttura rimane in campo elastico o sostanzialmente elastico”.

Il valore di q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV viene, quindi, calcolato secondo la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R$$

Dove:

- q_0 il valore base del fattore di comportamento allo SLV come definito dal paragrafo § 7.3.1;
- K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Qualora nella costruzione siano presenti pareti di calcestruzzo armato, per prevenirne il collasso fragile, i valori di q_0 devono essere ridotti mediante il fattore K_w , il quale, per strutture a pareti risulta essere:

$$K_w = 0.5 \leq (1 + \alpha_0)/3$$

dove α_0 è il valore assunto in prevalenza dal rapporto tra altezza totale. Nel caso in cui gli α_0 non differiscono significativamente tra loro, il valore di α_0 per l'insieme delle pareti può essere calcolato assumendo come altezza la somma delle altezze delle singole pareti e come larghezza la somma delle larghezze.

Di seguito si ripropone una sintesi dei fattori di comportamento calcolati per le diverse strutture:

Tabella 4.1 - Fattori di comportamento.

Opera	q_0	K_R	K_w	α_u/α_1	q_{lim}
“Padiglione”	4.0	0.8	-	1.1	3.2
“Magazzino”	3.0	0.8	0.75	-	1.2
“Bar e cucine”	$\min(3.0 \alpha_u/\alpha_1; 1.75 \alpha_u/\alpha_1)$	0.8	0.75	(1.1; 1.7)	1.2

Vengono quindi riportati gli spettri di risposta elastica di progetto nelle direzioni ortogonali X ed Y allo Stato Limite Ultimo (SLV) e di danno (SLD), per ogni modello analizzato.

“Padiglione”

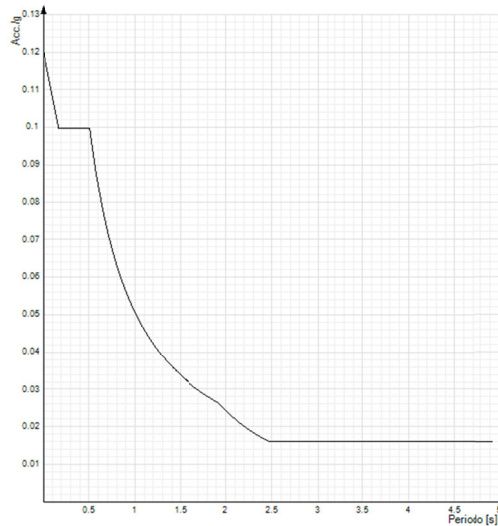


Figura 4.1 - Spettro di risposta elastico SLV nelle due direzioni ortogonali X e Y.

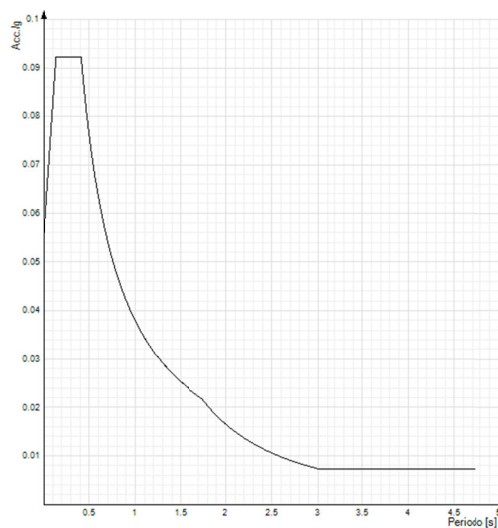


Figura 4.2 - Spettro di risposta elastico SLD nelle due direzioni ortogonali X e Y.

