

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO**  
**Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa**  
**Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)**  
**e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)**  
**1° stralcio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. AN58

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTI:**

*Ing. VINCENZO MARZI*  
*Ordine Ingegneri di Bari n. 3594*

**IL GEOLOGO**

*Geol. FRANCESCO MATALONI*  
*Ordine Geologici del Lazio n. 725*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Arch. GIOVANNI MAGARO'*  
*Ordine Architetti di Roma n. 16183*

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. FABIO QUONDAM*

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ*

PROTOCOLLO

DATA:

**OPERE D'ARTE MINORI**  
**FONDAZIONI**  
**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO - BASAMENTI**

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	
PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG. <b>L0702M</b> <b>D</b> <b>1801</b>		T00OM03STRRE01_A.dwg				
		CODICE ELAB. <b>T00OM03STRRE01</b>			<b>A</b>	
D						
C						
B						
A						
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI DELLE OPERE IN C.A.....	6
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.1 CALCESTRUZZO.....	7
3.2 ACCIAIO.....	7
3.3 COPRIFERRO .....	7
4. CRITERI GENERALI E DI CALCOLO.....	9
5. PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO.....	10
6. ANALISI DEI CARICHI.....	12
6.1 PESO PROPRIO STRUTTURE.....	12
6.2 CARICHI VARIABILI.....	12
6.3 INQUADRAMENTO SISMICO.....	13
6.4 PARAMETRI SISMICI ADOTTATI PER LE OPERE .....	13
7. COMBINAZIONI DI CARICO.....	16
8. CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE.....	21
8.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO.....	21
8.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	21
8.3 PREFERENZE DI ANALISI.....	22
9. SOLLECITAZIONI PIASTRA DI FONDAZIONE.....	25
10. VERIFICHE PIASTRA.....	27

11. VERIFICHE GEOTECNICHE .....	29
12. CONCLUSIONI .....	32
13. DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2018 CAP 10.2.....	33

## 1. PREMESSA

La presente relazione è redatta nell'ambito del Progetto Definitivo "adeguamento a due corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza – Mercatello Ovest (Lotto 3°). L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

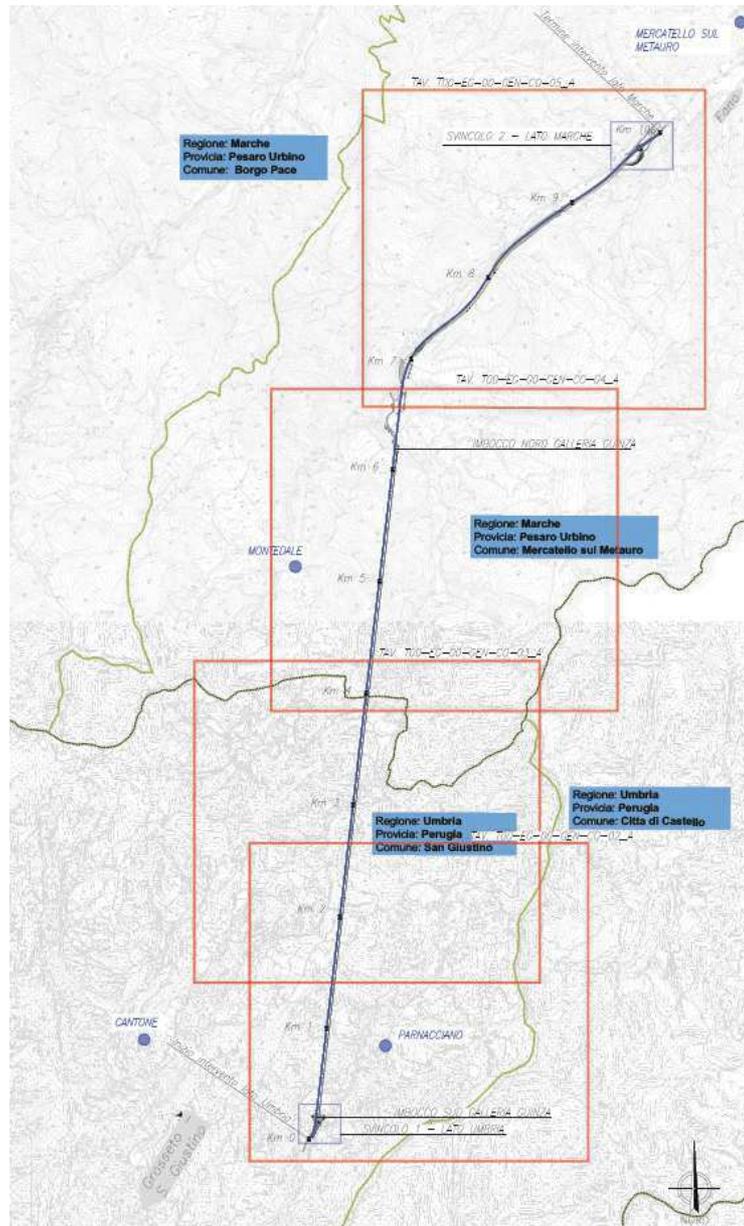


Figura 1: corografia

In questo documento vengono riportati i criteri di dimensionamento dei seguenti basamenti:

- basamento di dimensioni in pianta 10mx5m e spessore 0.3m ,per la posa di un gruppo elettrogeno, localizzato al km 6+200;
- basamenti di dimensioni in pianta 7.5mx3.5m e spessore 0.3m, per la posa di cabine di consegna Enel, situati al km 6+200 e 7+400;
- basamento di dimensioni in pianta 7mx5m e spessore 0.3m, per la posa di cabina di consegna Utente, situato al km 7+400
- basamento di dimensioni in pianta 6mx3m e spessore 0.3m, per la posa di un gruppo elettrogeno, situato al km 7+400.



1-1 Inquadramento delle opere

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche generali delle opere e le modalità di calcolo. Per semplicità di esposizione si farà riferimento al solo basamento di dimensioni in pianta 10x5m che presenta le condizioni più gravose.

## 1.1 STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto seguendo l'istruzione tecnica ANAS - "Capitolato d'oneri - Prescrizioni per la redazione del Progetto esecutivo".

Il progetto è stato eseguito nel rispetto della normativa:

- ◆ Legge 5/11/1981 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica".
- ◆ Legge 2 febbraio 1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- ◆ D.M. 17 gennaio 2018 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ◆ CIRCOLARE 2 Febbraio 2009 n° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008.
- ◆ AICAP/93: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni.
- ◆ C.N.R. U.N.I. 10011 1988
- ◆ UNI EN 1992-2005 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- ◆ UNI EN 1997-2005 - Progettazione geotecnica.
- ◆ UNI EN 1998-2005 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- ◆ UNI EN 206-1-2001 - Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

## 2. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI DELLE OPERE IN C.A.

La durabilità di un'opera dipende dalle condizioni ambientali e dalle azioni di tipo chimico-fisiche che possono interessarne gli elementi strutturali nell'arco della vita utile della struttura. Tali azioni, non prese in conto nell'analisi strutturale, richiedono un'opportuna scelta del materiale strutturale ed adeguate disposizioni costruttive.

