




Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato denominato “Pontedera” di potenza pari a 43,2 MWp nel Comune di Pontedera (PI) e opere connesse alla RTN ricadenti nel Comune di Ponsacco (PI)

**Relazione di calcolo e sismiche delle strutture
Progetto definitivo**

02/10/2024	00	Emissione per autorizzazione	F. Nencetti	G. D’Amico/ L. Marabeti/ O. Retini	F. Boni Castagnetti
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 			ID Documento Appaltatore -		

Sommario

1	Premessa.....	3
1.1	Generalità.....	3
1.2	Descrizione del progetto	3
1.3	Parametri di calcolo	10
1.3.1	Parametri delle strutture	10
1.3.2	Azioni di neve e vento	10
1.3.3	Azione sismica	14
1.3.4	Calcolo fattore di comportamento.....	16
1.4	Parametri geotecnici: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo del terreno	21
1.4.1	Parametri geotecnici caratteristici	21
1.4.2	Combinazione di calcolo.....	22
1.4.3	Parametri geotecnici di progetto	23
1.4.4	Modellazione del terreno	23
1.5	Manufatto 1 – struttura portamoduli	24
	posizione “A” con moduli paralleli al terreno	24
1.5.1	Modellazione.....	24
1.5.2	Reazioni vincolari al piede della struttura.....	25
1.5.3	Verifica lunghezza di infissione palo.....	26
1.6	Manufatto 1 – struttura portamoduli	29
	posizione “B” con moduli inclinati rispetto al terreno.....	29
1.6.1	Modellazione.....	29
1.6.2	Reazioni vincolari al piede della struttura.....	30
1.6.3	Verifica lunghezza di infissione palo.....	31
1.6.4	Verifica a ribaltamento del palo.....	34
1.7	Manufatto 2 – cabina di campo tipico 1	36
1.7.1	Modellazione.....	37
1.7.2	Casi di carico.....	38
1.7.3	Combinazioni di carico	39
1.7.4	Sintesi delle verifiche geotecniche.....	41
1.7.5	Sintesi grafica dei risultati.....	44
1.8	Conclusioni	47

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 3 / 47
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

1.1 Generalità

La presente relazione di calcolo e sismica preliminare, riguarda gli aspetti geotecnici dell'area di progetto e delle fondazioni dei manufatti civili da installare durante la realizzazione del nuovo impianto nell'ambito del "Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato denominato "Pontedera" di potenza pari a 43,2 MWp nel Comune di Pontedera (PI) e opere connesse alla RTN ricadenti nel Comune di Ponsacco (PI)", che la Società Iren Green Generation Tech s.r.l. (da qui anche indicata come IGGT s.r.l.) prevede di realizzare nel territorio dei Comuni di Pontedera e Ponsacco, Provincia di Pisa, Regione Toscana.

I contenuti della presente relazione dovranno essere rivalutati in fase di progettazione esecutiva.

1.2 Descrizione del progetto

L'impianto Agrivoltaico occupa una superficie complessiva di circa 63 ha ed è costituito da 65.640 pannelli fotovoltaici, dei quali 12.288 da 650 W e 53.352 da 660 W, montati su strutture ad inseguimento di tipo monoassiale.

Nell'area di impianto saranno installati inverter distribuiti di stringa di potenza nominale pari a 330 kVA che consentiranno la trasformazione della corrente continua a quella alternata. Le linee elettriche in corrente alternata uscenti dagli inverter saranno convogliate in 14 cabine di trasformazione ("Conversion Unit" o CU) BT/MT contenenti quadri BT, trasformatori BT/MT, quadri MT e apparecchiature elettriche ausiliare, le quali consentiranno la trasmissione della potenza generata dai moduli fotovoltaici al cabinato MT di raccolta mediante l'utilizzo di cavi in corrente alternata alla tensione di 30 kV.

Dal cabinato MT di raccolta si deriverà la linea in media tensione interrata, lunga circa 5 km, per la connessione alla Sottostazione Elettrica Utente (SSE) AT/MT che sarà realizzata in un'area in prossimità della Cabina Primaria (CP) di Ponsacco di e-distribuzione. La SSE eleverà la tensione da 30 kV a 132 kV mediante un trasformatore AT/MT.

Il collegamento alla Rete Trasmissione Nazionale (RTN) avverrà tramite l'utilizzo di un cavo in alta tensione 132 kV di lunghezza pari a circa 130 m che conetterà la SSE al nuovo stallo di arrivo linea che sarà realizzato all'interno della CP Ponsacco di e-distribuzione.

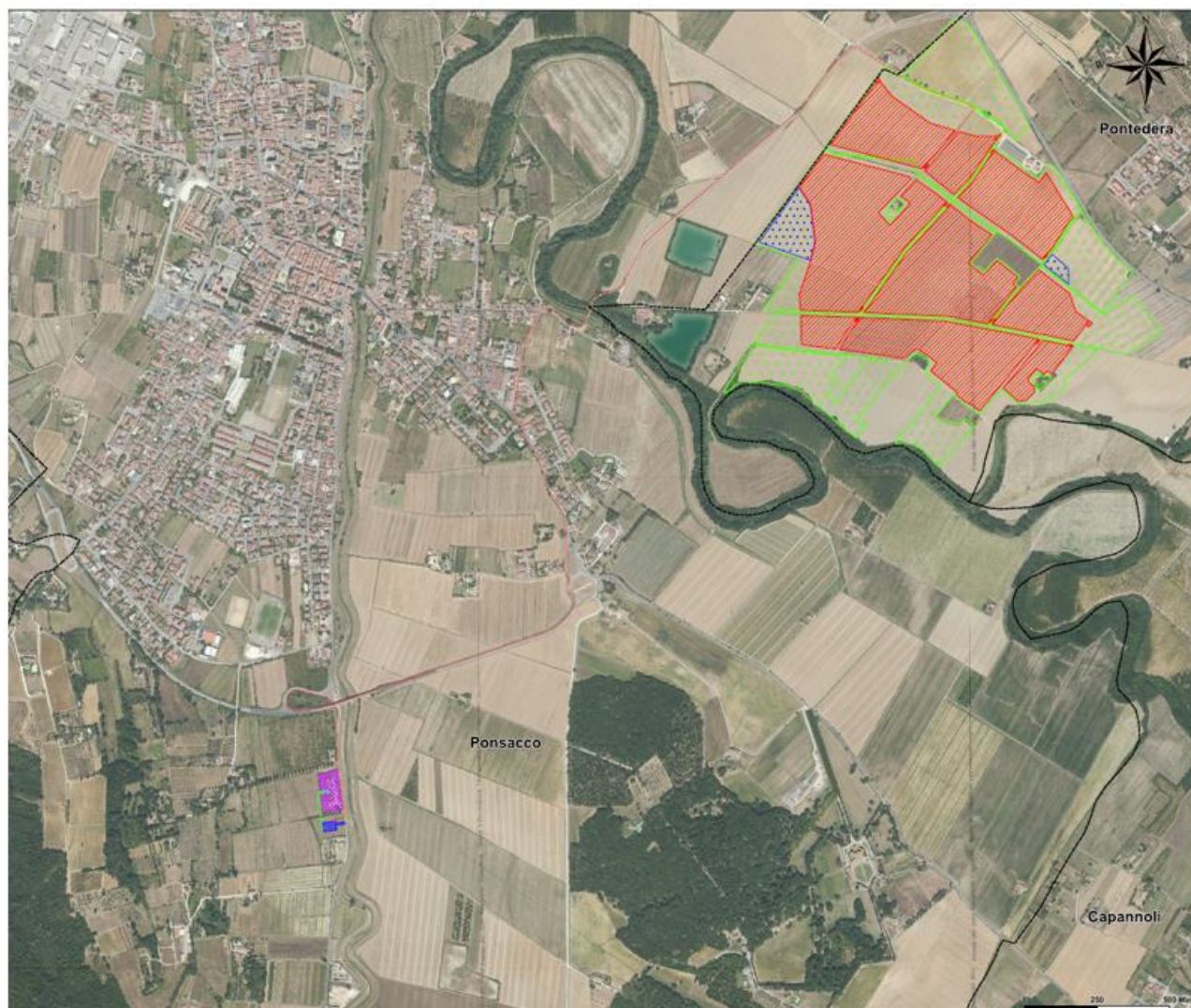
L'installazione dei moduli fotovoltaici sarà effettuata per mezzo di apposite strutture a "inseguimento solare" (c.d. "tracker" o "inseguitori"), monoassiali, fissate al terreno mediante pali infissi.

È previsto l'impiego di due tipologie di tracker: una da 24 moduli fotovoltaici e l'altra da 12.


In entrambe le tipologie i moduli saranno disposti in una fila in posizione "portrait". Questo tipo di strutture sono dotate di attuatori per la movimentazione.

Le fila dei tracker sono poste ad una distanza di 5,5 m in modo da limitare il fenomeno di ombreggiamento del fotovoltaico e da garantire il passaggio in sicurezza dei mezzi agricoli.

Figura 1.2a Caratteristiche geografiche del sito




LEGENDA


 Area nella disponibilità di IREN

Interventi in progetto


 Area impianto agrivoltaico

 Vasche di laminazione

Opere di connessione elettrica

 Cavo interrato MT 30 kV di collegamento tra l'impianto agrivoltaico e la nuova SSE

 Nuova SSE e relativa viabilità

 Cavo interrato AT 132 kV di collegamento tra la nuova SSE e la CP "Ponsacco" esistente

 Stallo AT

 CP "Ponsacco", esistente

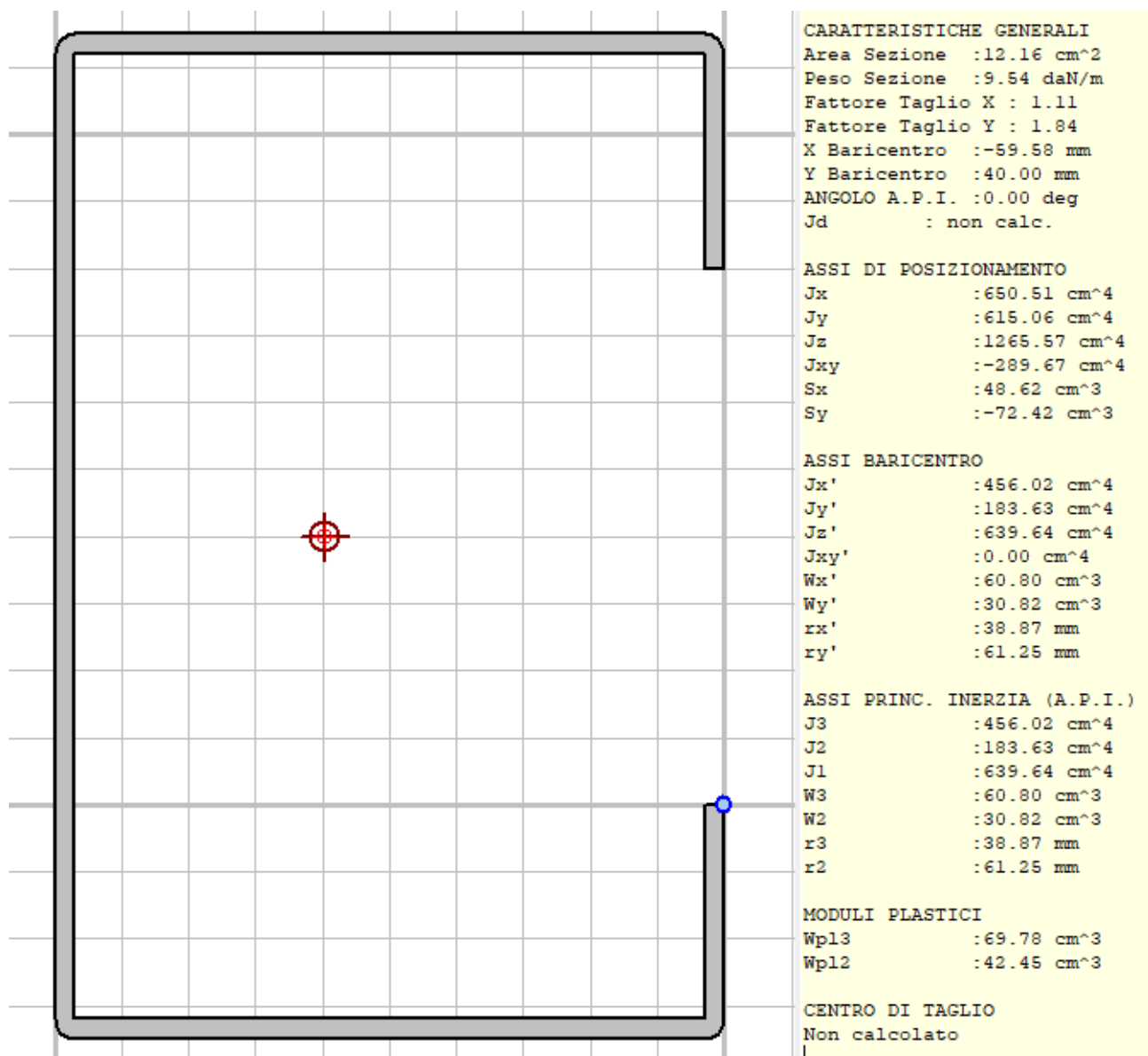
 Confini comunali

Le opere previste da progetto consistono in:

- **MANUFATTO 1 - STRUTTURE PORTAMODULI**

Strutture in acciaio, costituite da supporti verticali infissi nel terreno, realizzati in profilati metallici formati a freddo del tipo a C UNI EN 10219 150X100x35 sp. 3 mm, e profilati metallici rettangolari atti a sorreggere i pannelli fotovoltaici.