“Magazzino”

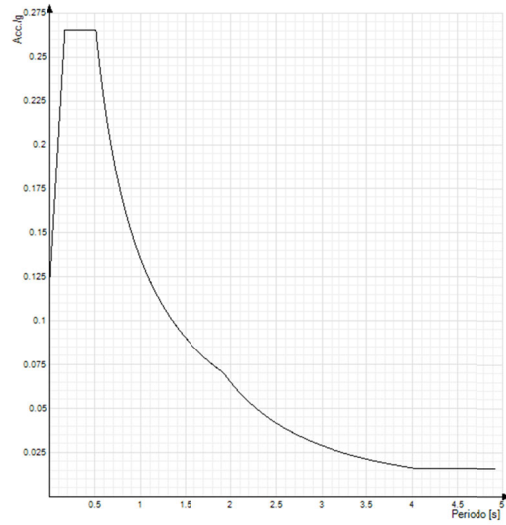


Figura 4.3 - Spettro di risposta elastico SLV nelle due direzioni ortogonali X e Y.

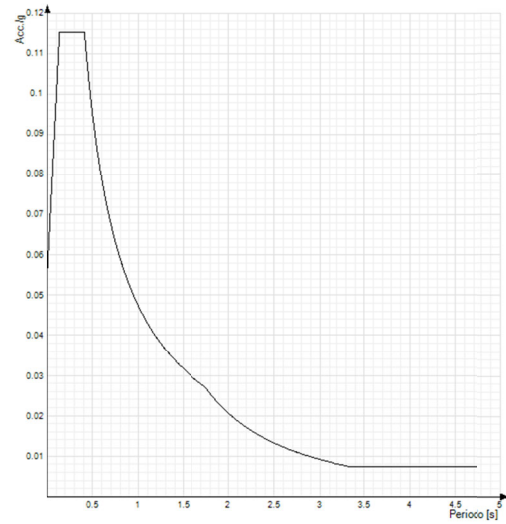


Figura 4.4 - Spettro di risposta elastico SLD nelle due direzioni ortogonali X e Y.

“Bar e cucine”

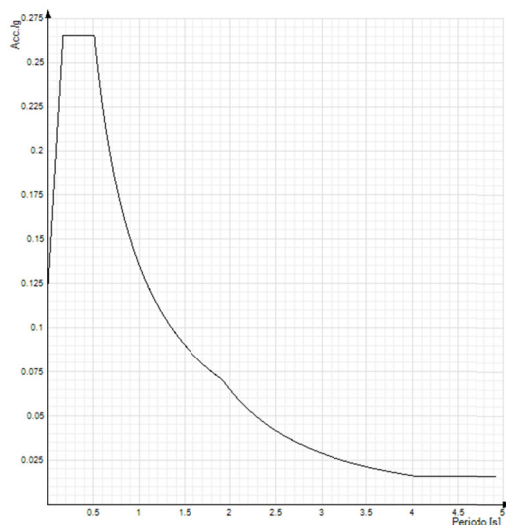


Figura 4.5 - Spettro di risposta elastico SLV nelle due direzioni ortogonali X e Y.

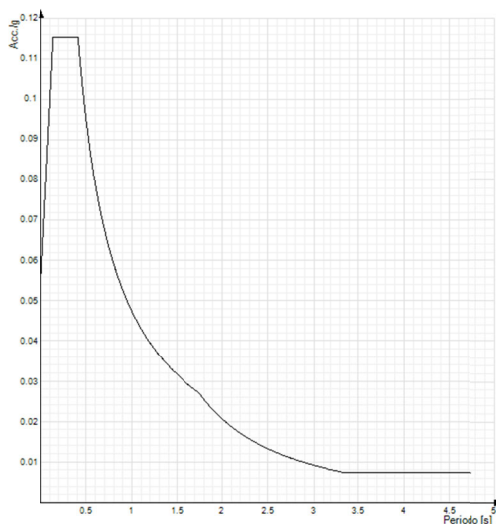


Figura 4.6 - Spettro di risposta elastico SLD nelle due direzioni ortogonali X e Y.

4.4 Combinazioni di calcolo

Il calcolo verrà condotto impiegando diverse combinazioni di carico, e le verifiche verranno eseguite per quelle più gravose che possono agire sulla struttura.