Il requisito di durabilità si ritiene soddisfatto quando la struttura, per il periodo di vita previsto, è in grado di assolvere le sue funzioni senza limitazioni d'uso essendo soggetta solo a manutenzione ordinaria.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

In accordo con quanto previsto nelle tabelle 4.1.III e 4.1.IV del D.M. 2018 si definiscono le condizioni ambientali ed i relativi limiti di apertura delle fessure accettabili per ciascun elemento strutturale.

Secondo le prescrizioni delle NTC 2018, Tab. 4.1.III:

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Scelta degli stati limite di fessurazione secondo la Tab. 4.1.IV delle NTC 2018

**Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Per armature poco sensibili si ha:

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni frequente  $\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni quasi perm.  $\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

### 3.CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo platea:

Classe di resistenza	<b>C25/30</b>		
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	$\geq$	30.00 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck}$	$=$	24.90 MPa
coefficiente del materiale	$\gamma_c$	$=$	1.50
Modulo elastico (istantaneo)	$E_{cm}$	$=$	31 447 MPa
Coefficiente di Poisson	$\nu$	$=$	0.10
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{ck}$	$=$	14.11 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	$=$	2.56 MPa
Resistenza a trazione semplice (assiale) caratteristica	$f_{ctk}$	$=$	1.79 MPa
Resistenza (media) a trazione per flessione	$f_{cfm}$	$=$	3.07 MPa
Resistenza a trazione per flessione caratteristica	$f_{cfk}$	$=$	2.15 MPa

#### 3.2 ACCIAIO

Acciaio	<b>B450C</b>		
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq$	540.00 MPa
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq$	450.00 MPa
coefficiente del materiale	$\gamma_s$	$=$	1.15
tensione caratteristica di snervamento di calcolo	$f_{yd}$	$\geq$	391.30 MPa
Modulo elastico	$E_s$	$=$	206 000.00 MPa

#### 3.3 COPRIFERRO

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

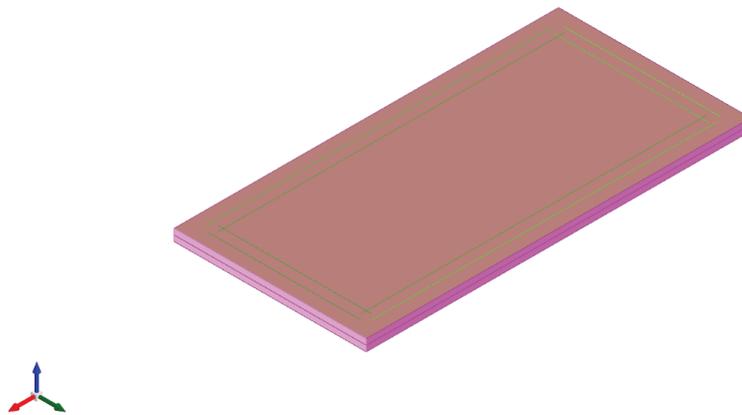
Copriferro minimo:

Classe di resistenza adottata	<b>C25/30</b>
Resistenza cubica a compressione ( $R_{ck}$ )	<b>30</b>

Classe di esposizione ambiente	XC2
Vita nominale (Vn)	Ordinarie
Copriferro progetto (mm)	50
	35

## 4. CRITERI GENERALI E DI CALCOLO

Per l'analisi strutturale si usa un modello agli elementi finiti, la platea è modellata tramite elementi bidimensionali. Essi presentano caratteristiche meccaniche in accordo con le proprietà dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Il modello utilizzato nell'analisi strutturale è di tipo spaziale, elaborato mediante il software SISMICAD in grado di implementare una struttura tridimensionale. Gli elementi della platea sono vincolati mediante molle elastiche per simulare l'interazione della struttura con il terreno.



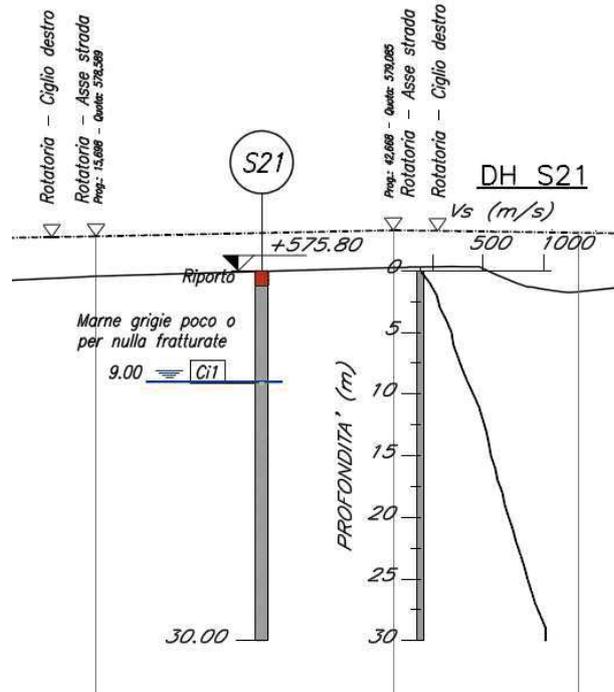
4-1 Vista assonometrica estrusa del modello

Il modello così definito viene elaborato tramite il noto "Metodo degli Elementi Finiti". Alla struttura sono applicati i carichi con distribuzione tale da creare le massime sollecitazioni nei vari elementi considerando la probabilità di contestuale presenza dei valori sollecitanti massimi.

Si riportano nel seguito le verifiche dei principali elementi strutturali. Le verifiche sono condotte agli Stati Limite, secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

## 5.PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Il profilo stratigrafico, lungo l'asse principale dove sono ubicate le opere, può ritenersi omogeneo e caratterizzato dalla presenza di marne poco o per nulla fratturate come mostrato nella stratigrafia proveniente dal sondaggio S21 mostrato in figura.



Si riporta di seguito la stratigrafia di progetto.