Figura 1.2b – caratteristiche geometriche e inerziali del profilato metallico costituente i supporti verticali



Tale struttura può essere regolata ed assumere due diverse posizioni, come si evince dalle immagini di seguito riportate.

Figura 1.2c - posizione "A"

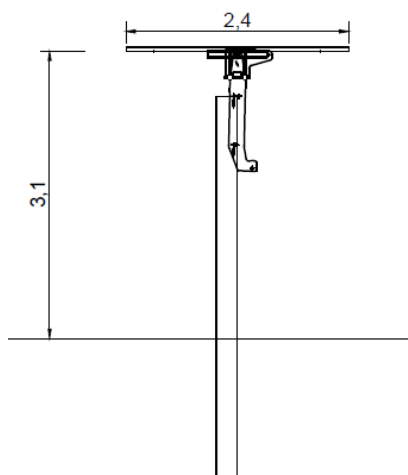
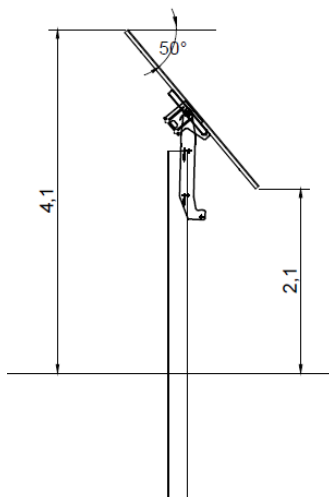


Figura 1.2d- posizione "B"



Nel progetto in esame le strutture portamoduli sono presenti in due configurazioni:

- Configurazione 12 moduli;
- Configurazione 24 moduli.

Le verifiche saranno condotte nella sola configurazione a 24 moduli, ritenuta più significativa dal punto di vista statico e sismico, ed estese alla configurazione da 12 moduli.

- **MANUFATTO 2 – CABINA DI TRASFORMAZIONE TIPICO 2**

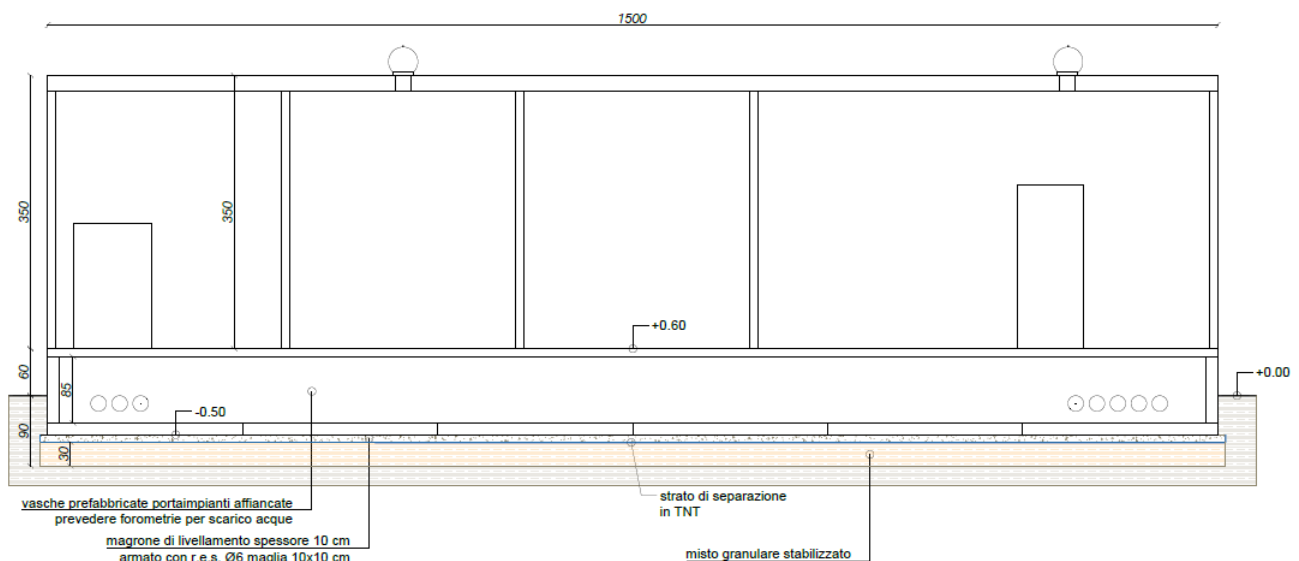
Il layout prevede l'installazione di 3 manufatti prefabbricati adibiti a cabina di trasformazione, con dimensioni in pianta di 15,00 x 5,00 x h4,10 m fuori terra.

Il manufatto, del tipo prefabbricato in c.a.v. monoblocco, è essenzialmente costituito da pannelli disposti nel piano verticale in due direzioni ortogonali e strutturalmente collegati tra sé in corrispondenza della giunzione verticale d'angolo e con la soletta di copertura. La soletta di copertura, di spessore adeguato, è opportunamente vincolata alle pareti sottostanti in modo da costituire un funzionamento a diaframma orizzontale ed una struttura tridimensionale scatolare nel suo comportamento d'insieme.

La fondazione del manufatto prefabbricato è costituita da una vasca di fondazione scatolare e prefabbricata idonea a realizzare un sottofondo (impiantistico) di circa 90 cm di intercapedine, e di mantenere il piano di calpestio interno alla cabina a quota +0,60 m dal p.d.c; tale vasca è costituita da una struttura prefabbricata sagomata in c.a. con spessore 15 cm.

Sotto la vasca di fondazione è prevista la realizzazione di un sottofondo di base in materiale arido e drenante, ben rullato e costipato, con soprastante cls magrone C12/15 debolmente armato per spessore minimo di 10 cm.

Figura 1.2e - Cabina di Trasformazione tipico 2



- MANUFATTO 3 – CABINA DI TRASFORMAZIONE TIPICO 1

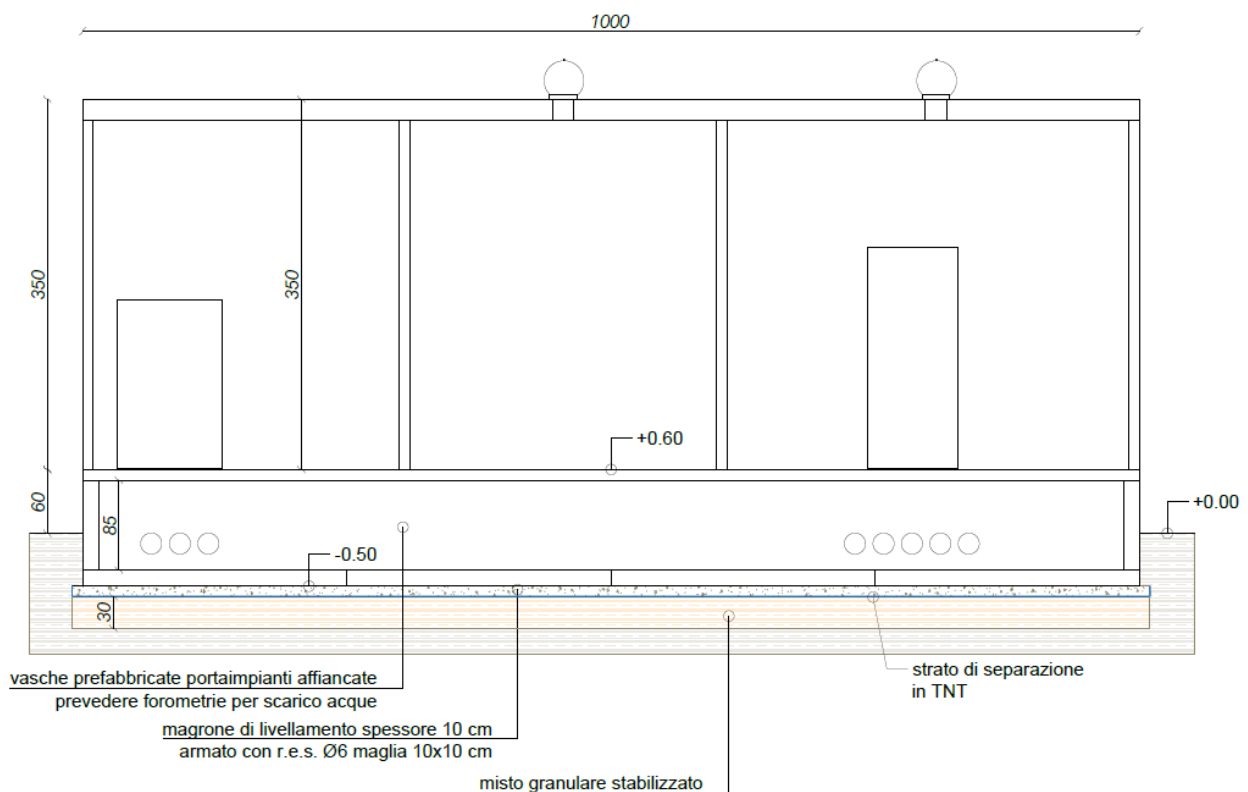
Il layout prevede l'installazione di 11 manufatti prefabbricati adibito a cabina di trasformazione, con dimensioni in pianta di 10,00 x 5,00 x h 4,10 m fuori terra.

Il manufatto, del tipo prefabbricato in c.a.v. monoblocco, è essenzialmente costituito da pannelli disposti nel piano verticale in due direzioni ortogonali e strutturalmente collegati tra sé in corrispondenza della giunzione verticale d'angolo e con la soletta di copertura. La soletta di copertura, di spessore adeguato, è opportunamente vincolata alle pareti sottostanti in modo da costituire un funzionamento a diaframma orizzontale ed una struttura tridimensionale scatolare nel suo comportamento d'insieme.

La fondazione del manufatto prefabbricato è costituita da una vasca di fondazione scatolare e prefabbricata idonea a realizzare un sottofondo (impiantistico) di circa 90 cm di intercapedine, e di mantenere il piano di calpestio interno alla cabina a quota +0,60 m dal p.d.c; tale vasca è costituita da una struttura prefabbricata sagomata in c.a. con spessore 15 cm.

Sotto la vasca di fondazione è prevista la realizzazione di un sottofondo di base in materiale arido e drenante, ben rullato e costipato, con soprastante cls magrone C12/15 debolmente armato per spessore minimo di 10 cm.

Figura 1.2f - Cabina di Trasformazione tipico 1



- MANUFATTO 4 – CABINA DI RACCOLTA

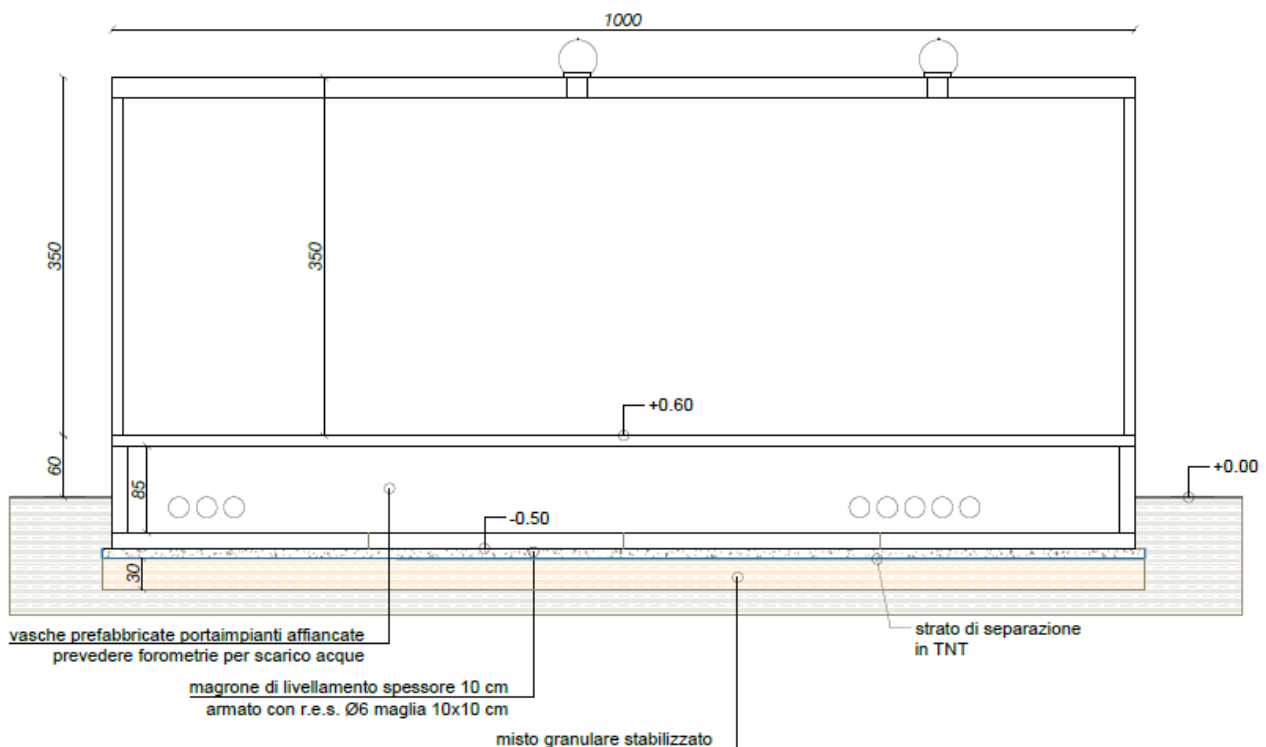
Il layout prevede l'installazione di 1 manufatto prefabbricato adibito a cabina di raccolta, con dimensioni in pianta di 10,00 x 5,00 x h 4,10m fuori terra.