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni, come definito dal paragrafo § 2.5.3 delle NTC 2018 (qui sotto riportato):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
 - Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
 - Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
 - Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
 - Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
 - Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]
- Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:
- $$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$
- [2.5.7]

Verranno utilizzati i seguenti coefficienti parziali relativi alle azioni:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_i	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(d)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

E i seguenti coefficienti di combinazione:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
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

Come descritto anche in precedenza, l'azione sismica farà riferimento alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} come definito dalle NTC 2018, in funzione degli Stati Limite considerati, i quali vengono riportati di seguito:

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

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

5 Caratteristiche dei materiali e analisi dei carichi

Di seguito vengono riportate le caratteristiche dei materiali inseriti nella modellazione matematica dell'opera, suddivisi nelle diverse strutture:

5.1 Caratteristiche dei materiali

5.1.1 “Padiglione”

Acciaio strutturale S275

Modulo elastico	E	210000 N/mm ²
Tensione ultima di rottura	f _u	430 N/mm ²
Tensione di snervamento	f _y	275 N/mm ²

5.1.2 “Magazzino”

Calcestruzzo C30/37

Modulo elastico	E	32836 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica	R _{ck}	37 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f _{ck}	30 N/mm ²

5.1.3 “Bar & cucine”

Muratura ordinaria

Foratura	%	≤ 45%
Resistenza a compressione del blocco	f _{bk}	12 N/mm ²
Resistenza a taglio del blocco	f _{tk}	3.50 N/mm ²
Resistenza a compressione della muratura	f _k	5.70 N/mm ²
Resistenza a taglio della muratura	f _{vk0}	0.25 N/mm ²

Calcestruzzo C30/37

Modulo elastico	E	32836 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica	R _{ck}	37 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f _{ck}	30 N/mm ²

Acciaio per armature B450C

Modulo elastico	E	210000 N/mm ²
-----------------	---	--------------------------

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540 N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 N/mm ²

5.2 Analisi dei carichi

Di seguito vengono riportati i vari carichi utilizzati per l'analisi della struttura:

5.2.1 Pesi proprio strutturali

I pesi propri per unità di volume delle strutture utilizzati per il calcolo sono:

Calcestruzzo armato	γ	25.00 kN/m ³
Acciaio	γ	78.50 kN/m ³
Muratura ordinaria	γ	9.20 kN/m ³

Il peso proprio degli elementi strutturali è assegnato in fase di preparazione del modello di calcolo attraverso l'interfaccia di modellazione per le varie tipologie di struttura. Il programma automaticamente provvede al calcolo del peso proprio degli elementi modellati.

5.2.2 Pesi permanenti portati

Per ogni unità strutturale analizzata si procede qui di seguito alla determinazione dei carichi portati valutati secondo i particolari costruttivi ipotizzati:

5.2.2.1 "Padiglione"

5.2.2.1.1 Solaio in lamiera grecata

Pannello sandwich a doppio rivestimento metallico, per coperture con pendenza non inferiore a 7%, coibentato in poliuretano, con lamiera esterna profilata a 5 greche. Il pannello sarà composto da una lamiera di spessore 0.5 mm, uno spessore totale pari a 80 mm, e sarà appoggiato su profili tipo Omega di dimensioni 150 mm x 80 mm x 40 mm e spessore 4 mm posti ad interasse di circa 50 cm. Sarà realizzato infine un controsoffitto per nascondere gli impianti passanti a parete.

Pannello sandwich	0.121 kN/m ²
Profilo Omega 150x80x40x4 mm	0.14 kN/m
Controsoffitto	3.00 kg/m ²

5.2.2.2 "Magazzino"

5.2.2.2.1 Solaio in predalles

In questo caso si prevede l'utilizzo di un solaio in pannello di calcestruzzo prefabbricato alleggerito tipo predalles con soletta collaborante con spessore totale pari a 26 cm, completato con uno strato di intonaco all'intradosso e con massetto e guaina all'estradosso.