I valori sono espressi in m

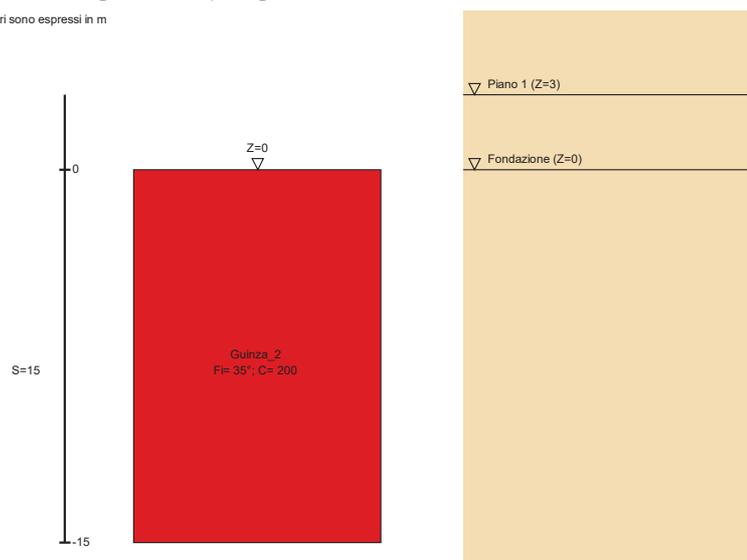


Immagine: Guinza

## Stratigrafie

**Terreno:** terreno mediamente uniforme presente nello strato.

**Sp.:** spessore dello strato. [m]

**Liqf:** indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche.

**Kor,i:** coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kor,s:** coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kve,i:** coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Kve,s:** coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [kN/m<sup>3</sup>]

**Eel,s:** modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**Eel,i:** modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**Eed,s:** modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**Eed,i:** modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [kN/m<sup>2</sup>]

**CC,s:** coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CC,i:** coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,s:** coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**CR,i:** coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

**E0,s:** indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**E0,i:** indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

**OCR,s:** indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

**OCR,i:** indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
Guinza_2	15	No	15000	10000	10000	10000	1.0E6	1.0E6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

## Terreno

**Descrizione:** descrizione o nome assegnato all'elemento.

**Coesione:** coesione efficace del terreno. [kN/m<sup>2</sup>]

**Coesione non drenata:** coesione non drenata (Cu) del terreno, per terreni eminentemente coesivi. [kN/m<sup>2</sup>]

**Attrito interno:** angolo di attrito interno del terreno. [deg]

**δ:** angolo di attrito all'interfaccia terreno-cls. [deg]

**Coeff. di Adesione:** coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cls, compreso tra 0 ed 1. Il valore è adimensionale.

**Coeff. di spinta K0:** coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

**γ naturale:** peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [kN/m<sup>3</sup>]

**γ saturo:** peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [kN/m<sup>3</sup>]

**E:** modulo elastico longitudinale del terreno. [kN/m<sup>2</sup>]

**v:** coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

**Rqd:** rock quality degree. Per roccia assume valori nell'intervallo (0;1). Il valore convenzionale 0 indica che si tratta di un terreno sciolto. Il valore è adimensionale.

**Permeabilità Kh:** permeabilità orizzontale. Permeabilità orizzontale del terreno. [m/s]

**Permeabilità Kv:** permeabilità verticale. Permeabilità verticale del terreno. [m/s]

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	δ	Coeff. di Adesione	Coeff. di spinta K0	γ naturale	γ saturo	E	v	Rqd	Permeabilità Kh	Permeabilità Kv
Guinza_2	200	0	35	23	1	0.43	19.5	21.5	1000000	0.3	0	0.001	0.0001

## 6.ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

#### *Struttura principale in c.a.*

Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma considerando il peso specifico del cemento armato pari a :

$$\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$$

### 6.2 CARICHI VARIABILI

- Carico neve

Il carico dovuto all'azione della neve è stato assunto pari a 2 kN/m<sup>2</sup>.

- Carichi variabili agenti

Il sovraccarico assunto 6 kN/m<sup>2</sup> con riferimento alla tabella Tab. 3.1.II delle NTC 2018.

### 6.3 Inquadramento sismico

La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LLPP 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale, dal punto di vista sismico, in “zone non classificate” e in “zone classificate”, quest’ultime erano suddivise in tre categorie sismiche.

La nuova legislazione antisismica viene sancita dal D.M. 17 gennaio 2018 “norme tecniche per le costruzioni”

#### CRITERIO DI VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_vR$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ ,

Ai fine della Normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$  a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

### 6.4 PARAMETRI SISMICI ADOTTATI PER LE OPERE

Saranno fornite le caratteristiche spettrali per tutti gli stati limite di verifica e cioè

**SLO – Stato limite di operatività**

**SLD – Stato limite di danno**

**SLV – Stato limite di salvaguardia della vita**

**SLC – Stato limite di collasso**

Nelle verifiche delle opere fuori terra sono stati assunti i seguenti parametri sismici:

**Vita nominale dell’opera 50 anni**

**Classe d’uso dell’opera III**

**Categoria del suolo B**

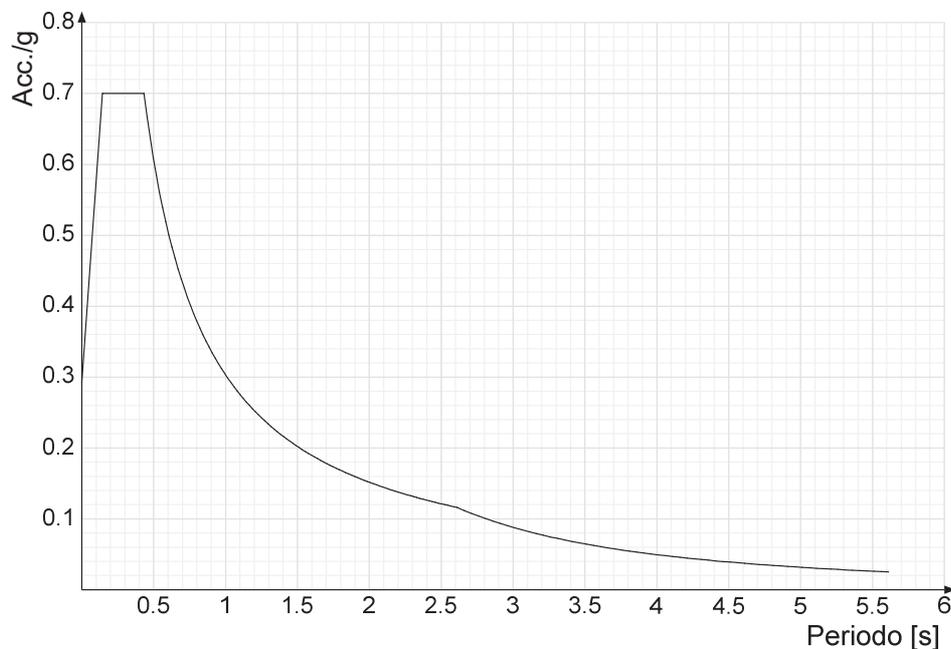
Per gli stati limite di esercizio e ultimo lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali sia per quelle verticali è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di

superamento nel periodo di riferimento considerata, con le ordinate ridotte sostituendo il coefficiente  $\eta$  con  $1/q$  dove  $q$  è il fattore di struttura definito opportunamente secondo quanto riportato al capitolo 7 del DM 18-1-2018.

Si otterrà per un fattore di struttura 1.

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(sec)
SLO	Default (81)	45	0.0823	2.388	0.273
SLD	Default (63)	75	0.1047	2.362	0.28
SLV	Default (10)	712	0.2526	2.394	0.312
SLC	Default (5)	1462	0.3187	2.419	0.323

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 [3.2.2]



L'azione sismica viene calcolata mediante un'analisi pseudostatica, considerando il valore di accelerazione fornito dallo spettro di risposta di progetto.