Il manufatto, del tipo prefabbricato in c.a.v. monoblocco, è essenzialmente costituito da pannelli disposti nel piano verticale in due direzioni ortogonali e strutturalmente collegati tra sé in corrispondenza della giunzione verticale d'angolo e con la soletta di copertura. La soletta di copertura, di spessore adeguato, è opportunamente vincolata alle pareti sottostanti in modo da costituire un funzionamento a diaframma orizzontale ed una struttura tridimensionale scatolare nel suo comportamento d'insieme.


La fondazione del manufatto prefabbricato è costituita da una vasca di fondazione scatolare e prefabbricata idonea a realizzare un sottofondo (impiantistico) di circa 90 cm di intercapedine, e di mantenere il piano di calpestio interno alla cabina a quota +0,60 m dal p.d.c; tale vasca è costituita da una struttura prefabbricata sagomata in c.a. con spessore 15 cm.

Sotto la vasca di fondazione è prevista la realizzazione di un sottofondo di base in materiale arido e drenante, ben rullato e costipato, è soprastante cls magrone C12/15 debolmente armato per spessore minimo di 10 cm.

Figura 1.2g - Cabina di raccolta



Anche in questo caso le verifiche saranno condotte al solo manufatto 2, cabina di campo tipico 2, ed estese ai manufatti 3 e 4, che risultano di dimensioni più contenute.

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 10 / 47
		Numero Revisione
		00

1.3 Parametri di calcolo

1.3.1 Parametri delle strutture

Per tutte le strutture oggetto della presente si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
IV	50.0	2.0	100.0

1.3.2 Azioni di neve e vento

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

1.3.2.1 Ubicazione:

Nome impianto	Comune	Provincia	Coordinate UTM32-WGS84	Altitudine media (m s.l.m.)
Pontedera	Pontedera	Pisa	43°37'21.2"N 10°39'33.7"E	26


1.3.2.2 Neve

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

- Zona: macroarea derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;
- Esp.: zona topografica di esposizione al vento;
- Ce: coefficiente di esposizione al vento;
- TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;
- as: altitudine del sito;
- qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 100 anni);
- qsn: carico della neve al suolo riferito ad un periodo di ritorno di n anni

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk	qsk
I Mediterranea	Zona normale	1,00	100 anni	26 m	60,00	67,67

- **STRUTTURA PORTAMODULI IN POSIZIONE A – CABINE DI RACCOLTA E DI CAMPO**
 - Copertura ad una falda:
 - Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$
 - Copertura piana W = 2.4 m, L = 28.0 m => Lc = 4.7, Cef = 1.000
 - $\mu_1 = 0,80 \Rightarrow q_1 = 54 \text{ daN/mq}$
- **STRUTTURA PORTAMODULI IN POSIZIONE B**
 - Copertura ad una falda:
 - Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 50^\circ$
 - Copertura piana W = 2.4 m, L = 28 m => Lc = 4.7, Cef = 1.000
 - $\mu_1 = 0,13 \Rightarrow q_1 = 9 \text{ daN/mq}$

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 11 / 47
		Numero Revisione
		00

1.3.2.3 Vento

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

- Zona: macroarea derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);
 - Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);
 - a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);
 - ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);
 - as: altitudine del sito;
 - TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;
 - Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:
 - $Vb = Vb,0$ per $as \leq a0$
 - $Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1))$ per $a0 < as \leq 1500$ m
 - per $as > 1500$ m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate
- Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $as = 1500$ m
- Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR
 - Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
3	27 m/s	500 m	0,37	26 m	100 anni	27,00 m/s	1,063	28,69 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $qr = r Vr^2 / 2 = 51$ daN/mq

dove: r è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. II - Entroterra tra 10 e 40 km dalla costa

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,19	0,05 m	4 m

Classe di rugosità del terreno: D (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi...).

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

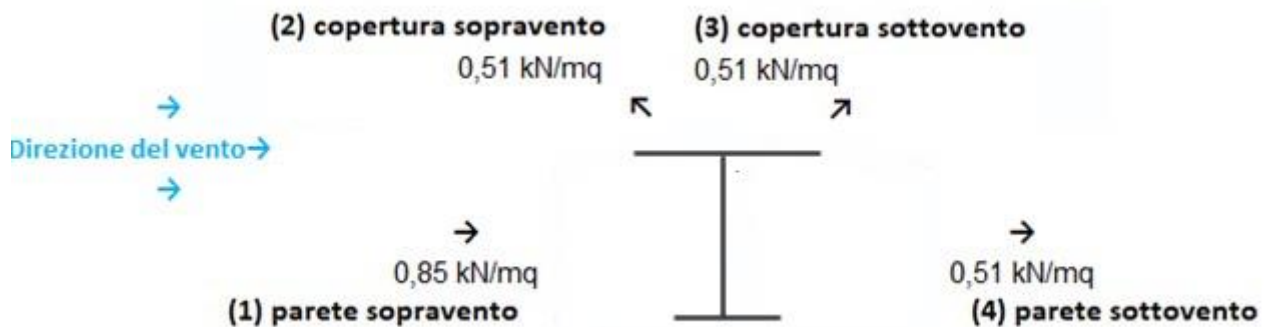
- Cp: coefficiente di pressione o di forma, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
- Cd: coefficiente dinamico;
- Ct: coefficiente di topografia;
- Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);
- z: altezza sul suolo.

Determinato per ciascuna faccia del manufatto il coefficiente di pressione o di forma mediante metodo tabellare, è pertanto possibile stabilire la pressione del vento agente tramite la seguente formula:

$$p = q_r C_e C_p C_d$$

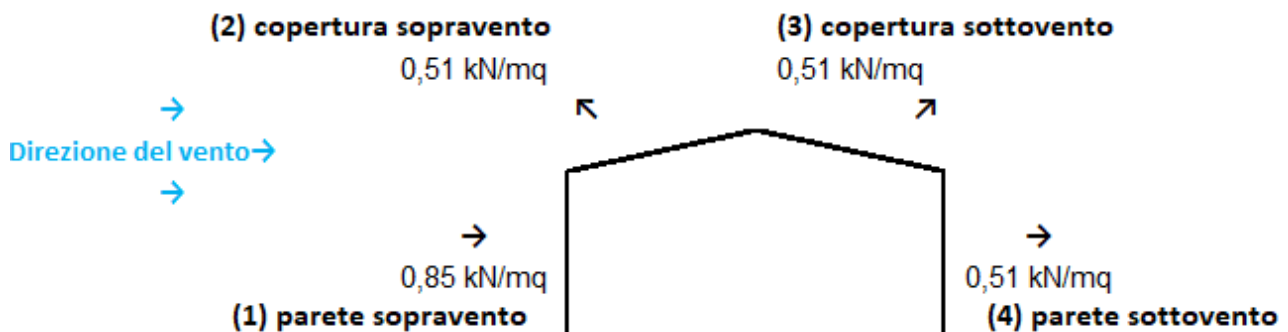
- STRUTTURA PORTAMODULI IN POSIZIONE A

	C _p	C _d	C _t	C _e	z
Parete sopravento	1,00	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Parete sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Copertura sopravento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Opertura sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m



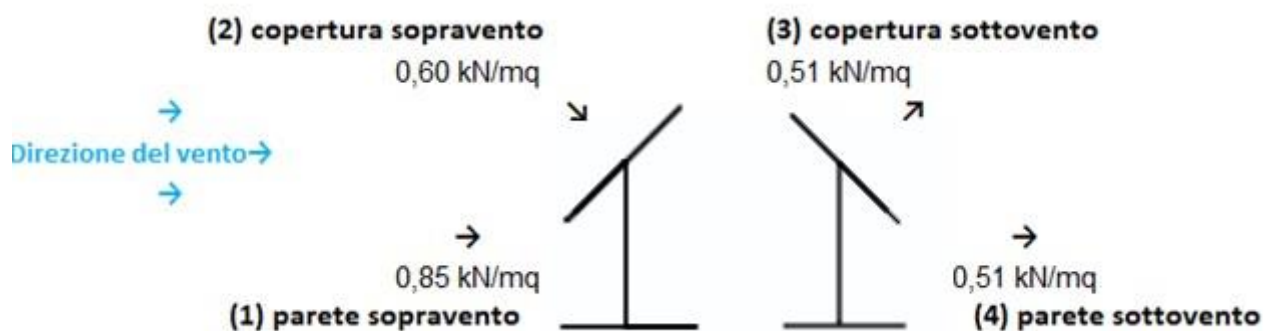
- CABINA DI TRASFORMAZIONE

	C _p	C _d	C _t	C _e	z
Parete sopravento	1,00	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Parete sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Copertura sopravento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Opertura sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m



- STRUTTURA PORTAMODULI IN POSIZIONE B

	Cp	Cd	Ct	Ce	z
Parete sopravento	1,00	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Parete sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Copertura sopravento	0,70	0,95	1,00	1,80	3,10 m
Opertura sottovento	0,60	0,95	1,00	1,80	3,10 m



1.3.3 Azione sismica

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

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

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

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

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

Dove per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D, E i coefficienti S_S e C_C vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella:

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

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

I valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella:

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località PONTEDERA (PI)
Comune di PONTEDERA (PI)
Regione TOSCANA
Longitudine 10.635, Latitudine 43.661 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o : 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;

Parametri della struttura						
Classe d'uso	Vita V_n	Coeff. Uso	Periodo V_r	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1	-

A favore di sicurezza il calcolo viene effettuato considerando una vita nominale dell'impianto di 100 anni, che comporta un periodo di ritorno dell'azione sismica di 200 anni.

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III. Rispetto all'analisi di terzo livello riportata nell'elaborato H060_FV_BCR_00066 si utilizzano gli spettri di risposta (tra NTC e analisi di terzo livello) maggiormente cautelativi in funzione del periodo di vibrazione della struttura oggetto di analisi.

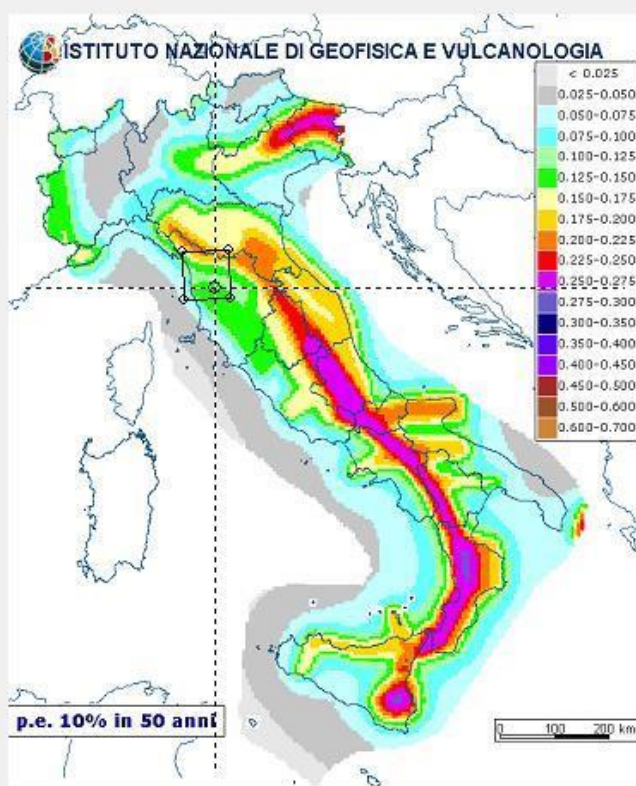
1.3.4 Calcolo fattore di comportamento

Principali caratteristiche della struttura	
Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	NO
Struttura regolare in altezza	NO
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Statica lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

Fattori di comportamento utilizzati SLU			
	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.00	1.00	1.00
q SLU y	1.00	1.00	1.00
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N
[con N = 1,2,3,4,5]

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
20493	10.588	43.649	4.126
20494	10.657	43.651	2.086
20272	10.655	43.701	4.607
20271	10.586	43.699	5.762

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine: Latitudine:

Applica la Risposta Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	120.43	0.0758	2.528	0.264
SLD	63	201.16	0.0925	2.521	0.272
SLV	10	1898.24	0.1954	2.507	0.291
SLC	5	2475	0.2112	2.514	0.294

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="100"/>

Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Classe d' uso

I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]

II edifici ordinari

III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Pericolosità e zonazione

agS per SLV:

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075

Strutture esistenti

LC1: conoscenza limitata

LC2: conoscenza adeguata

LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC:

Categoria di suolo di fondazione

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ...