Intonaco	0.30 kN/m ²
----------	------------------------

Solaio predalles	4.07 kN/m ²
Massetto pendenziato (sp. medio 3 cm)	0.66 kN/m ²
Barriera al vapore	0.01 kN/m ²
Guaina ardesiata	0.03 kN/m ²

Inoltre, verticalmente si prevede sia l'intonacatura delle pareti, che un rivestimento in listelli di legno di circa 2 cm.

Rivestimento in legno	0.12 kN/m ²
Intonaco (sp. 1.5 cm)	0.30 kN/m ²

5.2.2.3 “Bar & cucine”

5.2.2.3.1 Solaio in predalles

Si prevede un solaio in pannello di calcestruzzo prefabbricato alleggerito tipo predalles con soletta collaborante con spessore totale pari a 26 cm. Il solaio viene completato con una controsoffittatura (all'intradosso) e barriera al vapore, isolante massetto e guaina (all'estradosso).

Controsoffitto	0.03 kN/m ²
Solaio predalles	4.07 kN/m ²
Barriera al vapore	0.01 kN/m ²
Isolante	0.02 kN/m ²
Massetto pendenziato (sp. medio 5 cm)	1.10 kN/m ²
Guaina ardesiata	0.03 kN/m ²

Inoltre, verticalmente si prevede sia l'intonacatura delle pareti, che un rivestimento in listelli di legno di circa 2 cm.

Rivestimento in legno	0.12 kN/m ²
Intonaco (sp. 1.5 cm)	0.30 kN/m ²

Al di sopra del solaio di copertura verranno posizionati gli impianti.

Pannelli fotovoltaici	0.13 kN/m ²
Acqua calda sanitaria (ACS)	1300 kg
Pompa di calore (PDC)	210-250 kg
Unità trattamento aria (UTA)	150-200 kg

5.2.3 Carichi variabili

5.2.3.1 Carichi relativi alla destinazione d'uso

I carichi variabili a cui sono sottoposte le strutture dell'opera sono da ricondurre principalmente all'uso per la sola manutenzione del solaio in elevazione. Con riferimento al paragrafo § 3.1.4 delle NTC 2018, si prevedono le seguenti tipologie di carico:

Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	$q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$
Coperture accessibili per sola manutenzione	$q_k = 0.50 \text{ kN/m}^2$

5.2.3.2 Vento

In riferimento al paragrafo § 3.3 delle NTC 2018, e riportato nei precedenti capitoli, il carico relativo all'azione del vento risulta essere:

5.2.3.2.1 "Padiglione"

Parete sopravento	0.27 kN/m^2
Copertura sopravento	-0.33 kN/m^2
Parete sottovento	-0.53 kN/m^2
Copertura sottovento	-0.53 kN/m^2

5.2.3.2.2 "Magazzino" e "Bar & cucine"

Parete sopravento	0.27 kN/m^2
Parete sottovento	-0.53 kN/m^2

5.2.3.3 Neve

Il carico relativo alla neve viene calcolato in riferimento al paragrafo § 3.4 delle NTC 2018, come definito anche in precedenza, e assume i seguenti valori:

5.2.3.3.1 "Padiglione"

Falda 1	0.72 kN/m^2
Falda 2	0.36 kN/m^2

5.2.3.3.2 "Magazzino" e "Bar & cucine"

Falda 1	0.72 kN/m^2
---------	-----------------------

6 Modello di calcolo

I tre edifici che compongono l'opera sono stati analizzati separatamente in quanto nessuno dei tre risulta essere direttamente collegato agli altri. Si sono, quindi, realizzate tre modellazioni strutturali agli elementi finiti (FEM) attraverso l'utilizzo del software di calcolo Sismicad. Il programma permette la progettazione e l'esecuzione di verifiche di elementi strutturali in calcestruzzo armato, muratura e acciaio. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali utilizza un proprio solutore tridimensionale fornito col software stesso. Di seguito vengono riportate le specifiche del software. Si rimanda al fascicolo di calcolo per una più completa trattazione delle specifiche tecniche e degli algoritmi di calcolo che vengono utilizzati dal software.