In particolare si assume a favore di sicurezza, che il periodo di oscillazione del modo di vibrare principale della struttura sia compreso tra i valori di TB e TC. I valori delle accelerazioni di progetto orizzontali si calcolano come:

$$S_d = a_g * S * F_0 * 1/q$$

Dove si assume  $q = 1$

Si riporta l'accelerazione di progetto considerata:

$$S_d = 0.2526g * 1.2 * 2.394 * 1/1 = 0.7g.$$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni in precedenza definite e combinata con le altre azioni in modo tale da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Il calcolo si considera a favore di sicurezza in quanto si è assunto per le azioni sismiche la massima amplificazione possibile.

## 7. Combinazioni di carico

Il progetto e la verifica di tutti gli elementi strutturali verrà eseguito mediante il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e quelle agli stati limite d'esercizio (SLE), le condizioni elementari di carico vengono tra loro combinate in modo da determinare le sollecitazioni più sfavorevoli.

Le combinazioni di carico che verranno considerate nel calcolo delle sollecitazioni rispettano le prescrizioni fornite dalle NTC 2018,

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (NTC2018).

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (frequente), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (quasi permanente), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Dove:

- a) Azioni Permanenti (G);
- b) Azioni Variabili (Q);
- c) Azioni di Precompressione (P);
- d) Azioni Eccezionali (A);
- e) Azioni Sismiche (E);

I valori dei coefficienti che tengono conto della non contemporaneità dei massimi valori delle azioni sono dati dalla Tab. 2.5.1:

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico utilizzate:

**Nome:** E' il nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.

**Nome breve:** E' il nome compatto della condizione elementare di carico, che viene utilizzato altrove nella relazione.

**Pesi:** Pesi strutturali

**Port.:** Permanenti portati

**Variabile E:** Variabile E

**Neve:** Neve

**Massa Sismica in Y:** Massa Sismica in Y

**$\Delta T$ :**  $\Delta T$

**X SLO:** Sisma X SLO

**Y SLO:** Sisma Y SLO

**Z SLO:** Sisma Z SLO

**EY SLO:** Eccentricità Y per sisma X SLO

**EX SLO:** Eccentricità X per sisma Y SLO

**X SLD:** Sisma X SLD

**Y SLD:** Sisma Y SLD

**Z SLD:** Sisma Z SLD

**EY SLD:** Eccentricità Y per sisma X SLD

**EX SLD:** Eccentricità X per sisma Y SLD

**X SLV:** Sisma X SLV

**Y SLV:** Sisma Y SLV

**Z SLV:** Sisma Z SLV

**EY SLV:** Eccentricità Y per sisma X SLV

**EX SLV:** Eccentricità X per sisma Y SLV

**R Ux:** Rig. Ux

**R Uy:** Rig. Uy

**R Rz:** Rig. Rz

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

### Famiglia SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	$\Delta T$
1	SLU 1	1	0.8	0	0	0	0
2	SLU 2	1	0.8	0	0	0	0
3	SLU 3	1	0.8	0	0.75	0	0
4	SLU 4	1	0.8	0	1.5	0	0
5	SLU 5	1	0.8	0	1.5	0	0
6	SLU 6	1	0.8	1.5	0	0	0
7	SLU 7	1	0.8	1.5	0.75	0	0
8	SLU 8	1	0.8	1.5	1.5	0	0
9	SLU 9	1	0.8	1.5	1.5	0	0
10	SLU 10	1	0.8	1.5	0	0	0
11	SLU 11	1	0.8	1.5	0	0	0
12	SLU 12	1	0.8	1.5	0.75	0	0
13	SLU 13	1	0.8	1.5	0.75	0	0
14	SLU 14	1	1.5	0	0	0	0
15	SLU 15	1	1.5	0	0	0	0
16	SLU 16	1	1.5	0	0.75	0	0
17	SLU 17	1	1.5	0	1.5	0	0
18	SLU 18	1	1.5	0	1.5	0	0
19	SLU 19	1	1.5	1.5	0	0	0
20	SLU 20	1	1.5	1.5	0.75	0	0
21	SLU 21	1	1.5	1.5	1.5	0	0
22	SLU 22	1	1.5	1.5	1.5	0	0
23	SLU 23	1	1.5	1.5	0	0	0
24	SLU 24	1	1.5	1.5	0	0	0
25	SLU 25	1	1.5	1.5	0.75	0	0
26	SLU 26	1	1.5	1.5	0.75	0	0
27	SLU 27	1.3	0.8	0	0	0	0
28	SLU 28	1.3	0.8	0	0	0	0
29	SLU 29	1.3	0.8	0	0.75	0	0
30	SLU 30	1.3	0.8	0	1.5	0	0
31	SLU 31	1.3	0.8	0	1.5	0	0
32	SLU 32	1.3	0.8	1.5	0	0	0
33	SLU 33	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0
34	SLU 34	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0
35	SLU 35	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0
36	SLU 36	1.3	0.8	1.5	0	0	0
37	SLU 37	1.3	0.8	1.5	0	0	0
38	SLU 38	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0
39	SLU 39	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0
40	SLU 40	1.3	1.5	0	0	0	0

PROGETTO DEFINITIVO

BASAMENTI- RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT
41	SLU 41	1.3	1.5	0	0	0	0
42	SLU 42	1.3	1.5	0	0.75	0	0
43	SLU 43	1.3	1.5	0	1.5	0	0
44	SLU 44	1.3	1.5	0	1.5	0	0
45	SLU 45	1.3	1.5	1.5	0	0	0
46	SLU 46	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0
47	SLU 47	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0
48	SLU 48	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0
49	SLU 49	1.3	1.5	1.5	0	0	0
50	SLU 50	1.3	1.5	1.5	0	0	0
51	SLU 51	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0
52	SLU 52	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0

**Famiglia SLE rara**

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	0	0
3	SLE RA 3	1	1	0	0.5	0	0
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0	0
5	SLE RA 5	1	1	0	1	0	0
6	SLE RA 6	1	1	1	0	0	0
7	SLE RA 7	1	1	1	0.5	0	0
8	SLE RA 8	1	1	1	1	0	0
9	SLE RA 9	1	1	1	1	0	0
10	SLE RA 10	1	1	1	0	0	0
11	SLE RA 11	1	1	1	0	0	0
12	SLE RA 12	1	1	1	0.5	0	0
13	SLE RA 13	1	1	1	0.5	0	0

**Famiglia SLE frequente**

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0	0
3	SLE FR 3	1	1	0	0.2	0	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0.2	0	0
5	SLE FR 5	1	1	0.8	0	0	0
6	SLE FR 6	1	1	0.8	0.2	0	0
7	SLE FR 7	1	1	0.8	0.2	0	0
8	SLE FR 8	1	1	0.9	0	0	0
9	SLE FR 9	1	1	0.9	0	0	0

**Famiglia SLE quasi permanente**

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0	0	0
3	SLE QP 3	1	1	0.8	0	0	0
4	SLE QP 4	1	1	0.8	0	0	0