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ...

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ...

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ...

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...

Categoria topografica

T1

T2 in sommità al pendio

T3 in cresta al rilievo con moderata

T4 in cresta al rilievo

quota relativa (%)

Spettri di progetto

Usa spettri esterni

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	<input type="text" value="0.076"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.528"/>	<input type="text" value="0.940"/>	<input type="text" value="0.143"/>	<input type="text" value="0.430"/>	<input type="text" value="1.903"/>
SLD	<input type="text" value="0.092"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.521"/>	<input type="text" value="1.035"/>	<input type="text" value="0.146"/>	<input type="text" value="0.439"/>	<input type="text" value="1.970"/>
SLV	<input type="text" value="0.195"/>	<input type="text" value="1.406"/>	<input type="text" value="2.507"/>	<input type="text" value="1.496"/>	<input type="text" value="0.153"/>	<input type="text" value="0.459"/>	<input type="text" value="2.382"/>
SLC	<input type="text" value="0.211"/>	<input type="text" value="1.381"/>	<input type="text" value="2.514"/>	<input type="text" value="1.560"/>	<input type="text" value="0.154"/>	<input type="text" value="0.462"/>	<input type="text" value="2.445"/>
Verticale per tutti:	<input type="text" value="1.000"/>				<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="0.150"/>	<input type="text" value="1.000"/>
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z	<input data-bbox="1002 1377 1082 1406" type="button" value="Aiuto..."/>
<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.5"/>	
<input data-bbox="331 1429 491 1458" type="button" value="Smorzamento..."/>					<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<= Esistenti v. fragili

Duttilità

ND - non dissipativa

B - media

A - alta

Regolarità

in pianta

in altezza

Edifici isolati

T is

s esi

Dati comuni per le analisi		Dati per analisi statica lineare e non lineare			
Quota spiccato [cm]	0.0	Altezza edificio [cm]	265.1	N. orizzontamenti	1
Contributo carichi in fondazione	<input type="checkbox"/>	Fatt. Lambda [0.85 - 1]	1.0	Calcola periodi T1	
Eccentricità aggiuntiva X:	5 Y: 5	Periodo T1 [primo modo]	6.685	dir. x-x	643036.36
Spost. relativo rapp. SLC/SLD	5 ex. muratura	Sd (T1) - SLU	0.017	dir. y-y	0.0
		Se (T1) - SLD	0.007	dir. z-z	0.039
		Rapp T1/TrZ	1.534		1.02
Dati per analisi dinamica		suggerito:			
N. modi	9	N. modi rigidi	0	Accelerazione uniforme [Fi=Fh]	<input type="checkbox"/> NO
				Eccentricità convenzionale con momenti Mz	<input type="checkbox"/> NO
				Usa spostamenti medi di piano per pushover	<input checked="" type="checkbox"/> SI

C.D.C. sismico Nodo cont. 0 (**)

C.D.C.

Analisi modale di riferimento Sfogli... Modo rifer. 0 (**)

Sisma	LC 1	LC 2	LC 3 [°]
LC U 6	1.00	1.00	0.80
LC U 7	1.00	1.00	0.80
LC U 8	1.00	1.00	0.80
LC U 9	1.00	1.00	0.80
LC D 10	1.00	1.00	0.80
LC D 11	1.00	1.00	0.80
LC D 12	1.00	1.00	0.80

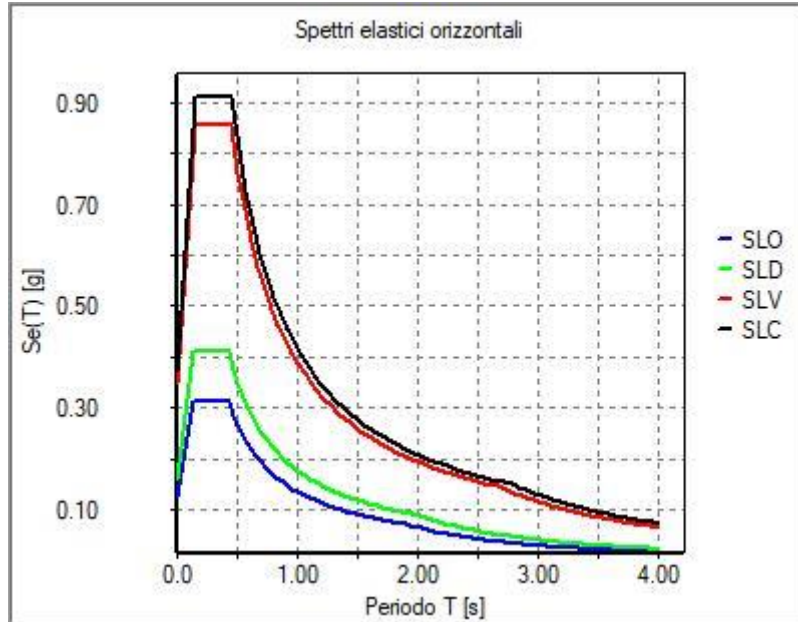
NOTA: (*) coefficienti per carichi variabili Q (**) 0 per default in pushover


cdc Qk : utilizzare psi 2

cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

Definizione masse automatica

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:



	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 21 / 47
		Numero Revisione
		00

1.4 Parametri geotecnici: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo del terreno

La finalità del presente paragrafo è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione dei manufatti e che a sua volta influenza il comportamento strutturale dei manufatti stessi. Sulla base dei risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché sulla base dell'interpretazione dei risultati ottenuti, si è proceduto a definire le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

La ricostruzione stratigrafica del sottosuolo è stata effettuata mediante l'esecuzione in sito di:

- N. 10 trincee esplorative
- n. 12 prove penetrometriche statiche CPT
- n. 3 prove penetrometriche statiche CPTU
- Analisi di laboratorio
- n. 4 prospezioni sismiche del tipo Masw.


Sulla base di quanto riportato nella relazione geologica allegata alla presente, redatta dal Dr. Bassetti Simone, è possibile condurre esclusivamente valutazioni in condizioni a breve termine (condizioni non drenate), rimandando le verifiche a lungo termine ad ulteriori approfondimenti in sede di progetto esecutivo.

1.4.1 Parametri geotecnici caratteristici

Saranno assunti i seguenti valori caratteristici per caratterizzare il suolo di fondazione, sulla base di quanto riportato nella relazione geologica allegata alla presente:

Tabella 1.4.1a – parametri geotecnici caratteristici

Identificativo Strato	Profondità	Litotipo	Coesione	Coesione non drenata	Angolo di resistenza al taglio	Peso di volume	Peso di volume
			C'	Cu	Φ' k	γ_k Naturale	γ_k secco
			Kg/cm ²	Kg/cm ²	°	t/m ³	t/m ³
A	0.00 0.40	Copertura agraria	-	-	-	-	-
B	0.40 20.00	Limo con argilla	0.09	2.35	20	19.50	16.00
B1	orizzonti sp. 50 cm in B	Sabbia limosa	0.00	0.00	28	20.00	15.00

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 22 / 47
		Numero Revisione
		00

1.4.2 Combinazione di calcolo

Il calcolo allo SLU GEO deve essere effettuato secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

Tabella 1.4.2a - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni


CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qk}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 1.4.2b - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
coesione efficace	$c'k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.0

Tabella 1.4.2c - Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 1.4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$
Ribaltamento			$\gamma_R = 1.15$
Resistenza del terreno a valle			$\gamma_R = 1.4$

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 23 / 47
		Numero Revisione
		00

1.4.3 Parametri geotecnici di progetto

Tabella 1.4.3a – parametri geotecnici di progetto

Identificativo Strato	Profondità	Litotipo	Coesione	Coesione non drenata	Angolo di resistenza al taglio	Peso di volume	Peso di volume
			Cd'	Cud	Φ' kd	γ kd Naturale	γ kd secco
			Kg/cm ²	Kg/cm ²	°	t/m ³	t/m ³
A	0.00 0.40	Copertura agraria	-	-	-	-	-
B	0.40 20.00	Limo con argilla	0.09	2.35	20	19.50	16.00
B1	orizzonti sp. 50 cm in B	Sabbia limosa	0.00	0.00	28	20.00	15.00

1.4.4 Modellazione del terreno

Sulla base delle sezioni riportate nella relazione geologica allegata, e delle considerazioni emerse dall'analisi della conformazione dei manufatti di progetto, sono stati effettuati i calcoli geotecnici che hanno consentito il dimensionamento e la verifica del sistema fondale.

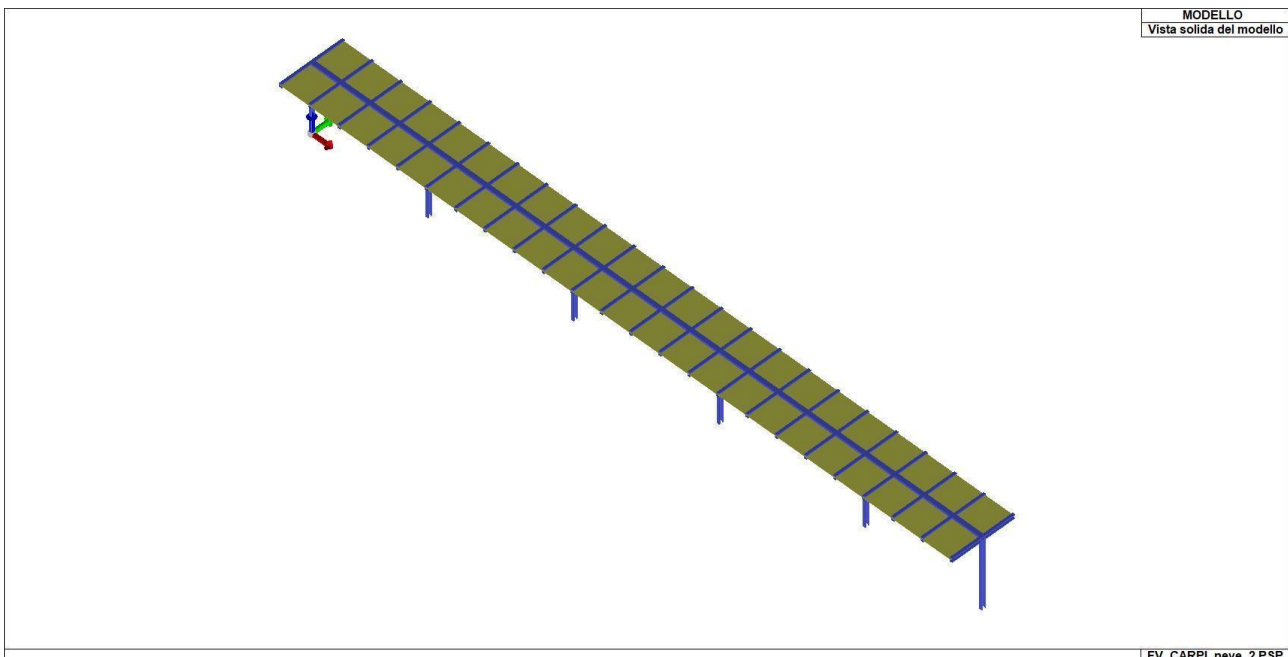
1.5 Manufatto 1 – struttura portamoduli

posizione “A” con moduli paralleli al terreno

Si precisa che in configurazione A, con pannelli ruotati a 0° , in posizione parallela al terreno, il manufatto è dotato di sistema automatizzato che, in caso di neve, ruota automaticamente i pannelli in posizione B.

Pertanto, in questa configurazione, in condizioni statiche, le verifiche vengono condotte escludendo come dimensionante la combinazione allo SLU con la neve quale azione variabile principale e considerando invece come dimensionante la combinazione allo SLU che prevede l'azione del vento quale azione variabile principale.