SPECIFICHE SISMICAD:

- Denominazione del software: Sismicad
- Produttore del software: Concrete s.r.l.
- Indirizzo: via della Pieve, 15, 35121 Padova (PD) – Italia
- Sito: www.concrete.it
- Versione regolarmente licenziata: 12.20

6.1 Definizione del modello di calcolo

Gli elementi della struttura sono stati modellati utilizzando i vari elementi della libreria per poterli schematizzare nella maniera più corretta possibile. Le pareti, i setti e le piastre sono stati modellati utilizzando elementi bidimensionali a 3 o a 4 nodi di tipo shell con comportamento sia membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tali tipi di elementi vengono modellati attraverso una mesh che risulta più o meno densa a seconda delle caratteristiche dimensionali dell'elemento strutturale modellato. Gli orizzontamenti sono stati modellati mediante elementi shell. Gli elementi snelli come nel caso di pilastri o colonne sono stati modellati utilizzando elementi monodimensionali di tipo beam.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzati al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico-lineare.

Si riporta di seguito la rappresentazione dei modelli ad elementi finiti delle tre strutture.

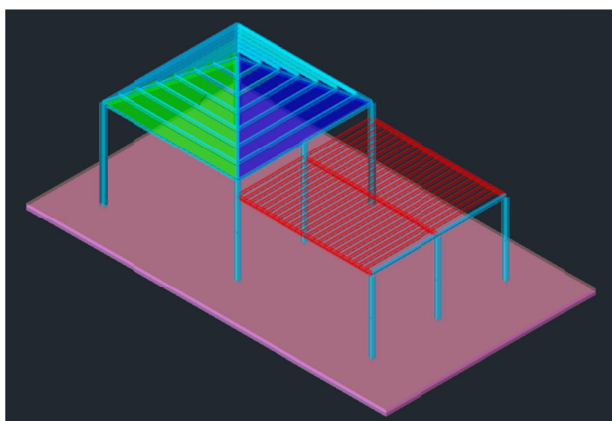


Figura 6.1 - Vista assonometrica modellazione "Padiglione".

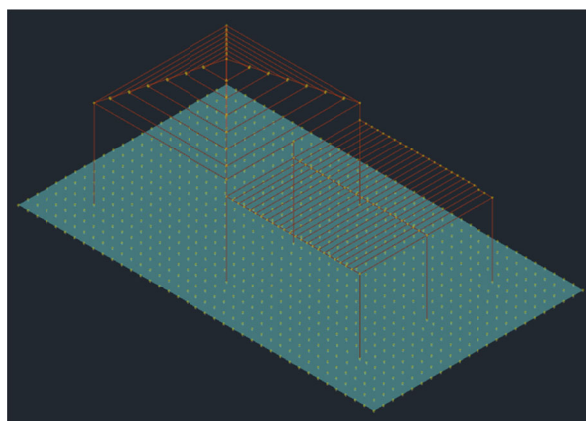


Figura 6.2 - Modello FEM "Padiglione".

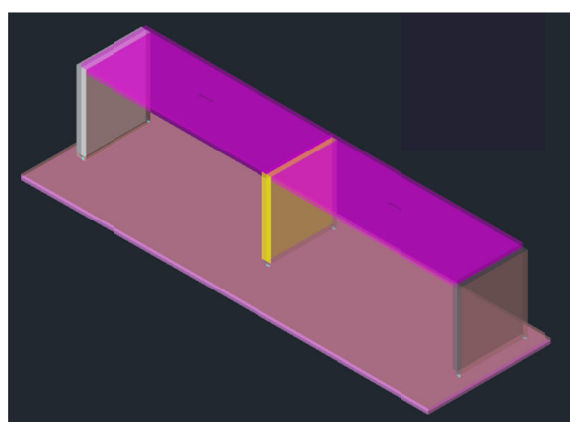


Figura 6.3 - Vista assonometrica modellazione "Magazzino".