**Famiglia SLU eccezionale**

Il nome compatto della famiglia è SLU EX.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT
------	------------	------	-------	-------------	------	--------------------	----

**Famiglia SLO**

Il nome compatto della famiglia è SLO.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT	X SLO	Y SLO	Z SLO	EY SLO	EX SLO
1	SLO 1	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	SLO 2	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	SLO 3	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
4	SLO 4	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
5	SLO 5	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	SLO 6	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	SLO 7	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
8	SLO 8	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1
9	SLO 9	1	1	0.8	0	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLO 10	1	1	0.8	0	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLO 11	1	1	0.8	0	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLO 12	1	1	0.8	0	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLO 13	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLO 14	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLO 15	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLO 16	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

PROGETTO DEFINITIVO

BASAMENTI- RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

**Famiglia SLD**

Il nome compatto della famiglia è SLD.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT	X SLD	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD
1	SLD 1	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	SLD 2	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	SLD 3	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
4	SLD 4	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
5	SLD 5	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	SLD 6	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	SLD 7	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
8	SLD 8	1	1	0.8	0	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1
9	SLD 9	1	1	0.8	0	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLD 10	1	1	0.8	0	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLD 11	1	1	0.8	0	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLD 12	1	1	0.8	0	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLD 13	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLD 14	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLD 15	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLD 16	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

**Famiglia SLV**

Il nome compatto della famiglia è SLV.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Massa Sismica in Y	ΔT	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV
1	SLV 1	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	SLV 2	1	1	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	SLV 3	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
4	SLV 4	1	1	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
5	SLV 5	1	1	0.8	0	-1	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	SLV 6	1	1	0.8	0	-1	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	SLV 7	1	1	0.8	0	1	0	-0.3	1	0	-0.3	1
8	SLV 8	1	1	0.8	0	1	0	-0.3	1	0	0.3	-1
9	SLV 9	1	1	0.8	0	-1	0	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLV 10	1	1	0.8	0	-1	0	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLV 11	1	1	0.8	0	1	0	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLV 12	1	1	0.8	0	1	0	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLV 13	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLV 14	1	1	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLV 15	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLV 16	1	1	0.8	0	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

**Famiglia Calcolo rigidità torsionale/flessionale di piano**

Il nome compatto della famiglia è CRTFP.

Nome	Nome breve	R Ux	R Uy	R Rz
Rig. Ux+	CRTFP Ux+	1	0	0
Rig. Ux-	CRTFP Ux-	-1	0	0
Rig. Uy+	CRTFP Uy+	0	1	0
Rig. Uy-	CRTFP Uy-	0	-1	0
Rig. Rz+	CRTFP Rz+	0	0	1
Rig. Rz-	CRTFP Rz-	0	0	-1

## 8.CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE

Il metodo agli stati limite è stato utilizzato per il progetto e la verifica degli elementi strutturali; le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state valutate mediante la scelta di analisi agli elementi finiti utilizzando il programma di calcolo *Sismicad della Concrete s.r.l.*, la cui affidabilità è certificata dalla stessa casa produttrice.

### 8.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre-processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Sismicad della Concrete s.r.l, licenza 8542838 Versione 12.12

### 8.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo adottato prevede per la struttura l'implementazione di un modello di calcolo generale, che schematizza il comportamento globale della struttura, la cui risoluzione è stata effettuata con l'ausilio di elaboratore elettronico.

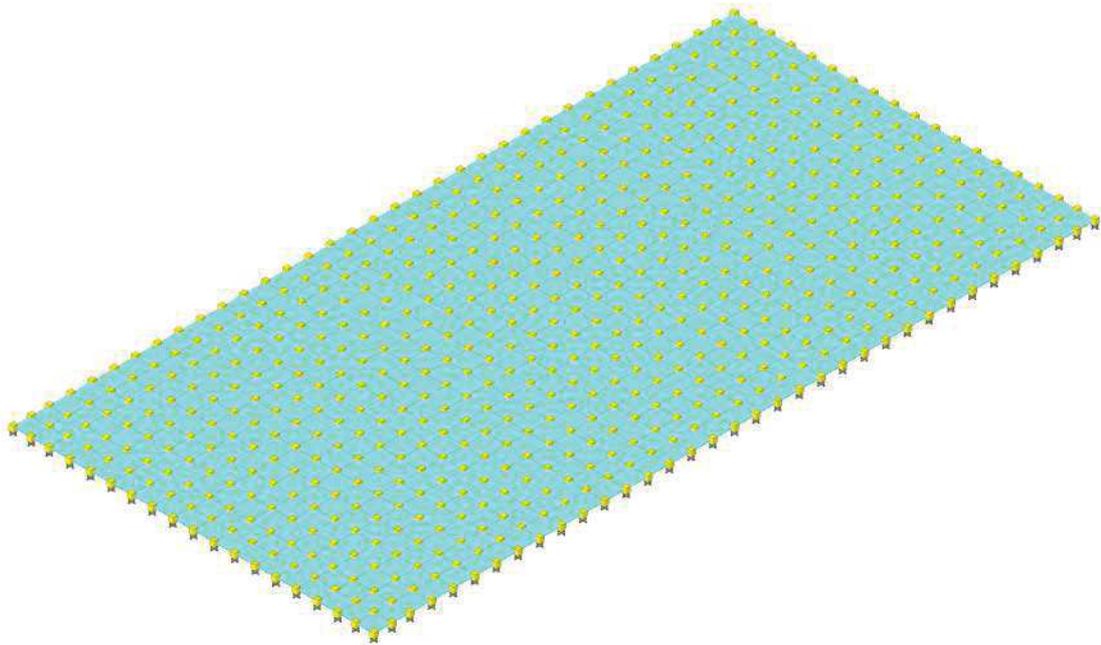
Il metodo utilizzato per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione e delle deformazioni per i vari elementi strutturali prevede un approccio preliminare basato sulla modellazione della struttura attraverso un processo di discretizzazione agli elementi finiti con riferimento ad un modello elastico.

Il modello utilizzato nell'analisi strutturale è di tipo spaziale, elaborato mediante il software SISMICAD in grado di implementare una struttura tridimensionale.

Gli elementi strutturali sono stati schematizzati mediante l'utilizzo di elementi di tipo "shell" per riprodurre il comportamento delle membrature aventi due dimensioni predominanti rispetto all'altra (Piastrre, Solette). Tutte le entità modellate presentano caratteristiche meccaniche in accordo con le proprietà dei materiali e delle sezioni che li rappresentano.

Il calcolo della portanza (verticale e laterale) è stato redatto mediante l'inserimento di apposita stratigrafia di progetto.