1.5.1 Modellazione



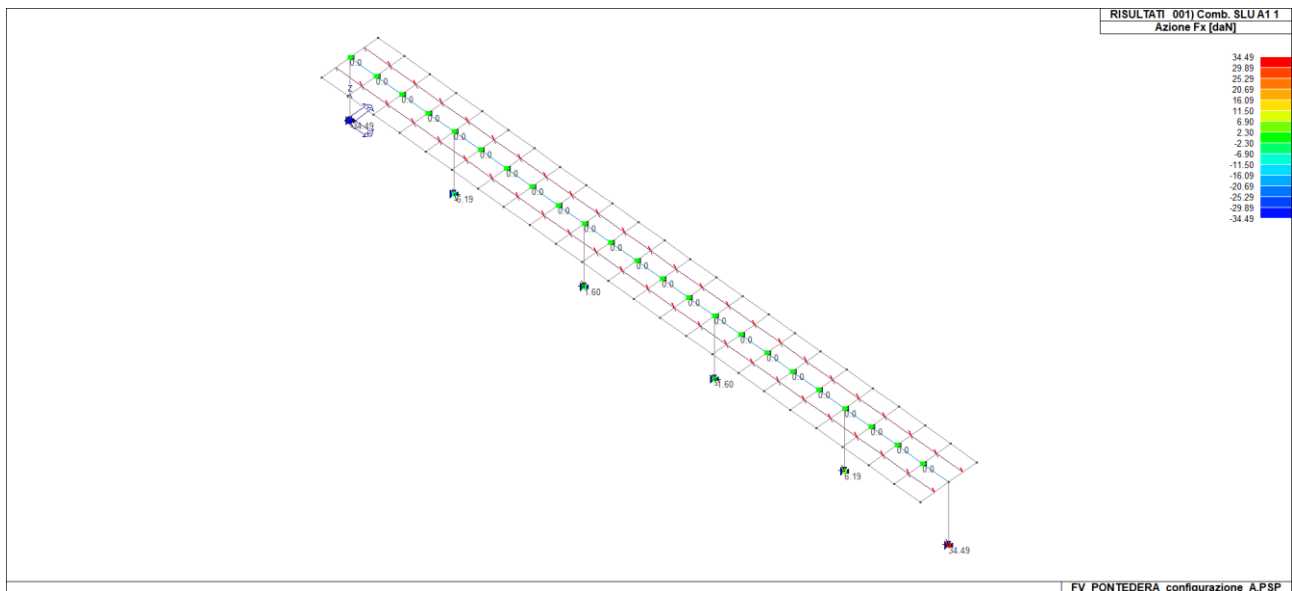
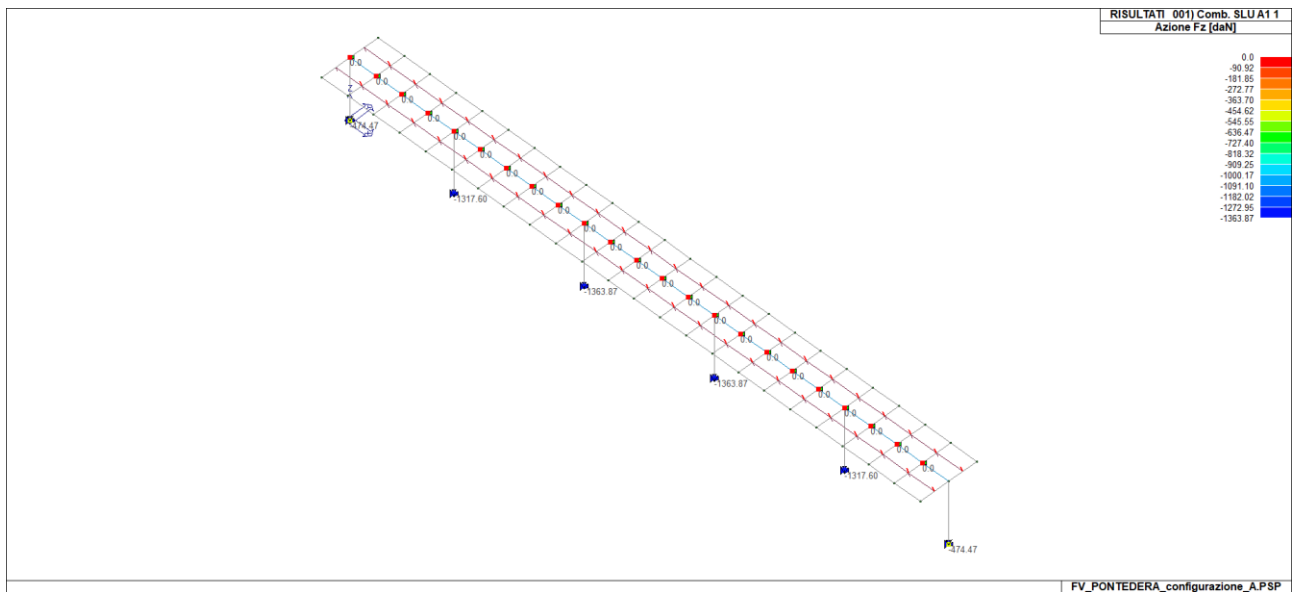
TABELLA_CASI_DI_CARICO ELEMENTARI

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Valore
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	automatico
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico) PANNELLI	-12,2 daN/mq
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico) NEVE	-54,0 daN/mq
4	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) spingente	-51,0 daN/mq
5	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) aspirazione	51,0 daN/mq
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	automatico
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	automatico
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	automatico
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	automatico
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	automatico
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	automatico
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	automatico
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	automatico

1.5.2 Reazioni vincolari al piede della struttura

Si riportano i valori massimi delle reazioni vincolari al piede della struttura, considerate per il dimensionamento del palo di fondazione:

COMBINAZIONE - SLU A1



1.5.3 Verifica lunghezza di infissione palo

Come desunto valore del carico massimo allo SLU in combinazione A1 M1 R3 sul palo compresso è pari a:

$$N_{\text{compr}} = -1364 \text{ daN.}$$

Secondo il D.M. 17.01.2018, il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo $R_{c,k}$, si ottiene a partire dal valore di calcolo R_d applicando i coefficienti parziali γ_R riportati precedentemente in tabella:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

e successivamente applicando i fattori di correlazione ξ

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Il valore della resistenza caratteristica del palo compresso può esprimersi perciò come:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{R_d}{\xi_3}, \frac{R_d}{\xi_4} \right\}$$

con:

$$R_d = \frac{P}{\gamma_b} + \frac{S}{\gamma_s} - W$$

Dove:

- P resistenza alla punta – trascurabile nel nostro caso
- S resistenza laterale del palo
- W peso proprio del palo

La resistenza laterale del palo sarà calcolata secondo la seguente formula:

$$S = \text{Perimetro profilato} \int_0^L (\alpha c_u) dz$$

Con α deducibile dalla seguente tabella

Tipo di palo	Valori di c_u (kPa)	Valori di α
Battuto	$c_u \leq 25$	1,0
	$25 < c_u < 70$	$1 - 0,011(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,5
Trivellato	$c_u \leq 25$	0,7
	$25 < c_u < 70$	$0,7 - 0,008(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,35

Nel nostro caso α assume il valore pari a 0,50.

Si conducono le verifiche per questa configurazione, ipotizzando una **lunghezza di infissione 2,00 m.**

	Lx [cm]	Cux / Ø [daN/cm2]	Sx [daN]	Wx [daN]
Perimetro profilato [cm] 81,7	40	0	0	-1,908
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
Peso profilato [daN/ml] 9,54	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
Carico di progetto [daN] 1364	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
				0
			Rd	26870,71
			e3	1,4
			g	1,15
			Rck	16689,88
				verificato
	lunghezza minima infissione		m	2

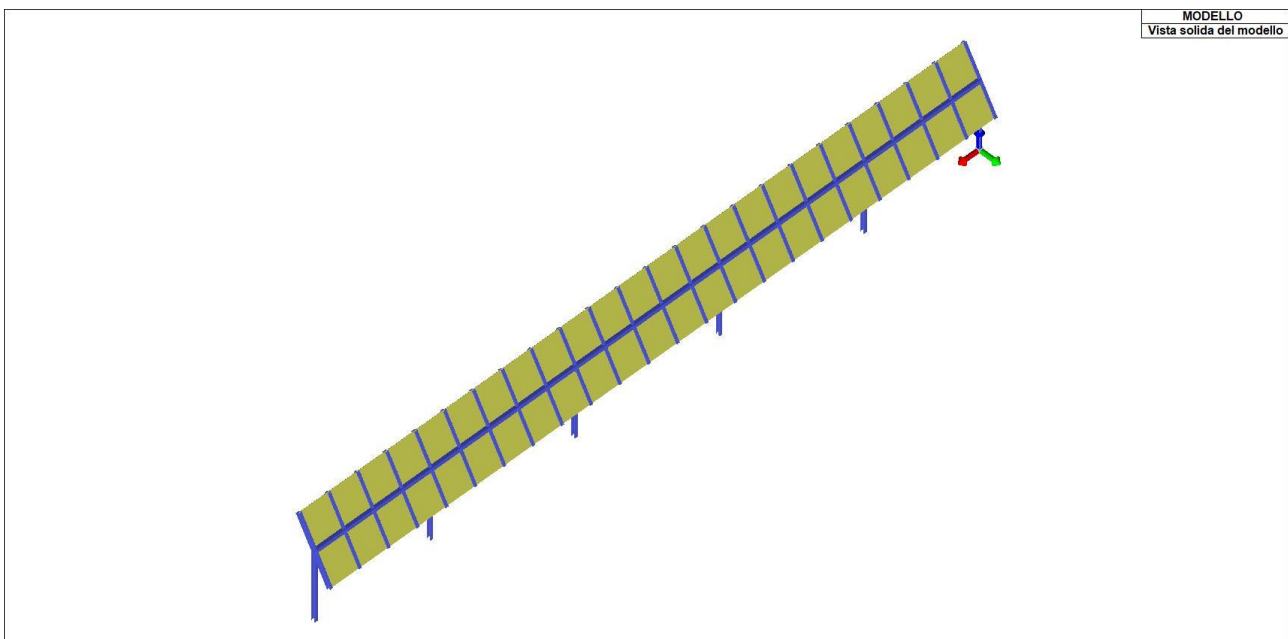
La verifica risulta soddisfatta.

1.6 Manufatto 1 – struttura portamoduli

posizione “B” con moduli inclinati rispetto al terreno

Si precisa che in configurazione B, con pannelli ruotati a 50° rispetto al terreno, il manufatto è dotato di sistema automatizzato che, in caso di vento superiore ai 25 m/s ruota automaticamente i pannelli in posizione A.