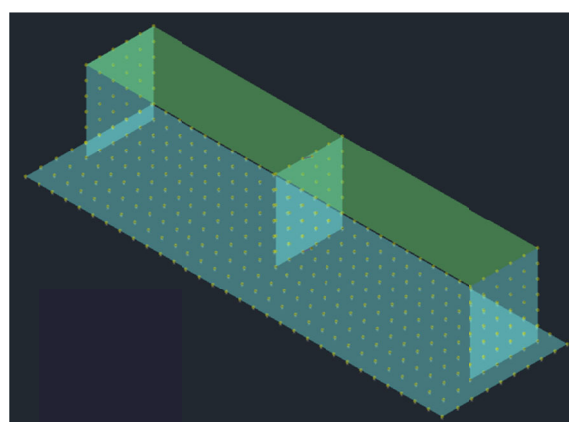


Figura 6.4 - Modello FEM "Magazzino".

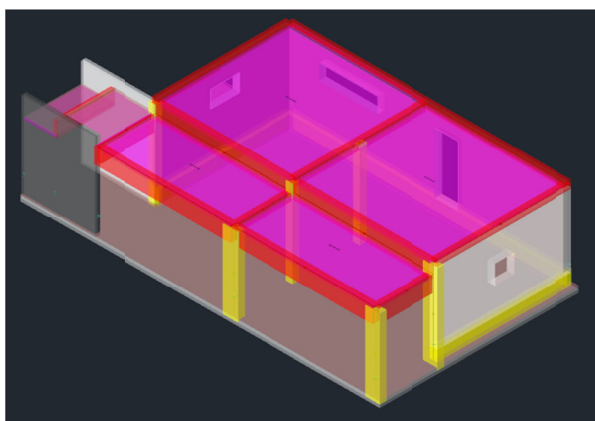


Figura 6.5 - Vista assonometrica modellazione "Bar & cucine".

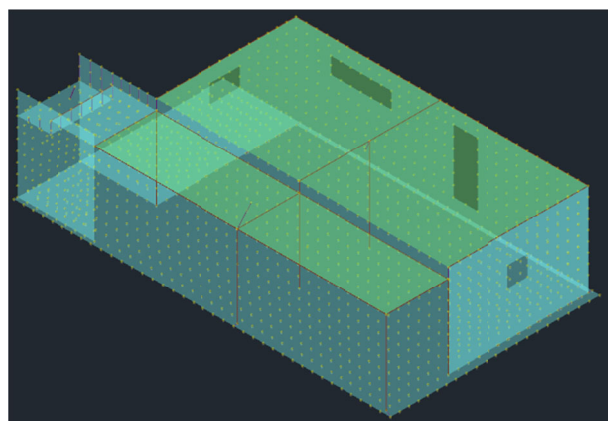


Figura 6.6 - Modello FEM "Bar & cucine".

L'analisi delle combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per le azioni sismiche si è optato di utilizzare l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di comportamento (descritto in precedenza). Nelle analisi sono state considerate eccentricità accidentali pari al 5% delle dimensioni della struttura nella direzione ortogonale al sisma.

La somma della massa totale eccitata delle strutture risulta essere superiore all'85% della massa totale come da normativa.

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli Stati Limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali delle NTC 2018.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dalle NTC 2018 per i vari Stati Limite. Sono quindi state considerate le combinazioni delle azioni relative al paragrafo § 2.5.3 delle suddette norme. Di seguito vengono riportati i casi di carico:

- Combinazione rara;
- Combinazione frequente;
- Combinazione quasi permanente;
- SLD;
- SLV;
- SLU terreno – Approccio 2.