Si riportano nel seguito alcune immagini illustrative del modello di calcolo dell'edificio:



8-1 Vista assonometrica modello agli elementi finiti

### 8.3 PREFERENZE DI ANALISI

Metodo di analisi	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vn	50
Classe d'uso	III
Vr	75
Tipo di analisi	Lineare statica
Località	Pesaro E Urbino, Mercatello Sul Metauro, Montedale;
Latitudine ED50 43.6118° (43° 36' 42");	Longitudine ED50 12.2935° (12° 17' 37");
Categoria del suolo	B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti
Categoria topografica	T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Ss orizzontale SLO	1.2

Tb orizzontale SLO	0.13	[s]
Tc orizzontale SLO	0.389	[s]
Td orizzontale SLO	1.929	[s]
Ss orizzontale SLD	1.2	
Tb orizzontale SLD	0.133	[s]
Tc orizzontale SLD	0.398	[s]
Td orizzontale SLD	2.019	[s]
Ss orizzontale SLV	1.16	
Tb orizzontale SLV	0.144	[s]
Tc orizzontale SLV	0.433	[s]
Td orizzontale SLV	2.61	[s]
Ss verticale	1	
Tb verticale	0.05	[s]
Tc verticale	0.15	[s]
Td verticale	1	[s]
St	1	
PVr SLO (%)	81	
Tr SLO	45.16	
Ag/g SLO	0.0823	
Fo SLO	2.388	
Tc* SLO	0.273	
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	75.43	
Ag/g SLD	0.1047	
Fo SLD	2.362	
Tc* SLD	0.28	
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	711.84	
Ag/g SLV	0.2526	
Fo SLV	2.394	
Tc* SLV	0.312	
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	Non dissipativa	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[m]
Regolarità in pianta	Si	
Regolarità in elevazione	Si	
Edificio C.A.	Si	
Edificio esistente	No	
T1,x	0.2	[s]
T1,y	0.2	[s]

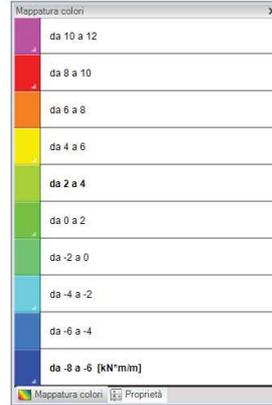
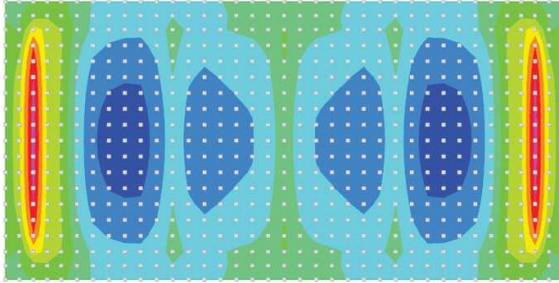
$\lambda_{SLO,x}$	1
$\lambda_{SLO,y}$	1
$\lambda_{SLD,x}$	1
$\lambda_{SLD,y}$	1
$\lambda_{SLV,x}$	1
$\lambda_{SLV,y}$	1
Limite spostamenti interpiano	0.0033
Fattore di comportamento per sisma SLD X	
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	
Fattore di comportamento per sisma SLV X	
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	

#### Normativa di verifica C.A.

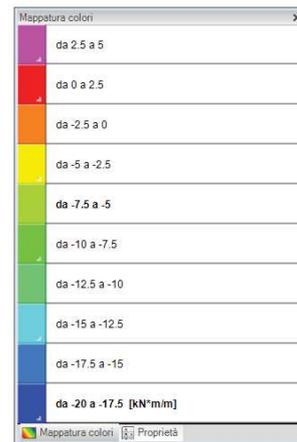
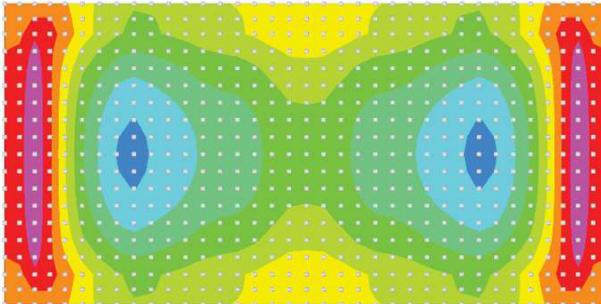
Coefficiente di omogeneizzazione	15
$\gamma_s$ (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15
$\gamma_c$ (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5
Limite $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione rara	0.6
Limite $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione quasi permanente	0.45
Limite $\sigma_s/f_{yk}$ in combinazione rara	0.8
Coefficiente di riduzione della $\tau$ per cattiva aderenza	0.7
Dimensione limite fessure $w_1$ §4.1.2.2.4	0.02 [cm]
Dimensione limite fessure $w_2$ §4.1.2.2.4	0.03 [cm]
Dimensione limite fessure $w_3$ §4.1.2.2.4	0.04 [cm]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore $q$	No
Copriferro secondo EC2	No

## 9.SOLLECITAZIONI PIASTRA DI FONDAZIONE

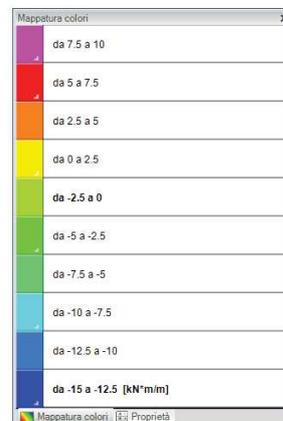
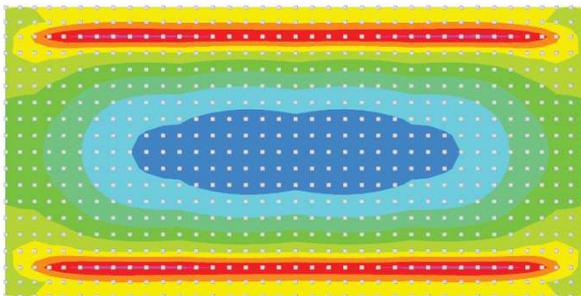
Involuppo sollecitazioni Massime Mxx SLU-SLV



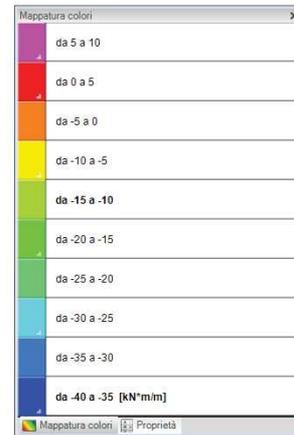
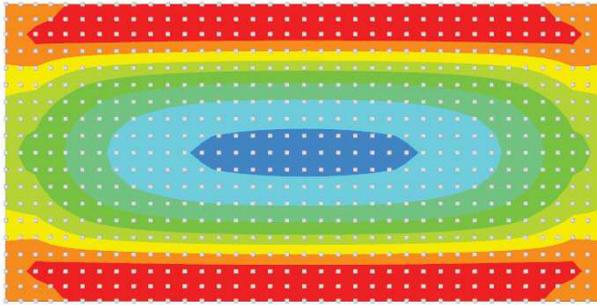
Involuppo sollecitazioni Minime Mxx SLU-SLV



Involuppo sollecitazioni Massime Myy SLU-SLV



Involuppo sollecitazioni Minime Myy SLU-SLV



## 10.VERIFICHE PIASTRA

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C\_2 Fyk 450000

Calcestruzzo: C25/30 Rck 30000

Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (14.016; -23.738; 0), direzione dell'asse X = (0.01; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 0.01; 0).