1.6.1 Modellazione



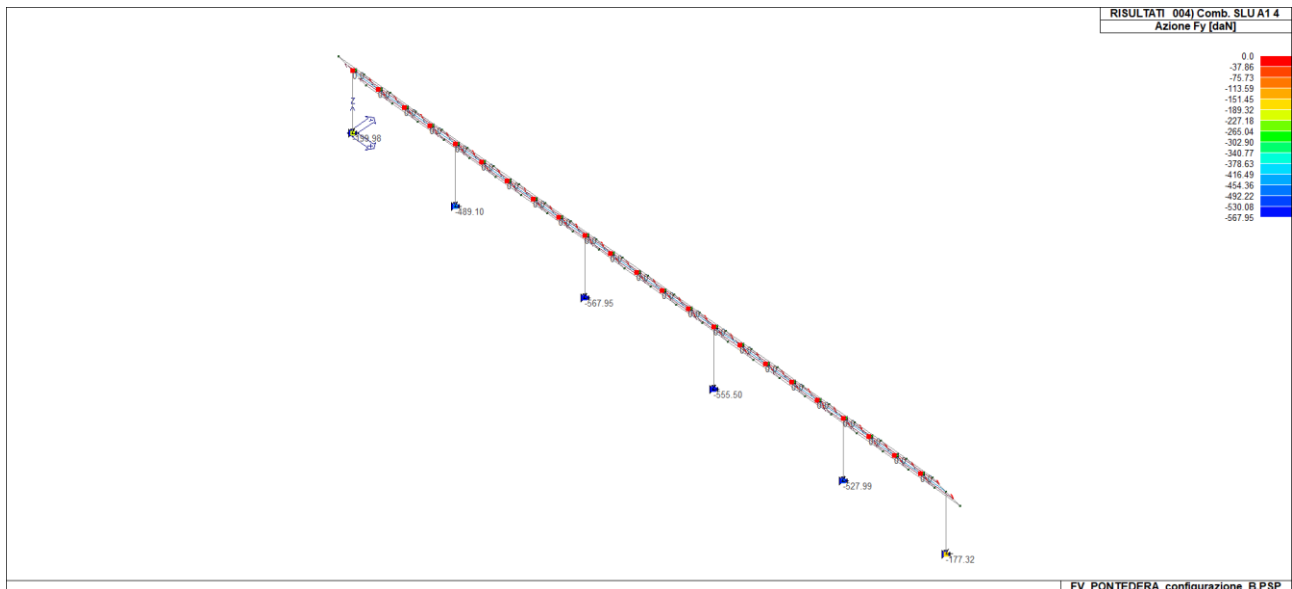
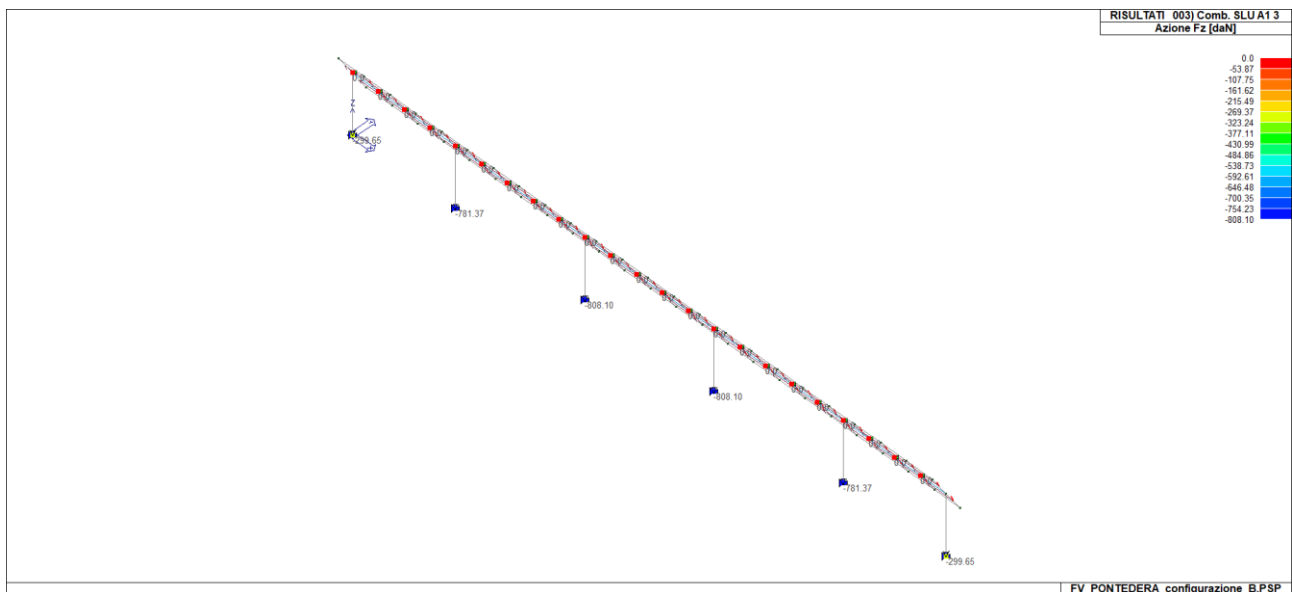
TABELLA_CASI_DI_CARICO

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Valore
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	automatico
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico) PANNELLI	-12,2 daN/mq
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico) NEVE	-9,0 daN/mq
4	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) spingente	-60,0 daN/mq
5	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) aspirazione	51,0 daN/mq
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	automatico
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	automatico
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	automatico
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	automatico
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	automatico
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	automatico
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	automatico
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	automatico

1.6.2 Reazioni vincolari al piede della struttura

Si riportano i valori massimi delle reazioni vincolari al piede della struttura, considerate per il dimensionamento del palo di fondazione.

COMBINAZIONE - SLU A1



1.6.3 Verifica lunghezza di infissione palo

Come desunto il valore del carico massimo allo SLU in combinazione A1 M1 R3 sul palo compresso è pari a:

$$N_{\text{compr}} = -808 \text{ daN.}$$

superiore al valore derivante dalla precedente posizione.

Secondo il D.M. 17.01.2018, il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo $R_{c,k}$, si ottiene a partire dal valore di calcolo R_d applicando i coefficienti parziali γ_R riportati precedentemente in tabella:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

e successivamente applicando i fattori di correlazione ξ

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Il valore della resistenza caratteristica del palo compresso può esprimersi perciò come:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{R_d}{\xi_3}, \frac{R_d}{\xi_4} \right\}$$

con:

$$R_d = \frac{P}{\gamma_b} + \frac{S}{\gamma_s} - W$$

Dove:

- P resistenza alla punta – trascurabile nel nostro caso
- S resistenza laterale del palo
- W peso proprio del palo

La resistenza laterale del palo sarà calcolata secondo la seguente formula:

$$S = \text{Perimetro profilato} \int_0^L (\alpha c_u) dz$$

Con α deducibile dalla seguente tabella

Tipo di palo	Valori di c_u (kPa)	Valori di α
Battuto	$c_u \leq 25$	1,0
	$25 < c_u < 70$	$1 - 0,011(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,5
Trivellato	$c_u \leq 25$	0,7
	$25 < c_u < 70$	$0,7 - 0,008(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,35

Nel nostro caso α assume il valore pari a 0,50.

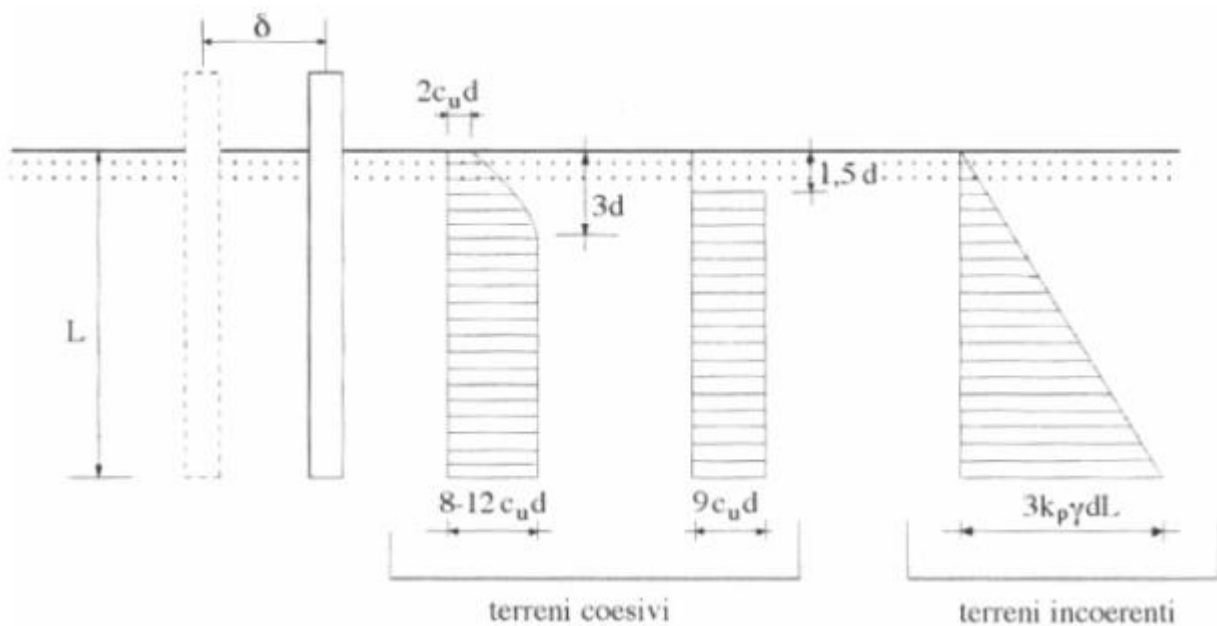
Si conducono le verifiche per questa configurazione, ipotizzando anche in questo caso una **lunghezza di infissione 2,00 m**.

	Lx [cm]	Cux / Ø [daN/cm2]	Sx [daN]	Wx [daN]
Perimetro profilato [cm] 81,7	40	0	0	-1,908
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
Peso profilato [daN/ml] 9,54	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
Carico di progetto [daN] 808	20	2,35	3839,9	-0,954
	20	2,35	3839,9	-0,954
				0
			Rd	26870,71
			ε_3	1,4
			γ	1,15
			Rck	16689,88
				verificato
	lunghezza minima infissione		m	2

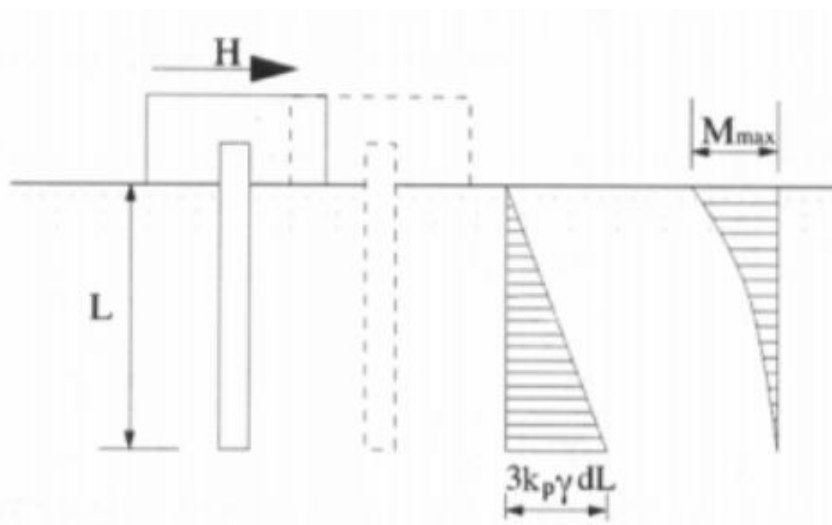
La verifica risulta soddisfatta.

1.6.4 Verifica a ribaltamento del palo

Per la verifica a ribaltamento del palo è stata utilizzata la teoria di BROMS, che caratterizza il comportamento flessionale del palo con un comportamento di tipo rigido-perfettamente plastico. Sulla base di analisi teoriche e di osservazioni sperimentali si assume che la resistenza p del terreno abbia l'andamento riportato in figura (cfr. FONDAZIONI di Carlo Viggiani):



Il terreno in esame è incoerente perciò si è proceduto a calcolare la forza ribaltante in testa al palo ipotizzando il palo impedito di ruotare in testa:



$$H = 1,5 * L^2 * k_p * \gamma * d$$

Dove:

- $L = 1.50 \text{ m}$ profondità di infissione del palo;
- $Kp = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} = 2$ coefficiente di spinta passiva
- $\varphi = 20^\circ$ angolo di attrito del terreno
- $\gamma = 19,50 \text{ KN/mc}$ peso di volume
- $d = 0.15 \text{ m}$ lato lungo del profilo

da cui

$$H = 19,74 \text{ KN}$$

Il momento stabilizzante risulta pari a:

$$M_{\text{stabilizzante}} = \frac{2}{3} * H * L$$

Nel nostro caso pari a:

$$M_{\text{stabilizzante}} = 19,74 \text{ KN m}$$

Questo momento viene confrontato con quello ribaltante che si ottiene cautelativamente dalla componente orizzontale della reazione vincolare a terra (F_y) moltiplicata per il braccio b , che è pari a 3.10 m, ovvero l'altezza del palo da terra.

Nel nostro caso:

$$F_y = -568 \text{ daN.}$$

$$M_{\text{ribaltante}} = 17,60 \text{ KN}$$

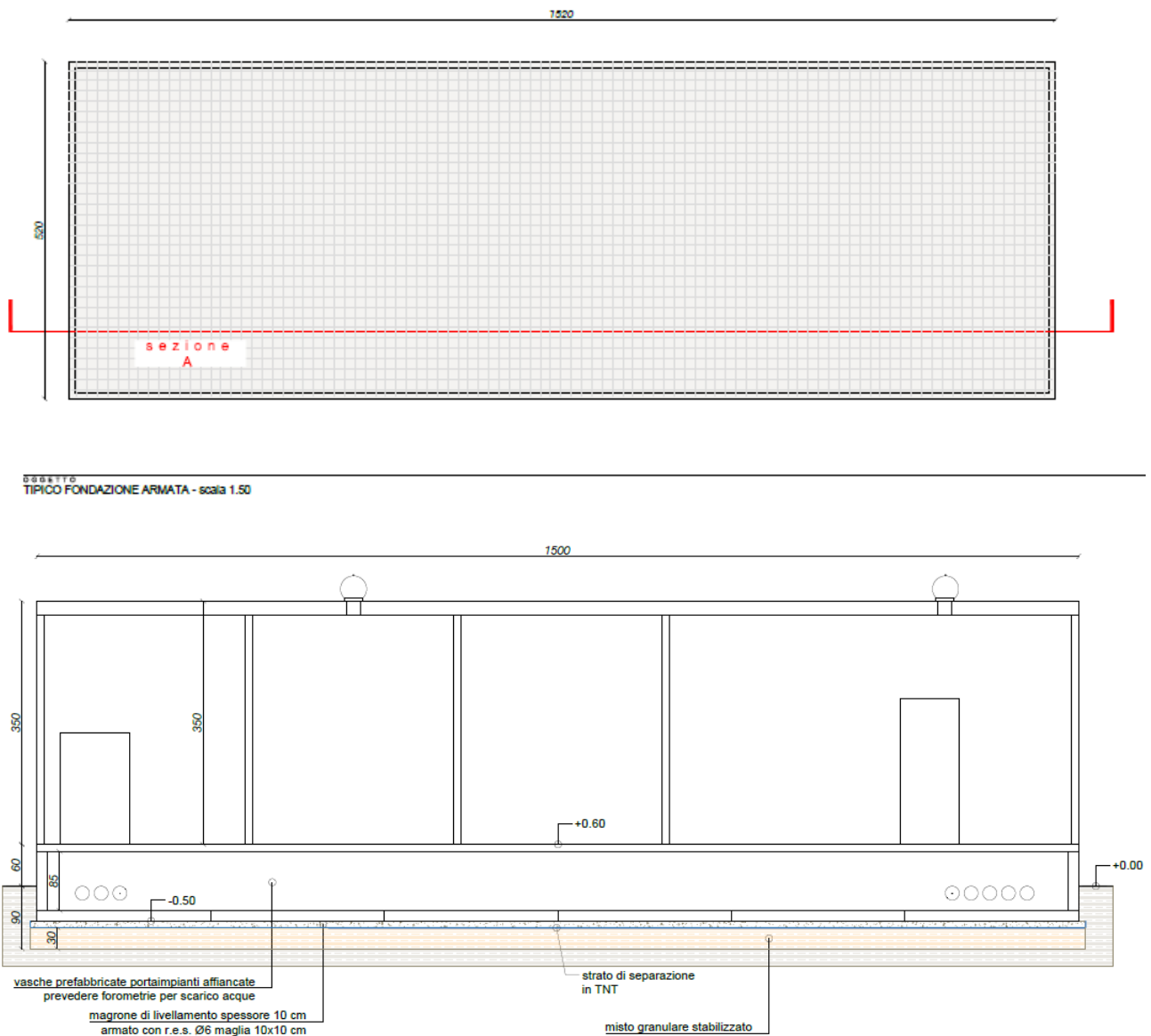
Essendo $M_{\text{stabilizzante}} > M_{\text{ribaltante}}$ la verifica risulta soddisfatta.

1.7 Manufatto 2 – cabina di campo tipico 1

La cabina di raccolta sarà dotata di vasca di fondazione per il passaggio degli impianti del tipo prefabbricato, costituita da una struttura continua di spessore 15 cm in c.a.v; con dimensioni in pianta di 15.00 x 5.00 m; tale manufatto sarà direttamente poggiato su un getto di magrone di 10 cm di livellamento, ad una quota di imposta di 0.60 m dal p.d.c. attuale.

Al di sotto del piano di imposta della vasca, è prevista la realizzazione di 30 cm di materiale drenante in misto granulare stabilizzato opportunamente costipato.

Figura 1.7a – Pianta e sezione manufatto 2



1.7.1 Modellazione

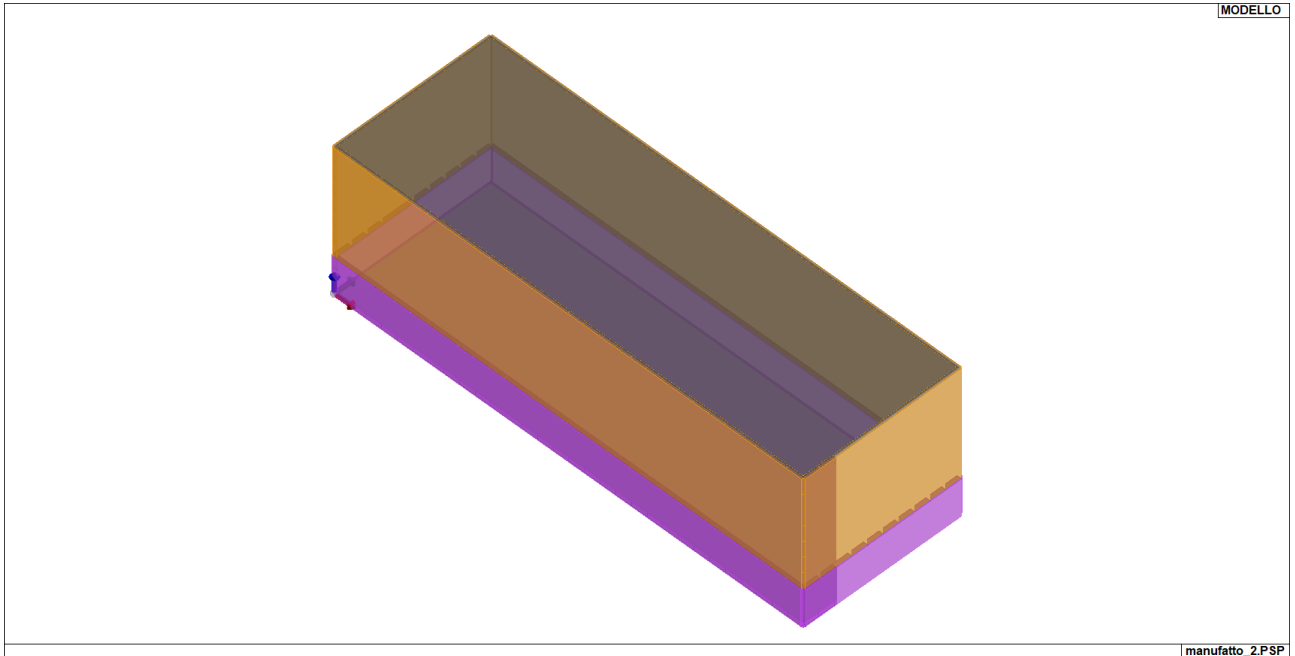


Figura 3 - Vista solida del modello

1.7.2 Casi di carico

Come azioni esterne sulla costruzione esaminate, si è fatto riferimento oltre all'azione di Neve e Vento riportata nei paragrafi precedenti, anche alle Normative e prescrizioni aziendali ENEL DG 10061 Cap 4.2.

SOLETTA DI COPERTURA

Gg	Peso proprio strutturale (0.15x2500)	= 375 Kg/mq
GS	Peso proprio permanente	= 20 Kg/mq
Qn	Carichi variabili (neve)	= 135 Kg/mq

PARETI

Gg	Peso proprio strutturale (0.10x2500)	= 250 Kg/mq
----	--------------------------------------	-------------

VASCA DI FONDO

Gg	Peso proprio vasca (0,15x2500)	= 375 Kg/mq
Gk	Peso magrone livellamento (0.10x2000 Kg/mc)	= 200 Kg/mq
Gk	Peso stabilizzato drenante (0.30x1600 Kg/mc)	= 480 Kg/mq

Gk	Carichi permanenti componentistica su vasca	= 16.700 Kg
Qk	Carichi variabili calpestio (carico ENEL) su vasca	= 500 Kg/mq

I casi di carico utilizzati nella modellazione sono stati così numerati:

TABELLA_CASI_DI_CARICO

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
14	Qk	CDC=Qk variabile platea	
15	Gk	CDC=G1k permanente platea	

1.7.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente 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


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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

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

Dove (NTC 2018 Tabella 2.5.I)

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 40 / 47
		Numero Revisione
		00

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

TABELLA_COMBINAZIONI

Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	20	Comb. SLU A1 20
SLV	21	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	52	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 52
SLD	53	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	84	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 84
SLE rara	85	Comb. SLE(rara) 85	94	Comb. SLE(rara) 94

1.7.4 Sintesi delle verifiche geotecniche

1.7.4.1 Calcolo della portanza a breve termine (CND)

Macro platea: 1

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.05645618 + 0.00005217 + 0.00000000 + 0.00000000

Qmax / Qlim = 0.00556243 / 0.05650835 = 0,098 Ok (Cmb. n. 008)

TB / TBlim = 0.0 / 839615.4 = 0,000 Ok (Cmb. n. 017)

TL / TLlim = 0.0 / 826780.8 = 0,000 Ok (Cmb. n. 005)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
005	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-229850.1	- 0.00147724	- 0.00472656
008	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-289137.5	- 0.00222524	- 0.00556243
017	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-230300.0	- 0.00147694	- 0.00473928

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.05645618 + 0.00005217 + 0.00000000 + 0.00000000

Qmax / Qlim = 0.00854480 / 0.05650835 = 0,151 Ok (Cmb. n. 039)

TB / TBlim = 34556.0 / 835172.6 = 0,041 Ok (Cmb. n. 045)

TL / TLlim = 47354.6 / 825299.9 = 0,057 Ok (Cmb. n. 028)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
028	SLV A1	Si	218.40	- 997.64	10366.8	-47354.6	-202249.9	- 0.00076828	- 0.00596630
039	SLV A1	Si	- 728.00	- 299.29	-34556.0	-14206.4	-202250.1	- 0.00023486	- 0.00854480
045	SLV A1	Si	- 728.00	299.29	-34556.0	14206.4	-202250.0	- 0.00023486	- 0.00854480

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.05645618 + 0.00005217 + 0.00000000 + 0.00000000

Qmax / Qlim = 0.00617164 / 0.05650835 = 0,109 Ok (Cmb. n. 071)

TB / TBlim = 16783.9 / 835172.6 = 0,020 Ok (Cmb. n. 081)

TL / TLlim = 24048.0 / 825299.9 = 0,029 Ok (Cmb. n. 066)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
066	SLD	Si	106.08	506.63	5035.2	24048.0	-202249.9	-0.00153883	-0.00547196
071	SLD	Si	-353.59	-151.99	-16783.9	-7214.4	-202249.9	-0.00153933	-0.00617164
081	SLD	Si	-353.59	151.99	-16783.9	7214.4	-202250.0	-0.00153933	-0.00607887

1.7.4.2 Calcolo della portanza a lungo termine (CD)

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.00668939 + 0.00037660 + 0.00355448 + 0.00000000

Qmax / Qlim = 0.00556243 / 0.01062047 = 0,524 Ok (Cmb. n. 008)

TB / TBlim = 0.0 / 84720.1 = 0,000 Ok (Cmb. n. 017)

TL / TLlim = 0.0 / 83883.7 = 0,000 Ok (Cmb. n. 005)

sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
005	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-229850.1	-	-
								0.00147724	0.00472656
008	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-289137.5	-	-
								0.00222524	0.00556243
017	SLU STR	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-230300.0	-	-
								0.00147694	0.00473928

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.00668939 + 0.00037660 + 0.00355448 + 0.00000000


Qmax / Qlim = 0.00854480 / 0.01062047 = 0,805 Ok (Cmb. n. 039)

TB / TBlim = 34556.0 / 78108.0 = 0,442 Ok (Cmb. n. 045)

TL / TLlim = 47354.6 / 77543.0 = 0,611 Ok (Cmb. n. 028)

sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
028	SLV A1	Si	218.40	-	10366.8	-47354.6	-202249.9	-	-
				997.64				0.00076828	0.00596630
039	SLV A1	Si	-	-	-34556.0	-14206.4	-202250.1	-	-
			728.00	299.29				0.00023486	0.00854480
045	SLV A1	Si	-	299.29	-34556.0	14206.4	-202250.0	-	-
			728.00					0.00023486	0.00854480

	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 43 / 47
		Numero Revisione
		00

Risultati più gravosi per Cmb. di tipo SLD sism.:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.00012000 daN/mm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.00668939 + 0.00037660 + 0.00355448 + 0.00000000

Qmax / Qlim = 0.00617164 / 0.01062047 = 0,581 Ok (Cmb. n. 071)

TB / TBlim = 16783.9 / 78108.0 = 0,215 Ok (Cmb. n. 081)

TL / TLlim = 24048.0 / 77543.0 = 0,310 Ok (Cmb. n. 057)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
057	SLD	Si	-106.08	506.63	-5035.2	24048.0	-202249.9	-0.00153883	-0.00547196
071	SLD	Si	-353.59	-151.99	-16783.9	-7214.4	-202249.9	-0.00153933	-0.00617164
081	SLD	Si	-353.59	151.99	-16783.9	7214.4	-202250.0	-0.00153933	-0.00607887

1.7.4.3 Calcolo dei cedimenti a breve termine (CND)

Elemento: Platea 1

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
085	SLE rare	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-172250.0	- 0.00113933	- 0.00350696
092	SLE rare	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-215525.1	- 0.00163554	- 0.00417023

Cedimento massimo = -9.09 mm in Cmb n. 092

Cedimento minimo = -1.71 mm in Cmb n. 085

1.7.4.4 Calcolo dei cedimenti a lungo termine (CD)

Elemento: Platea 1

Sollecitazioni:

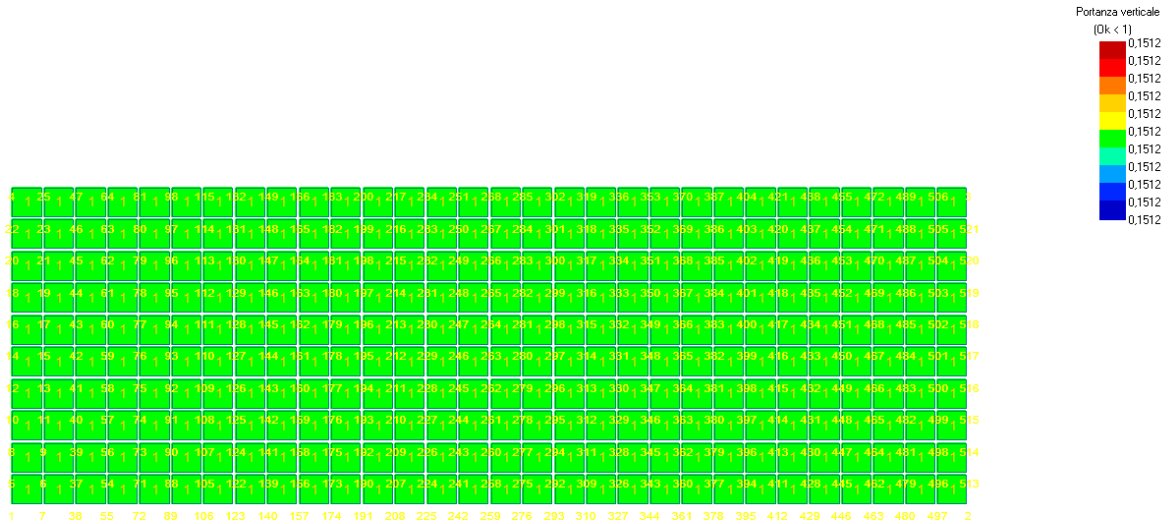
Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			mm	mm	daN	daN	daN	daN/mm ²	daN/mm ²
085	SLE rare	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-172250.0	- 0.00113933	- 0.00350696
092	SLE rare	No	0.00	0.00	0.0	0.0	-215525.1	- 0.00163554	- 0.00417023

Cedimento massimo = -9.09 mm in Cmb n. 092

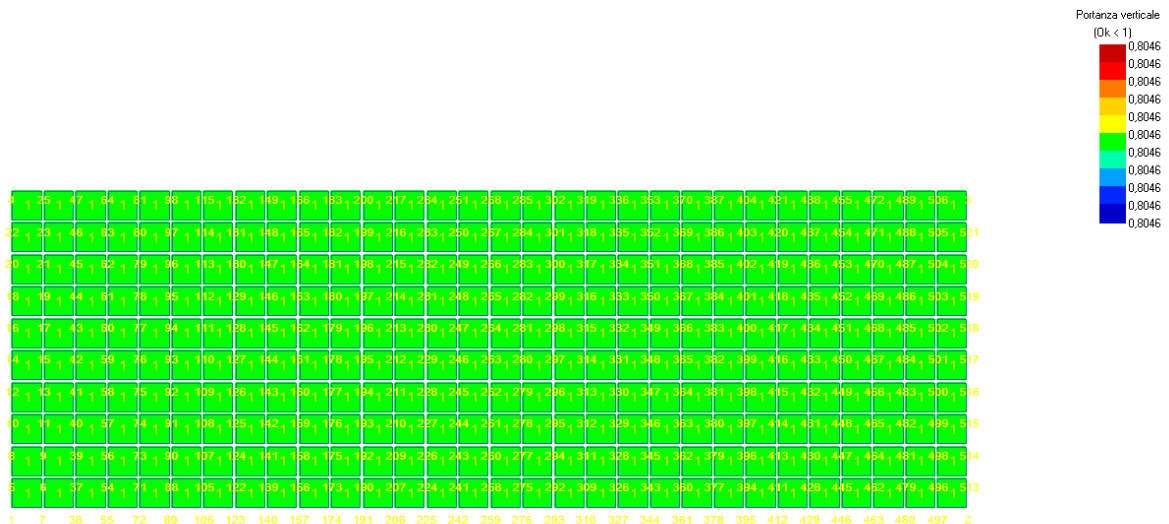
Cedimento minimo = -1.71 mm in Cmb n. 085

1.7.5 Sintesi grafica dei risultati

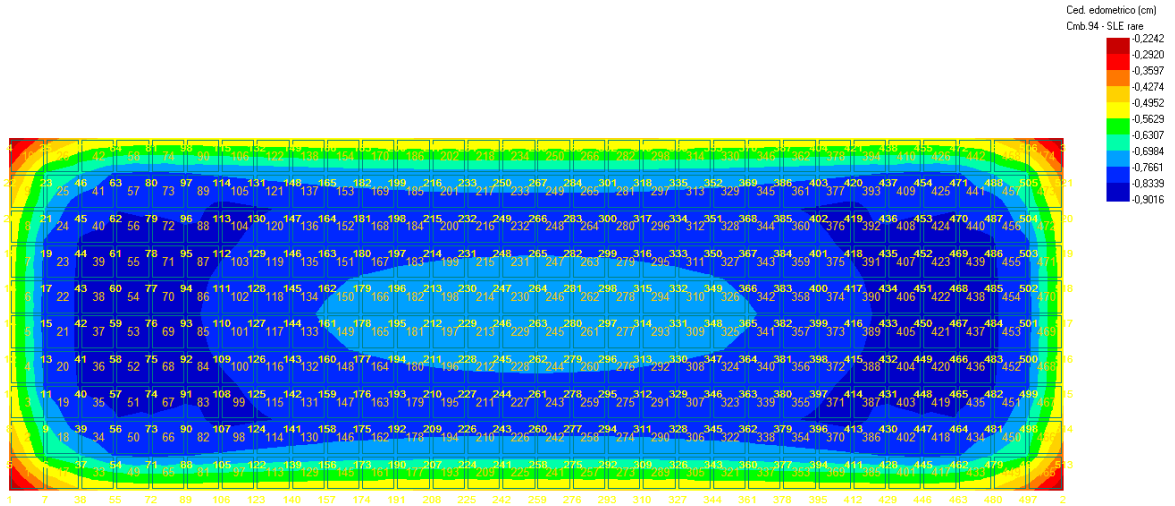
1.7.5.1 Portanza allo SLU CND



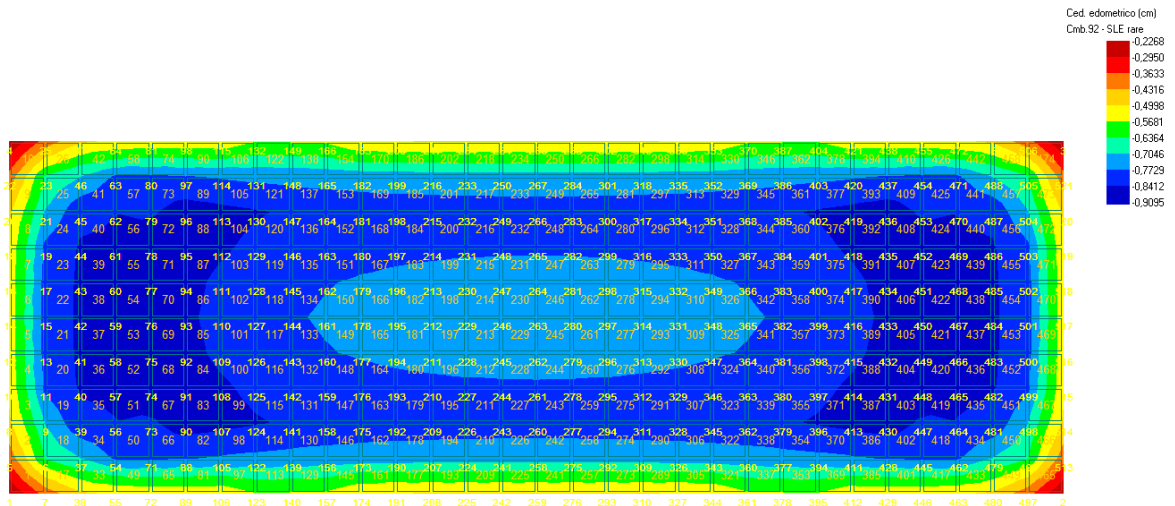
1.7.5.2 Portanza allo SLU CD



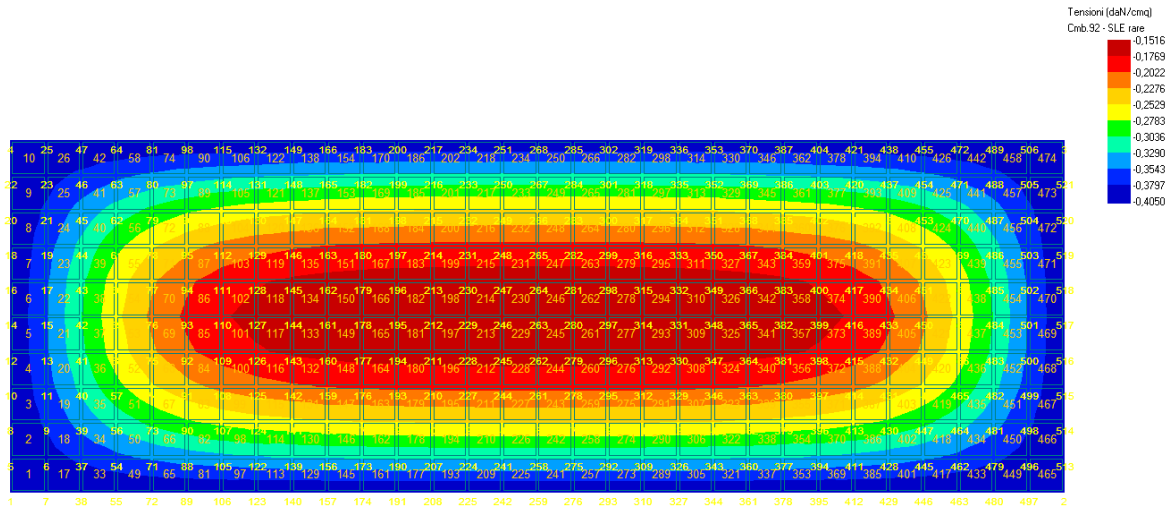
1.7.5.3 Cedimenti edometrici allo SLE CND



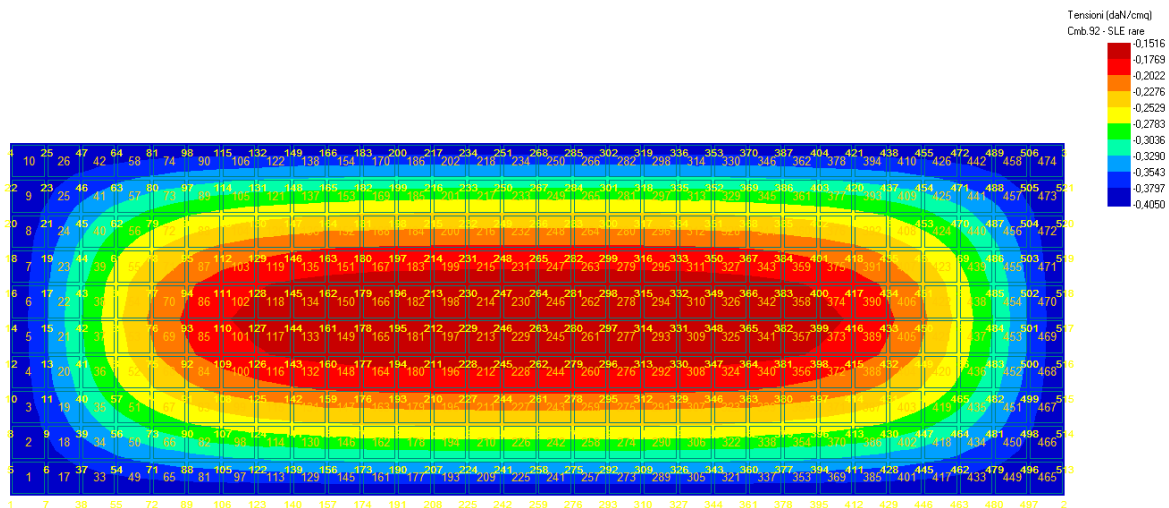
1.7.5.4 Cedimenti edometrici allo SLE CD




1.7.5.5 *Mappa delle tensioni allo SLE CND*



1.7.5.6 *Mappa delle tensioni allo SLE CD*



	ID Documento Committente H060_FV_BCR_00005	Pagina 47 / 47
		Numero Revisione
		00

1.8 Conclusioni

La presente relazione ha un valore preliminare, e consente di valutare la fattibilità geotecnica dell'intervento proposto e le eventuali criticità.

I calcoli sono stati eseguiti sulla base delle informazioni dedotte dall'indagine geologica di supporto, redatta dal Dott. Simone Bassetti.

Sulla base delle verifiche condotte, si ritiene che i manufatti di progetto, secondo le caratteristiche geometriche e i carichi ipotizzati, siano compatibili dal punto di vista geotecnico con il sito di installazione.