Le combinazioni considerate tengono in considerazione le azioni in precedenza descritte combinate tra loro attraverso i coefficienti parziali previsti dalla NTC 2018 per gli Stati Limite SLU e SLE. Per le azioni sismiche, le azioni derivanti dallo spettro di progetto sono state ridotte del fattore q e le eccentricità accidentali sono state considerate al 5%. Le suddette azioni sono state poi combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata, il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

6.2 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Vesic, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

Dove:

- γ = peso di volume dello strato di fondazione;
- B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);
- L = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L = L_f - 2e$);
- c = coesione dello strato di fondazione;
- c_u = coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;
- s_c, s_q, s_γ = fattori di forma della fondazione;

- d_c, d_q, d_y = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.
- i_c, i_q, i_y = fattori di inclinazione del carico;
- b_c, b_q, b_y = fattori di inclinazione della base della fondazione;
- g_c, g_q, g_y = fattori di inclinazione del piano campagna.

Nel caso di piano di campagna inclinato ($\beta > 0$) e $\phi = 0$, Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine:

$$\frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \text{ con } N_\gamma = -2 \cdot \sin \beta$$

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; \quad N_q = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^m;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - \text{tg} \beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot \text{tg} \phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \text{arctg} \left(\frac{D}{B_f} \right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

Nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

- ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;
- c_a = aderenza alla base della fondazione;
- η = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ($\eta = 0$ se orizzontale);
- β = inclinazione del pendio;

- H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
- V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
- D = profondità della fondazione.

7 Risultati delle verifiche

Di seguito vengono riportati in sintesi i risultati delle verifiche delle tre strutture. Le verifiche sono state ottenute inserendo la progettazione:

- delle armature relative alle pareti e alle piastre in c.a;
- delle travi e delle colonne in c.a;
- delle travi e delle colonne in acciaio,
- delle murature.

Si rimanda, in ogni caso, agli allegati (tabulati di calcolo e verifiche) per una più completa trattazione dei risultati del modello.

7.1 “Padiglione”

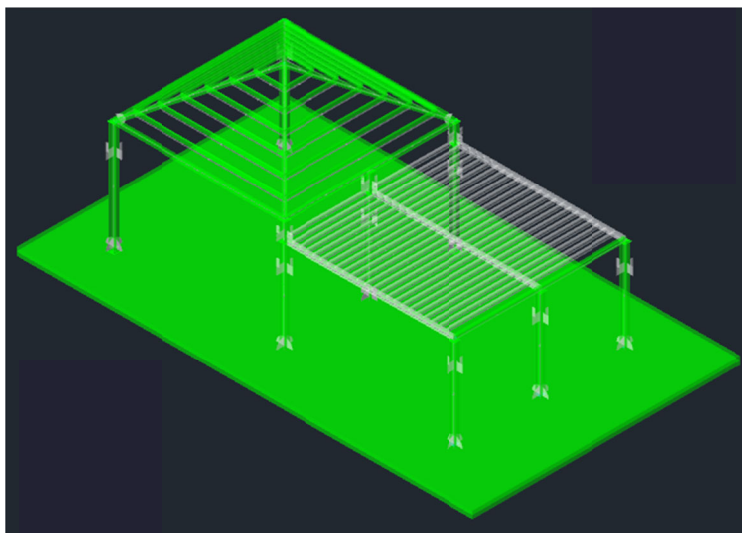


Figura 7.1 - Vista assometrica verifiche del modello.

Tipo di elemento	N° elementi modello	Verifiche SLE		Verifiche SLD		Verifiche SLU		Verifiche SLV	
		N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati
Beam c.a.	43	43	0	43	0	43	0	43	0
Piastre c.a.	1	1	0	1	0	1	0	1	0

7.2 “Magazzino”