Le direzioni X/Y di armatura e le sezioni X/Y di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

Verifiche nei nodi

Verifiche SLU flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
353	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLU 43	-31.3979	0	-56.5063	0	1.7997	Si
352	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLU 43	-31.3784	0	-56.5063	0	1.8008	Si
354	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLU 43	-31.3784	0	-56.5063	0	1.8008	Si
351	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLU 43	-31.3178	0	-56.5063	0	1.8043	Si
355	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLU 43	-31.3178	0	-56.5063	0	1.8043	Si

Verifiche SLD Resistenza flessione nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
351	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLD 1	-16.6901	0	-50.976	0	3.0543	Si
355	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLD 1	-16.6901	0	-50.976	0	3.0543	Si
352	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLD 1	-16.6678	0	-50.976	0	3.0583	Si
354	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLD 1	-16.6678	0	-50.976	0	3.0583	Si
350	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLD 1	-16.6639	0	-50.976	0	3.0591	Si

Verifiche SLU taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsc	Vrcc	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
94	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLU 43	-41.27	0	114.44	114.44	0	551.75	2.5	0.0005655	2.7726	Si
575	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLU 43	41.27	0	114.44	114.44	0	551.75	2.5	0.0005655	2.7726	Si
612	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLU 43	41.27	0	114.44	114.44	0	551.75	2.5	0.0005655	2.7726	Si
131	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLU 43	-41.27	0	114.44	114.44	0	551.75	2.5	0.0005655	2.7726	Si
130	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLU 43	-41.27	0	114.44	114.44	0	551.75	2.5	0.0005655	2.773	Si

Verifiche SLD Resistenza taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsc	Vrcc	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
615	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLD 1	22.97	0	152.2	152.2	0	551.75	2.5	0.0005655	6.6258	Si
91	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLD 1	-22.97	0	152.2	152.2	0	551.75	2.5	0.0005655	6.6258	Si
128	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLD 1	-22.97	0	152.2	152.2	0	551.75	2.5	0.0005655	6.6258	Si
578	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLD 1	22.97	0	152.2	152.2	0	551.75	2.5	0.0005655	6.6258	Si
134	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	0	0	SLD 1	-22.97	0	152.2	152.2	0	551.75	2.5	0.0005655	6.6258	Si

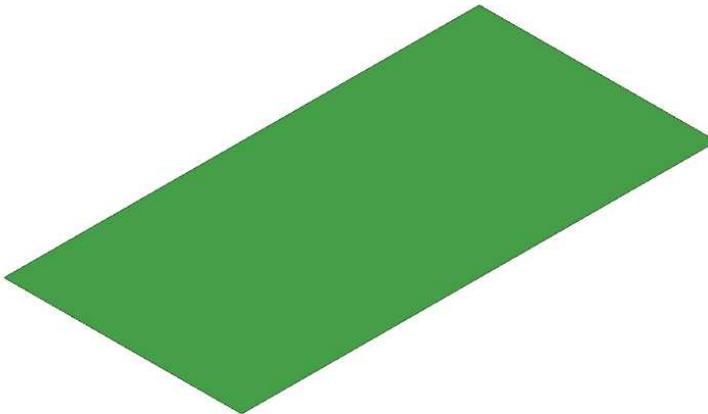
Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σc	σlim	Es/Ec	Verifica
353	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE QP 1	-18.2075	0	-1126	11205	15	Si
354	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE QP 1	-18.1962	0	-1125	11205	15	Si
352	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE QP 1	-18.1962	0	-1125	11205	15	Si
355	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE QP 1	-18.1611	0	-1123	11205	15	Si
351	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE QP 1	-18.1611	0	-1123	11205	15	Si

Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	σf	σlim	Es/Ec	Verifica
353	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE RA 4	-20.9351	0	13200	360000	15	Si
352	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE RA 4	-20.9221	0	13192	360000	15	Si
354	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE RA 4	-20.9221	0	13192	360000	15	Si
355	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE RA 4	-20.8817	0	13167	360000	15	Si
351	X	1	0.3	0.000565	0.048	0.000565	0.048	SLE RA 4	-20.8817	0	13167	360000	15	Si

Sicurezza minima

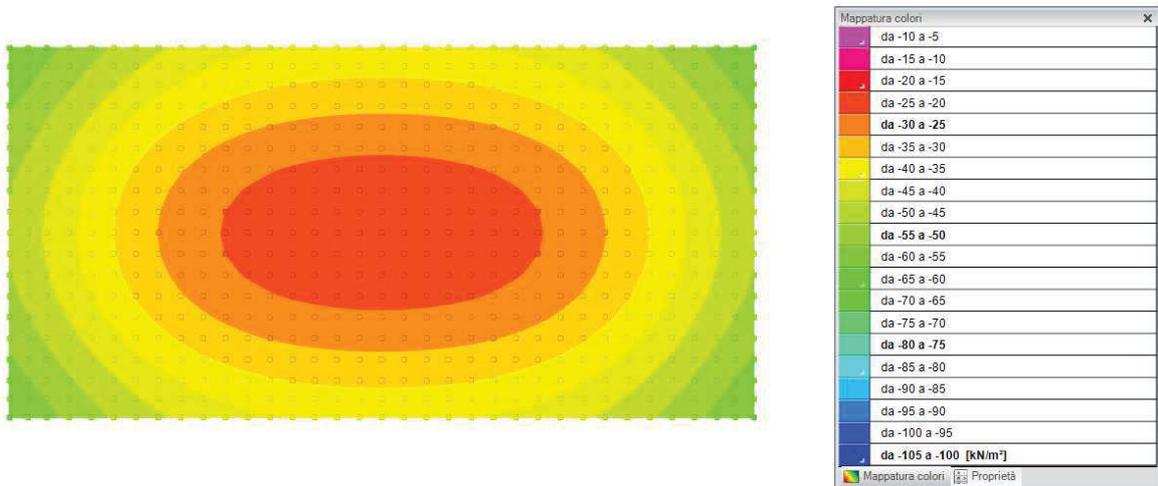


da 1.9 a 2
da 1.8 a 1.9
da 1.7 a 1.8
da 1.6 a 1.7
da 1.5 a 1.6
da 1.4 a 1.5
da 1.3 a 1.4
da 1.2 a 1.3
da 1.1 a 1.2
da 1 a 1.1
da 0.9 a 1
da 0.8 a 0.9
da 0.7 a 0.8
da 0.6 a 0.7
da 0.5 a 0.6
da 0.4 a 0.5
da 0.3 a 0.4
da 0.2 a 0.3
da 0.1 a 0.2
da 0 a 0.1

## 11.VERIFICHE GEOTECNICHE

Si riporta di seguito la mappa delle pressioni sul terreno. A seguire viene esplicitata la verifica geotecnica della piastra di fondazione per le combinazioni di calcolo più severe.