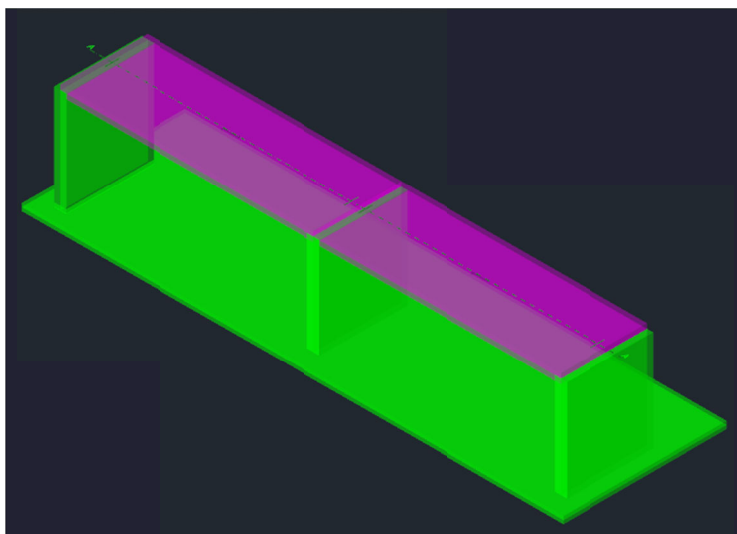
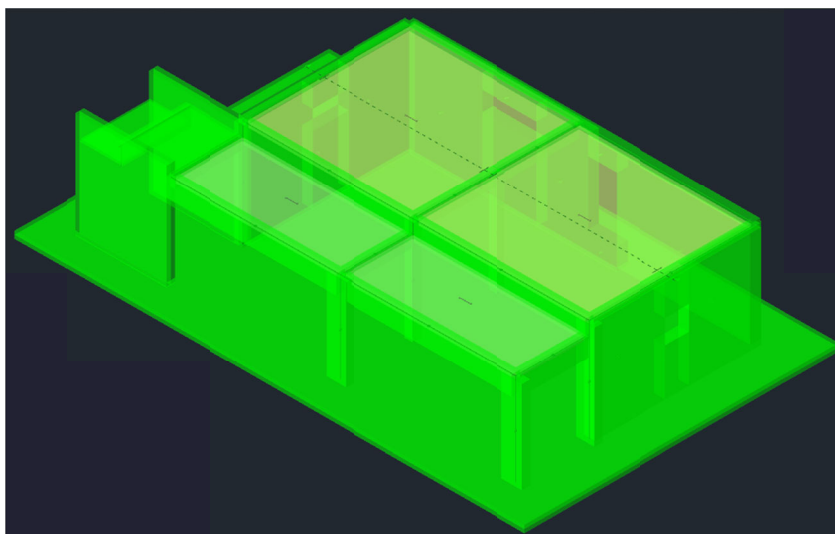


Figura 7.2 – Vista assometrica verifiche del modello.

Tipo di elemento	N° elementi modello	Verifiche SLE		Verifiche SLD		Verifiche SLU		Verifiche SLV	
		N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati
Shell c.a.	3	3	0	3	0	3	0	3	0
Piastre c.a.	1	1	0	1	0	1	0	1	0

7.3 “Bar & cucine”



Tipo di elemento	N° elementi modello	Verifiche SLE		Verifiche SLD		Verifiche SLU		Verifiche SLV	
		N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati	N° elementi verificati	N° elementi non verificati
Beam c.a.	13	13	0	13	0	13	0	13	0
Shell c.a.	2	2	0	2	0	2	0	2	0
Shell mur. (maschi 7murari)	7	7	0	7	0	7	0	7	0
Shell mur. (travi di accoppiamento)	8	8	0	8	0	8	0	8	0
Piastre c.a.	3	3	0	3	0	3	0	3	0

verranno inseriti degli architravi realizzati in laterocemento tali da permettere la realizzazione delle particolari luci in progetto.

La verifica del solaio prefabbricato “predalles” è compreso nell’allegato a questa relazione, denominato *Verifiche*.

8 Considerazioni finali

Alla luce di quanto esposto precedentemente gli edifici risultano verificati secondo normativa.



Il tecnico incaricato

Ing. Riccardo Schvarcz
(Documento firmato digitalmente)