SLU-SLV:



Le verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2:

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le verifiche strutturali delle fondazioni in combinazioni sismiche sono state condotte in campo sostanzialmente elastico.

### Verifiche geotecniche

Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 19; -21.2; -0.3

Lato minore B dell'impronta: 5

Lato maggiore L dell'impronta: 10

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 50

Verifica di scorrimento sul piano di posa

Coefficiente di sicurezza minimo per scorrimento 3.88

Comb.	Fh	Fv	Cnd	Ad	Phi	RPI	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verific
SLU 1	0	-1207	LT	0	23	0	1.1	465.76	0	99999	Si
SLV 5	160	-1607	LT	0	23	0	1.1	620.12	160	3.88	Si

### Verifica di capacità portante sul piano di posa

Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 118.74

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	ys	Qs	Amax	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verific
----	-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---	-----	----	----	------	----	----	----	-------	---------

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	ys	Qs	Amax	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Veri
1	SLU 47	0	0	-2641.5	0	0	0	0	5	10	LT	200	35	19.5	0	0	2.3	313640.23	-2641.5	118.74	S
2	SLV 5	0	-160	-1607	24	0	0	0.01	4.97	10	LT	200	35	19.5	0	0.09	2.3	296106.94	-1607	184.26	S
3	SLD 1	0	0	-1607	0	0	0	0	5	10	LT	200	35	19.5	0	0.04	2.3	309565.65	-1607	192.64	S

Verifiche geotecniche di capacità portante - fattori utilizzati nel calcolo di Rd

ID	N			S			D			I			B			G			P			E		
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	Ic	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	
1	33	46	48	1.35	1.36	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	33	46	48	1.35	1.36	0.8	1	1	1	0.98	0.98	0.97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.95	0.97
3	33	46	48	1.35	1.36	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.98	0.99

Significato dei simboli utilizzati:

**Nodo:** indice del nodo di verifica

**Dir.:** direzione della sezione di verifica

**B:** base della sezione rettangolare di verifica [m]

**H:** altezza della sezione rettangolare di verifica [m]

**A. sup.:** area barre armatura superiori [m<sup>2</sup>]

**C. sup.:** distanza media delle barre superiori dal bordo superiore della sezione [m]

**A. inf.:** area barre armatura inferiori [m<sup>2</sup>]

**C. inf.:** distanza media delle barre inferiori dal bordo inferiore della sezione [m]

**Comb.:** combinazione di verifica

**M:** momento flettente [kN\*m]

**N:** sforzo normale [kN]

**Mu:** momento flettente ultimo [kN\*m]

**Nu:** sforzo normale ultimo [kN]

**c.s.:** coefficiente di sicurezza

**Verifica:** stato di verifica

**A. st.:** area staffe su interasse [m]

**A. sag.:** area sagomati su interasse [m]

**Ved:** taglio agente [kN]

**Vrd:** taglio resistente [kN]

**Vrdc:** resistenza di calcolo a taglio per elementi privi di armature trasversali [kN]

**Vrds:** resistenza di calcolo a taglio trazione [kN]

**Vrsc:** resistenza di calcolo a taglio compressione [kN]

**cotgθ:** cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento

**Asl:** area longitudinale tesa nella combinazione di verifica di Ved [m<sup>2</sup>]

**σc:** tensione nel calcestruzzo [kN/m<sup>2</sup>]

**σlim:** tensione limite [kN/m<sup>2</sup>]

**Es/Ec:** coefficiente di omogenizzazione

**σf:** tensione nell'acciaio d'armatura [kN/m<sup>2</sup>]

**Comb.:** combinazione

**Fh:** componente orizzontale del carico [kN]

**Fv:** componente verticale del carico [kN]

**Cnd:** resistenza valutata a breve o lungo termine (BT - LT)

**Ad:** adesione di progetto [kN/m<sup>2</sup>]

**Phi:** angolo di attrito di progetto [deg]

**RPI:** resistenza passiva laterale unitaria di progetto [kN/m<sup>2</sup>]

**yR:** coefficiente parziale sulla resistenza di progetto

**Rd:** resistenza alla traslazione di progetto [kN]

**Ed:** azione di progetto [kN]

**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza allo scorrimento

**ID:** indice della verifica di capacità portante

**Fx:** componente lungo x del carico [kN]

**Fy:** componente lungo y del carico [kN]

**Fz:** componente verticale del carico [kN]

**Mx:** componente lungo x del momento [kN\*m]

**My:** componente lungo y del momento [kN\*m]

**ex:** eccentricità del carico in x [m]

**ey:** eccentricità del carico in y [m]

**B':** larghezza efficace [m]

**L':** lunghezza efficace [m]

**C:** coesione di progetto [kN/m<sup>2</sup>]

**ys:** peso specifico del terreno di progetto [kN/m<sup>3</sup>]

**Qs:** sovraccarico laterale da piano di posa [kN/m<sup>2</sup>]

**Amax:** accelerazione normalizzata massima attesa al suolo

**Rd:** resistenza alla rottura del complesso di progetto [kN]

**Ed:** azione di progetto (sforzo normale al piano di posa) [kN]

**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza alla capacità portante

**N:**

**Nq:** fattore di capacità portante per il termine di sovraccarico

**Nc:** fattore di capacità portante per il termine coesivo

**Ng:** fattore di capacità portante per il termine attritivo

**S:**

**Sq:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine di sovraccarico

**Sc:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine coesivo

**Sg:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine attritivo

**D:**

**Dq:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine di sovraccarico

**Dc:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine coesivo

**Dg:** fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine attritivo

**I:**

**Iq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine di sovraccarico

**Ic:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine coesivo

**Ig:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine attritivo

**B:**

**Bq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine di sovraccarico

**Bc:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine coesivo

**Bg:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine attritivo

**G:**

**Gq:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine di sovraccarico

**Gc:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine coesivo

**Gg:** fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine attritivo

**P:**

**Pq:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine di sovraccarico

**Pc:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine coesivo

**Pg:** fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine attritivo

**E:**

**Eq:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine di sovraccarico

**Ec:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine coesivo

**Eg:** fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine attritivo

## 12.CONCLUSIONI

I calcoli sono stati redatti in conformità alla norme vigenti. L'esito delle verifiche strutturali e geotecniche è positivo.

## 13.DICHIARAZIONE SECONDO NTC 2018 CAP 10.2

I calcoli sono stati redatti con il codice di calcolo FEM Sismicad della Concrete s.r.l, Via della Pieve, 19 - 35121 Padova, che certifica l'affidabilità dei risultati. ( Si riporta in appendice un estratto del Manuale di validazione del software).

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica con spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	Sismicad
Versione	12.7
Produttore	Concrete s.r.l

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice ha verificato l'affidabilità del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, lo scrivente progettista ritiene l'elaborazione corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.